

Congresso de Iniciação Científica do Inatel
5 a 7 de Maio de 2014

Aqui seu conhecimento ganha destaque



Apoio:

Realização:

I373

Incitel 2014 – Congresso de Iniciação Científica do Inatel (2014: Santa Rita do Sapucaí)

Anais do Congresso de Iniciação Científica do Inatel – Incitel, 5-7 Maio 2014, Santa Rita do Sapucaí, Minas Gerais, Brasil. Publicado por Carlos Alberto Ynoguti. – Santa Rita do Sapucaí: INATEL, 2014.

374 p. il.

1. Engenharia – I. Título. II. YNOGUTI, Carlos Alberto.

CDU – 621

Catálogo Sistemático

Engenharia Biomédica
Engenharia da Computação
Engenharia de Telecomunicações
Automação Industrial Engenharia
Empreendedorismo

CDU – 57.089
CDU – 62
CDU – 621.39
CDU – 681.5
CDU – 658.3

Mensagem da Coordenação Geral

Sejam muito bem vindos ao Incitel 2014, evento promovido pelo Inatel, Instituto Nacional de Telecomunicações.

É com grande alegria que recebemos vocês, jovens pesquisadores, aqui em Santa Rita do Sapucaí, para este evento, que tem como principal objetivo a troca de ideias, informações e experiências, nas diversas áreas da ciência.

Esperamos também que possamos, nestes dias de convívio, fazer novos e amigos e também nos divertir bastante.

A organização de um congresso dá muito trabalho, e gostaria de aproveitar este espaço para agradecer às alunas Amanda Cristina Coelho e Lidiane Ingrid Lopes pelo enorme esforço dedicado para que este projeto fosse realizado com sucesso.

Desejo a todos um ótimo congresso e uma excelente estadia em Santa Rita do Sapucaí.



Prof. Dr. Carlos Alberto Ynoguti
Coordenador Geral – Incitel 2014

SESSÕES

Sessão Técnica I – Elétrica/Eletrônica

Protótipo de um Dispositivo de Monitoramento Remoto de Descargas Parciais em Transformadores de Potência.....1

Yuri Andrade Dias, Marcelo Mendonça Bernardes, Leonardo da Cunha Brito, Cacilda de Jesus Ribeiro, Sérgio Granato de Araújo, André Pereira Marques, Claudio Henrique Bezerra, José Augusto Lopes dos Santos Azevedo

Lâmpadas LED, Pesquisa, Inovação e Desenvolvimento de aplicações em Iluminação e Eficiência Energética.....7

Allan Marcos Palma Bicov, Marcelo Carneiro de Paiva

Sistema Open-Source para Coleta e Armazenamento de Dados Meteorológicos...13

Wellington Cássio Faria, Fabrina Bolzan Martins, Evandro Luís Brandão Gomes, Cleverson Henrique Freitas

AIO Control (Controle Remoto Universal)22

Rebeca Nascimento, Igor Araújo, Tiago Rodrigues, Alison Silva

Sessão Técnica II – Automação

Técnica de Inteligência Artificial Aplicada a Sistemas Fidelbus para Otimização dos Processos Industriais.....27

Alexandre Baratella Lugli, Cleide Aparecida Ribeiro do Prado

Controle de um sistema integrado de automação utilizando rede PROFIBUS e sistema supervisório.....32

Fabício Ribeiro Silva, João Paulo Henriques

Robô Curumim – Monitoramento de Sistemas.....39

Alexandre Baratella Lugli, José Lucas de Lima Pereira, Monique Fleming Costa Paduan

Controle Fuzzy de Motor CC Aplicado em Veículo Elétrico por meio de Simulador.....45

Paulo Roberto Ubaldino Guazzelli, Carlos Alberto De Francisco, Marcelo Suetake, Osmar Ogashawara

Sessão Técnica III - Telecomunicações

Indicativos de Qualidade para Sistemas de Televisão Digital.....50

Eduardo da Silva Mendonça, Luiz Guilherme Dionísio da Silva, Estevam Marcelo Lopes

Estudo das Tecnologias e Implementação de Cidades Digitais.....54
Matheus da Costa de Souza, Calebe Simões Jorge, André Luis da Rocha Abbade, Mário Ferreira Silva

Transmissão de sinais digitais utilizando tecnologia fotônica.....62
Luís Antônio Ribeiro Scudeler, Antonio Alves Ferreira Júnior

Análise do desempenho da técnica SLM-WHT-OFDM em canais não-lineares seletivos em frequência.....68
Guilherme Pedro Aquino, Túlio Santos do Amaral

Sessão Técnica IV - Telecomunicações

Antena Impressa Banda Larga com Plano de Terra Truncado.....74
Renan Alves dos Santos, Prof. Dr. Arismar Cerqueira Sodré Junior

Geração de um supercanal óptico a partir do efeito não-linear, mistura de quatro ondas – FWM.....78
Arismar Cerqueira Sodré Júnior, Dionísio Fama Noque

Medição de radiação não ionizante ambiental em São José dos Campos, SP, Brasil.....81
Franklin Andrade da Silva, Inácio Malmonge Martin, Marcelo P. Gomes

Análise de Desempenho de Comunicação Cooperativa por meio de Simulação.....83
José Edilson Vieira Júnior, Rosanna Mara Rocha Silveira, José Marcos Câmara Brito

Estudo de Transmissão de Sinais dentro de uma instituição de Saúde utilizando o protocolo de comunicações ZigBee.....87
Fábio Emiliano Leite, Jéssica Amaro Maglioni Ribeiro, Marco Túlio Perlato

Projeto de Cabo Irradiante.....89
Glauro Pereira Cunha, Júlio Kosaku Nagai, Vinícius da Silva Monteiro, Edson S. Cardoso Silva

Sessão Técnica V – Computação

Desenvolvimento de um Sistema Embarcado para Reconhecimento de Locutor...95
Alessandra Adami Pinto, Carlos Alberto Ynoguti

Treinamento para Maratona de Programação.....101
Dâmi Henrique Pelegriño, Luciano do Vale Ribeiro, Jonas Lopes de Vilas Boas, Marcelo Henrique Gonçalves da Silva

Fundamentos básicos para desenvolvimento de interfaces gráficas (software) para circuitos microcontrolados.....103
Rodrigo Otávio Rocha Cardoso, Tiago de Almeida Carneiro, Samuel Felipe Moreira

PyHunterProcess: Software para Perícia Forense de Memórias Voláteis.....108
Jonatas Fonseca Passos, Luiz Carlos Rosa Junior, Ana Lúcia Magalhães, Aline Marques Marino

Metodologias ágeis na criação de jogos.....114
André Luiz M. Muniz, Sebastiao Edalcio O. Realino, Guilherme Augusto Barucke Marcondes

Consumo de Serviço Web utilizando Android e KSOAP.....122
Cíntia Rodrigues Melo, Me. Carlos Henrique Loureiro Feichas

Sessão Técnica VI – Biomédica

Nanotecnologia na Oncologia.....127
Alessandra Severini de Souza Moreira, Jéssica Maria Rodrigues, Lilian de Oliveira Nunes

Pâncreas Eletrônico.....129
Rinaldo Carvalho, Cristiane Siécola de Oliveira, Nathália Carletti

Colchão para detecção das Úlceras por pressão em pacientes acamados.....131
Leticia Lopes de Siqueira, Stéfani Cássia Fonseca Dias

Estudo da aplicação da imagem infravermelha em pré-diagnóstico de processos inflamatórios em articulações.....135
Fernanda de Souza Melo Pereira, Marília Martins Bontempo, Rodrigo de Lima Nascimento

Produção de Pululana a partir de Bagaço de Cana para Uso em Curativos.....139
Fernando Carlos Pagnocca, Nicoli Bernardes Costa, Francisco Eduardo de Carvalho Costa

Análise da contaminação de fungos e leveduras em ambientes hospitalares – Uma aplicação de Biossegurança.....141
Isabel Francine Mendes, Letícia Dionísio Teixeira, Francisco Eduardo Carvalho, Ana Beatriz Alkmin Teixeira

Sessão Técnica VII – Ensino

Letramento Visual: reconhecendo a imagem na transmissão da informação.....143
Celso Luiz Ogliari, Araci Hack Catapan

O Ensino e a Aprendizagem na Engenharia Baseados na Resolução de Problemas.....	148
Tárcio Rodrigues Dutra, Luiz Felipe Simões de Godoy	
Estudo e proposta de uma técnica para ensino-aprendizagem em uma disciplina do núcleo básico nos cursos de Engenharia.....	151
Camila Sales Pinto, Luis Filipe de Oliveira Carvalho, Adriana A. Santos Izidoro	
O Cálculo Diferencial e Integral e Suas Aplicações na Física.....	154
Amanda de Souza Silva, Mariana Baracat de Mello, Daniela Barude Fernandes	
Educação à Distância: o uso das novas tecnologias de informação e de comunicação para transformar o aprendizado.....	156
Gabrielle Pereira Camargo, Luiz Felipe Simões de Godoy	
Estudo e desenvolvimento de um sítio virtual para auxílio do estudo de física.....	159
Karina Perez Mokarzel, Felipe Chaves, Kennety Diego Ribeiro, Thamer Kersul Brito	

Sessão Técnica VIII – Computação

Desenvolvimento de um Aplicativo para Celulares das Pessoas com Deficiência Auditiva para Situações Emergenciais.....	162
Aline Aires Teixeira, Cláudia Cristina Garcez, Bruna Tavares Leite, José Maria da Silva Souza	
Sistema de monitoramento e controle de fluxo de água residencial através do Arduino utilizando a Internet.....	165
Alan Gonçalves Sinimbu, Pedro Bruno Nunes de Almeida, Gustavo Schmitt, Anderson José Costa Sena	
Estacionamento Inteligente.....	169
Ana Carolina Bargas Guimarães, Marcio José Alves França, Wilkson Cardoso Aguiar, Raiff Smith Said, Johelden Campos Bezerra	
Levantamento Plataformas para Desenvolvimento de Jogos.....	171
Daniel Sader Pontello Neves, Edson Josias Cruz Gimenez	
Sistema Distribuído de um Braço Robótico com Três Graus de Liberdade com Visão Computacional em Tempo Real.....	173
Amir Zahlan, Gabriel Vianna, Luiz Cortinhas, Patrick Monteiro	

Sessão Técnica IX - Biomédica II

Software para Triage no Pré-Atendimento Hospitalar.....	176
Rafael Costa Carneiro, Helder Henrique de Souza Rodrigues, Prof. Msc João Bosco Assis Leite	

Bio-baterias geradas a partir do açúcar.....179
Alan Henrique Inocência, Pedro Sérgio Monti, Bruna Daniel Ferreira Gonçalves

Estudo da aplicação de Campo Magnético nos vasos linfáticos e na microcirculação sanguínea.....185
Andressa Ferreira de Oliveira, Antônio Marcos de Souza, Natália Cenira Albuquerque

A Importância da Limpeza de Material Laboratorial.....190
Diego Vieira Pereira, Francisco Eduardo de Carvalho Costa, Larissa Mayra Silva Ribeiro

Estudo para inovação tecnológica da caixa térmica transportadora de órgãos e tecidos.....196
Wanderson Eleutério Saldanha, Guilherme Machado Conde, Diego Roque Salles dos Santos

Jogos para auxílio às pessoas portadoras de deficiência auditiva.....199
Rafael Macedo de Almeida, Carlos Alberto Ynoguti

Sessão Técnica X – Telecomunicações

Recepção de Sinal AM empregando o princípio de Rádio definido por Software.....202
Carlos Roberto dos Santos, Jéssica Luiza de Jesus, Ramon Faria Dias

Adaptação da Plataforma VisSim/Comm para Sensoriamento Baseado em Autovalores.....206
Gustavo de Almeida Xavier, Dayan Adionel Guimarães

Análise do comportamento da antena Vivaldi para comunicações de faixa ultra-larga.....216
Andrei Ferreira Garcia, Bruna Belonato Nascimento, José Antônio Justino Ribeiro

Principais Métodos de Sensoriamento Espectral em Rádios Cognitivos.....220
Bruna Abraham de Assis Silva, Oton Oliveira Alencar Jr, Ronaldo Oliveira dos Santos

Contribuição à Análise do Desempenho do Sensoriamento Espectral Cooperativo de Técnicas de Fusão de Dados.....225
Diego Sousa de Miranda, Rausley Adriano Amaral de Souza

Estudo e Especificação de Protótipo de Controlador/Representante para Redes Definidas por Software.....234
Victor Hugo de Oliveira Fernandes, Antonio Marcos Alberti, Frederico Martins Pedrosa Junior

Sessão Técnica XI – Elétrica/ Eletrônica

Proposta de Topologia de Rede para Controle de Acionamento e Dimerização de Luminárias a LED.....	238
Raimundo Cláudio Souza Gomes, Railan Souza Picanço, Raphael Valle Santos	
Sistema de Controle e Monitoração de Energia.....	242
Iago Cavalcante, Mike Oliveira, Túlio Ribeiro	
Dispositivo Antifurto Half-Duplex utilizando Comunicação ZigBee.....	245
Cassiano Augusto Pereira, Celso Iwata Frison	
Estudo de Automação Residencial para redução do consumo de Energia Elétrica.....	254
Laís de Cássia Silva Alfredo, Ana Letícia Gomes Gonçalves	
Desenvolvimento de Protótipo de Dispositivo de Medição Inercial sem Fio para Prática Esportiva Aquática.....	257
Felipe Estevam C. Ferreira, Msc. Ana Letícia Gomes Gonçalves, Esp. Eduardo Ribeiro	
The Freescale Cup Racing Car.....	260
Audrei Silva, Wellington Cássio de Faria, Jéssica Maria Rodrigues, Evandro Luís Brandão Gomes.	

Sessão Técnica XII – Redes

Análise de Protocolos de Controle de Acesso ao Meio em Redes Ad Hoc Sem Fio.....	263
Celso Iwata Frison, Jeferson Assis do Couto, Márcio Guilherme Araújo Camelo	
Solução em Automação Residencial Assistiva com Gerenciamento via Aplicativo Android.....	274
Alled Ghazale de Paiva, Larissa de Souza Pereira Rosa, Rodrigo de Barros Vimieiro, Yan Real, Carlos Alberto Ynoguti.	
Quacor, ferramenta de baixo custo para autenticação de usuários.....	277
Otávio Rodrigues Rossi, Fernando Lopes de Oliveira Diehl, Gustavo Luís Soré, Ines Brosso	
Controle de Dispositivos Através de Aparelhos Móveis.....	279
Gleydson Harry Olivier, Ákila R. Dutra, Bruno S. Dias, Fredy L. Rua, Thiago Augusto Lisboa, Johelden Bezerra, Luciana Vieira, Renato Hidaka	
Esteganografia na Transmissão de Mensagens Digitais Seguras: Técnicas, Implementação e Detecção.....	281
Adélcio Marques de Souza, Evandro Luís Brandão Gomes	

Análise da Viabilidade Técnica e Econômica para a “Smart Grid”, com foco em “Smart Meter”.....	287
Paulo Henrique Teles de Souza Ramos, Renata de Oliveira, Pedro Sergio Monti	

Sessão Técnica XIII – Automação

Desenvolvimento e Implantação de Projeto de Evento Tecnológico de Introdução à Eletrônica e à Computação.....	295
Nathália Silva Almeida, Msc. Ana Letícia Gomes Gonçalves	

Acelerador de Trânsito.....	299
Ricardo Rhomberg Martins, DSc, Luiz Henrique de Araújo Vasconcelos	

Robô Inteligente Guiado Por Sensor Ultrassônico.....	302
Gleydson Hanry Olivier, Ákila R. Dutra, Bruno S. Dias, Fredy L. Rua, Thiago Augusto Lisboa, Johelden Bezerra, Anderson Sena, Roger Silva	

Automatização de Lonas.....	305
Alison Rejo Silva da Silva, Gabriel Vianna Soares Rocha, Igor Meireles de Araújo, Tiago Alves Rodrigues, Johelden Campos Bezerra	

Sistema de Supervisão da Pressão de Tubulações do Processo de Envase de Água de Coco.....	309
Fagner do Espírito Santo Sá, Victor Hugo Garrido da Silva, Edmond Youssef Khaled Neto	

Desenvolvimento Automatizado de Observação Agrícola.....	313
Augusto de Alencar da Silva, Barbara Pojo de Souza	

Navegação de Robôs.....	316
Hallan Rafael Marques Moreira, William Silva Mamede, Wander Wilson Chaves	

Sessão Técnica XIV – Computação

Estudo do Sistema de monitoramento veicular por câmera IP.....	320
Enrico A. Mângia, João Guilherme P. Diniz, Leandro S. Souza	

Medição de Vibrações Transitórias na Motricidade Humana.....	324
Adriano Maciel Alencar de Melo, João Victor Rocha Vasco, Helbert Castanheira Sousa, Dr. Ronaldo Oliveira dos Santos	

Medição de vibrações em prédios históricos ocasionadas por agentes externos....	326
Arnaldo Junior Ferreira Pires, Bruno Lima Leão, Ássima Slebie Atar da Costa, Anderson José Costa Sena	

Sistema de Controle de Fluxo de Carros e Disponibilidade de Vagas de Garagem para Condomínios.....330
Flávia Pessoa Monteiro, Gabriel Vianna Soares Rocha, Johelden Campos Bezerra

Sistema para Coleta e Armazenamento Automática de Dados Ambientais Utilizando MicroControladores.....334
Wellington Viana Lobato Junior, Johelden Campos Bezerra, Anderson Cunha dos Santos, Elionai Sobrinho

Avaliação da Redundância de Traços De Instruções Dinâmicas no Processador ARM.....337
Rafael Anastácio Alves, Amarildo Teodoro da Costa

Sessão Técnica XV - Ensino

Aperfeiçoamento da Ferramenta “Piratas do Futuro” - um Jogo do tipo RPG de Apoio ao Ensino de Algoritmos.....341
Rosimara Beatriz Arci Salgado, Carlos Alberto Ynoguti, Jonas Vilasbôas Moreira, Caroline Tenório Ribeiro, Leandro M. Borelli Magalhães

Aplicações na Engenharia do Estudo das Derivadas Desenvolvidas no Cálculo Diferencial e Integral.....345
Lidiane Ingrid Lopes, Ruana C. Vilela dos Reis Silvério, Paulo Cesar Xavier Duarte

Usando WIFI no ensino de Microondas e Antenas.....348
Ricardo Rhomberg Martins, Zheng Yi Ming

A Comunicação e a Transparência no Paradoxo da Energia Nuclear.....352
Maria Alice Costa, Roberto Zarur

Teia de Profissões.....357
Alexandre Vieira Baldin Totti, Higor Augusto Silvério, Otávio Augusto Silvério

Estudo das Equações Diferenciais com Aplicações e Modelagem em Telecomunicações para um circuito RLC (Série)360
Daniel Matumona Mulato, Solival Manuel António Zito, Nivaldo Gonçalves Faria

Protótipo de um Dispositivo de Monitoramento Remoto de Descargas Parciais em Transformadores de Potência

Yuri Andrade Dias
Marcelo Mendonça Bernardes
Leonardo da Cunha Brito
Cacilda de Jesus Ribeiro
Sérgio Granato de Araújo

Universidade Federal de Goiás – UFG/EMC
yuriadias@gmail.com

André Pereira Marques
Claudio Henrique Bezerra Azevedo
José Augusto Lopes dos Santos

CELG Distribuição S.A.
andre.pm@celg.com.br

Resumo—O objetivo deste artigo é a apresentação do protótipo de um dispositivo destinado ao monitoramento remoto de emissões acústicas provenientes de descargas parciais em transformadores de potência. A metodologia empregada consiste no desenvolvimento de um sistema de microcontroladores que processam os sinais captados por sensores acoplados ao tanque do transformador enviando-os, por meio de comunicação *wireless*, a um servidor remoto. O monitoramento ocorre em tempo real, com o transformador em serviço, ao contrário do que ocorre na aplicação de outras técnicas existentes na área de manutenção preventiva. Deste modo, a utilização do protótipo em desenvolvimento, contribuirá como uma ferramenta importante para o diagnóstico de equipamentos de alta tensão, pois auxilia a identificar falhas incipientes relacionadas às descargas parciais, e consequentemente, prevenir interrupções não programadas do sistema elétrico.

Palavras chave—Descargas parciais, Monitoramento Remoto, Protótipo, Transformadores de Potência.

I. INTRODUÇÃO

O crescimento dos centros urbanos e o consequente aumento das demandas humanas por recursos energéticos é uma realidade dos dias atuais. Neste contexto, despontam preocupações com a qualidade dos serviços prestados pelas concessionárias de energia elétrica, uma vez que eventuais falhas na distribuição de energia, mesmo que momentâneas, podem culminar em grandes transtornos. Devido a isso, a manutenção preventiva de equipamentos, como transformadores de potência, por parte das concessionárias, tem grande importância face à garantia da qualidade dos serviços prestados aos consumidores.

Um dos problemas mais comuns em um transformador de potência são as descargas parciais que podem culminar, caso não averiguadas, em curtos-circuitos danosos à integridade do equipamento. Uma das técnicas preditivas mais eficientes da área de manutenção preventiva em transformadores de potência é a detecção de descargas parciais (DPs) pelo método

de emissão acústica, que utiliza sensores acoplados à parte externa do equipamento [1]. Estes sensores captam os micro sinais sonoros – provocados pelas DPs e transferidos através do óleo –, pelo lado externo do tanque do transformador, enviando-os a um aparelho responsável por processá-los e encaminhá-los a um servidor, no qual torna-se possível a análise das características dos sinais captados e a eventual detecção de descargas parciais em pontos específicos do transformador. Assim, com base nesta técnica preditiva, pode-se efetuar uma manutenção de caráter preventivo mais direcionada, já que a localização da descarga parcial é obtida com boa precisão.

Comparada às técnicas de cromatografia e de análise físico-química do óleo, presente no interior do transformador, a detecção de descargas parciais, por meio da verificação de emissões acústicas no fluido, demonstra-se bem eficiente, uma vez que os sensores responsáveis pela captação dos sinais permitem identificar a região com DPs no transformador de potência [2]. Além do mais, a detecção de sinais por parte dos sensores permite o acompanhamento remoto e em tempo real das condições de funcionamento do equipamento.

Sendo assim, este artigo apresenta os resultados de um protótipo para esse tipo de monitoramento remoto, que se encontra em desenvolvimento, visando inovação tecnológica nesta área.

A metodologia empregada baseia-se no desenvolvimento de um aparelho que detecta os sinais captados pelos sensores, os envia a uma placa, a qual efetua a amplificação e a conversão analógico/digital dos sinais recebidos. Uma vez digitalizados, os sinais são processados e sincronizados por microcontroladores presentes nessa placa e enviados remotamente a um computador, o servidor. Entre o servidor e a placa, está sendo implementada uma comunicação sem fio. Este servidor, ao receber as informações processadas pela placa, permite a análise dos sinais captados pelos sensores através de um *software*, possibilitando a interpretação da natureza física desses sinais, ou seja: se são ruídos

(desprezíveis) ou emissões acústicas provenientes de uma descarga parcial.

II. DETECÇÃO E PROCESSAMENTO DE SINAIS

A. Captação de Emissões Acústicas

A técnica de monitoramento remoto de transformadores de potência consiste do acoplamento de sensores piezelétricos ao tanque do transformador (ver Figura 1) que são capazes de captar sinais sonoros provenientes da parte interna do equipamento. Esses sensores têm sensibilidade para sinais de baixa amplitude (da ordem de milivolts) e frequências elevadas (chegando a mais de 150 kHz). As descargas parciais emitem uma perturbação (ruído) com frequências próximas a 150 kHz e amplitudes aproximadamente iguais a 50 mV ao se propagarem pelo fluido utilizado para a refrigeração e isolamento de transformadores de potência - usualmente o óleo -, e, podem ser detectadas por esses sensores.

No protótipo em desenvolvimento, os sinais captados por cada sensor são tratados por um circuito amplificador e por um detector de envoltória para, posteriormente, serem amostrados por um microcontrolador (MCU). Este microcontrolador é dotado de um conversor analógico/digital (ADC) integrado a uma de suas portas e de um módulo de comunicação SPI. Este módulo foi utilizado para que os sinais amostrados sejam enviados, já em formato digital, a um conversor SPI/ethernet conectado a um roteador *wifi*. Este roteador, por sua vez, é responsável pelo envio dos sinais já devidamente convertidos para formato digital a um servidor remoto, o qual possibilita a interpretação dos dados obtidos, permitindo a detecção de eventuais descargas parciais. Estas etapas são mais bem descritas nos itens a seguir.

Como o sinal captado pelos sensores possui amplitude reduzida (aproximadamente 50 mV) e frequência elevada (próxima a 150 kHz) se forem amostrados sem um tratamento prévio, a amostragem se tornaria ruidosa e, conseqüentemente, pouco eficiente. Em contrapartida, a amplitude dos sinais a serem amostrados não pode ser muito elevada, o que poderia comprometer a resolução dos níveis de quantização. Um valor de equilíbrio para a amplitude do sinal amplificado é 5 V que equivale a uma resolução de aproximadamente 19,53 mV por nível de quantização, considerando-se que a amostragem foi dimensionada para a resolução de 8 bits, como será descrito posteriormente.



Fig. 1 - Sensor piezelétrico acoplado ao tanque do transformador

Para o estágio de amplificação dos sinais captados pelos sensores, foi utilizado um circuito amplificador diferencial, também conhecido como amplificador subtrator, ilustrado na Figura 2. Neste circuito foi utilizado um amplificador operacional (AOP) de instrumentação. A utilização de um AOP de instrumentação deve-se à necessidade de obtenção de um ganho consideravelmente alto em sinais de alta frequência e baixa amplitude, o que amplificadores mais triviais, de menor precisão, não são capazes de contemplar.

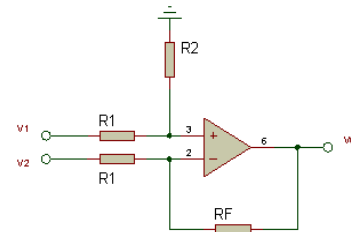


Fig. 2 - Circuito Amplificador Diferencial (os pinos de alimentação do AOP forma omitidos)

O circuito da Figura 2 permite que se obtenha na saída uma tensão igual à diferença entre os sinais aplicados, multiplicada por um ganho. Trata-se de um circuito amplificador de inúmeras aplicações na área de instrumentação.

O ganho de malha fechada A_{cl} para um amplificador diferencial é apresentado em (1).

$$A_{cl} = \frac{VO}{(V2 - V1)} = \frac{RF}{R1} \quad (1)$$

Sendo: R1 o valor das resistências conectadas às entradas do amplificador; R2, o valor da resistência conectada em paralelo à entrada não-inversora do amplificador; e RF o valor da resistência conectada entre a saída e a entrada não-inversora do amplificador, para que ocorra a realimentação negativa do sinal. Usualmente, RF possui o mesmo valor de R2, para que haja um controle mais eficaz do valor de A_{cl} (ver Figura 2) [3].

Nesse sentido, para que se obtenha um sinal de saída com amplitude de 5 V a partir de um sinal de entrada com amplitude igual a 50 mV, os resistores têm de ser dimensionados de modo que $A_{cl} = 100$. Assim, fazendo-se $A_{cl} = 100$ na equação 1, pode-se utilizar, por exemplo, $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ e $R_1 = 100 \Omega$, que foram os valores utilizados para o desenvolvimento do circuito amplificador utilizado no protótipo.

O AOP de precisão utilizado no circuito amplificador do protótipo foi o AD811, escolhido devido ao fato de ser um amplificador de alta precisão (o que é essencial como mencionado anteriormente) direcionado ao processamento de vídeo em alta definição (HD), com compatibilidade a sistemas HDTV, sendo também muito utilizado como *buffer* ADC/DAC de alta frequência e para instrumentação médica.

O produto ganho frequência (PGF) do AD811 para um ganho de malha fechada A_{cl} unitário pode atingir até 140 MHz, contemplando uma *bandwidth* muito maior que a

necessária para atender às necessidades do protótipo. Além do mais, sua *slew-rate* é demasiadamente elevada, chegando aos 2500 V/ μ s. Portanto, para sinais de frequência aproximadamente igual a 150 kHz, como os que se desejam amplificar, a triangulação do sinal é nula. Além do mais, o AD811 permite uma grande flexibilidade no que se refere às tensões de alimentação, trabalhando com tensões entre ± 5 V e ± 15 V. Outro aspecto positivo do AD811 é sua elevada imunidade a ruídos, o que é desejável, haja vista às condições adversas às quais o protótipo será submetido, uma vez que trabalhará próximo aos sensores acoplados ao tanque do transformador e, portanto, submetido às mais variadas condições ambientais.

Nos testes realizados em laboratório, o AD811 funcionou satisfatoriamente, contemplando todos os requisitos de frequência e ganho (PGF = 15 MHz) demandados pelo protótipo. Mesmo para frequências pouco maiores que 150 kHz, sua resposta continuou muito boa. O teste mostrado na Figura 3, em que um sinal de entrada com frequência próxima a 150 kHz foi injetado na entrada do circuito com o auxílio de um gerador de sinais, permitiu a verificação do bom funcionamento do AOP. As formas de onda de entrada e saída, visualizadas com o auxílio de um osciloscópio, indicaram um $A_{cl} \approx 100$.

O único ponto negativo deste AOP, é sua elevada sensibilidade a eletricidade estática, o que exigiu cautela ao manuseá-lo para que não fossem causadas avarias a seus circuitos internos. À exceção deste detalhe seu funcionamento demonstrou-se bastante adequado, fazendo jus à alta precisão de resposta preconizada pelo fabricante (*Analog Devices*) em seu *datasheet*.

Os sinais captados pelos sensores, uma vez amplificados, não podem ser diretamente injetados na porta de conversão analógica do microcontrolador. Isto se deve ao fato de que esses sinais não possuem simetria definida, sendo demasiadamente disformes e, portanto, não podendo ser amostrados com eficiência, caso manipulados sem tratamento prévio. Este tratamento se dá através da utilização de um circuito detector de envoltória.

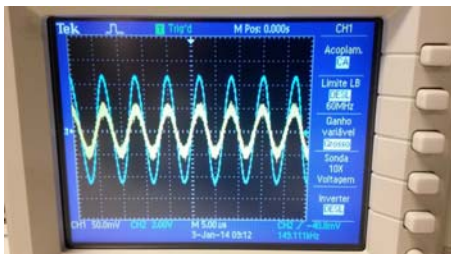


Fig. 3 - Circuito amplificador diferenciador com AD811 sinal de frequência aproximadamente igual a 149,11 kHz e amplitude de 50 mV (forma de onda amarela) injetado nas entradas do circuito diferencial e resposta do amplificador (forma de onda azul). Observa-se um $A_{cl} \approx 100$.

Um circuito detector de envoltória simples, porém eficiente, é denominado detector síncrono a diodo, consistindo de um diodo associado em série a um filtro RC paralelo (conforme é ilustrado na Figura 4).

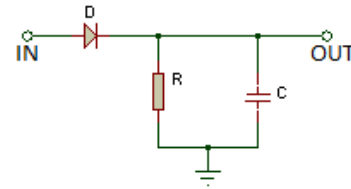


Fig. 4 - Circuito Detector de Envoltória Síncrono a Diodo.

Esse circuito suprime a portadora do sinal, repleta de deformidades, “convertendo-a”, com o auxílio de um circuito RC paralelo, em uma envoltória ou envelope, que é um sinal menos disforme e cuja amostragem é mais fácil de efetuar. Antes de passar pelo filtro RC, o sinal é previamente retificado por um diodo. Como apenas os sinais positivos são amostrados pelo microcontrolador, torna-se necessária a retificação do sinal, antes de amostrá-lo. Logo, como o circuito detector de envoltória suprime a parte negativa do sinal, o envelope obtido em sua saída já pode ser diretamente amostrado, sem a necessidade de nenhuma retificação adicional [4].

O único cuidado necessário para a garantia do correto funcionamento deste circuito é a utilização de um diodo de sinais. Diodos de potência como o 1N4007 não são adequados a esse tipo de aplicação, pois apresentam um tempo de resposta incompatível com a frequência dos sinais envolvidos. Já diodos como o 1N4148, embora sensíveis a correntes elevadas, respondem melhor quando submetidos a frequências mais altas. Por esta razão, optou-se por utilizá-los durante o projeto do estágio detector de envoltória [5].

A frequência “f” da envoltória é calculada a partir dos valores de resistência “R” e capacitância “C” do filtro RC paralelo e do índice de modulação “m” em (2).

$$f = \frac{1}{(2.m.\pi.R.C)} \quad (2)$$

Com este circuito, obteve-se um sinal de frequência igual a 15 kHz a partir do sinal proveniente dos sensores, já devidamente amplificado, somente dimensionando o filtro RC de maneira adequada em (2). No caso, para um $m \approx 1$, fixou-se $C = 22$ nF e $f = 15$ kHz e obteve-se $R \approx 482 \Omega$.

B. Amostragem de Sinais

O microcontrolador utilizado para a amostragem dos sinais obtidos da saída do detector de envoltória, retirados dos sensores e já devidamente amplificados, foi o PIC18F4550. O sinal disponibilizado na saída do detector de envoltória possui uma frequência aproximadamente igual a 15 kHz, de modo que uma vez processado, possa transmitir adequadamente as características do sinal captado pelo sensor a ele acoplado. Deste modo, é possível definir se um dado sinal amostrado é uma emissão acústica proveniente de uma descarga parcial, a partir da amostragem e posterior análise desses sinais.

Os conversores A/D padrão dos PICs são implementados utilizando a técnica de aproximação sucessiva, com resolução máxima de 10 bits, *clock* selecionável pelo programador e múltiplas entradas (canais) multiplexadas [6].

Optou-se por utilizar as porta A1, como entrada analógica de sinal, configuração esta que pode ser vista na figura 6. Esta figura apresenta o código-fonte em C utilizado para a gravação no MCU (devidamente convertido para linguagem de máquina - hexadecimal), compilado com o auxílio do *software CCS PIC C Compiler* (direcionado ao desenvolvimento de projetos com microcontroladores *Microchip*, mais especificamente, toda a linha de PICs e dsPICs).

Quando se trabalha com os conversores A/D internos dos PICs, deve-se lembrar que a impedância da fonte de sinal analógico deve ser de 10 kΩ.

Além disso, é necessário respeitar o tempo mínimo de aquisição do circuito S/H de entrada do conversor. Este circuito é formado por um capacitor de amostragem, especificado em 120 pF, além de uma resistência de entrada RIC, especificada como sendo menor que 1 kΩ e a resistência da chave de amostragem RSS, especificada em 7 kΩ a 5 V, que é a tensão máxima do sinal analógico que deseja-se amostrar neste protótipo.

O tempo mínimo de aquisição do sinal, T , em segundos, para uma amostragem com resolução de 8 bits, pode ser calculado em função da impedância de entrada da fonte de sinais, R_{ent} , e da temperatura ambiente, T_{amb} , em (3).

$$T(s) = 2 \mu + (-120 \text{ pF}) \cdot (8k + R_{ent}) \cdot \left(\ln \frac{1}{512} \right) + ((T_{amb} - 25) \cdot 0,05 \mu) \quad (3)$$

Para uma fonte de sinal com impedância interna de 50 Ω, como o gerador de sinais utilizado em determinados testes executados em laboratório, e, considerando-se uma temperatura ambiente de 45 °C (temperatura facilmente alcançada com a placa de aquisição de sinais do protótipo exposta ao sol), obtêm-se: $T = 9,06 \mu s$ [6][7].

Para se verificar a taxa de aquisição de amostras de sinal e a eficiência da amostragem de sinais com frequência de aproximadamente 15 kHz, inseriu-se um sinal com essa frequência e amplitude aproximadamente igual a 5 V na porta A0 do PIC18F4550, de modo que os bytes relativos às amostras obtidas fossem escritos na porta D do dispositivo. Esta porta foi conectada a um conversor analógico-digital do tipo R-2R, que permitiu converter o sinal amostrado ao formato analógico. Assim, com o auxílio de um osciloscópio, comparou-se a forma de onda injetada na entrada do MCU à obtida na saída do conversor analógico-digital R-2R. Os resultados foram satisfatórios, com uma quantidade razoável de pontos amostrais por ciclo, como mostra a Figura 6.

Assim, o *software* foi desenvolvido (ver Figura 6) de modo que o MCU inicialmente converta os valores de tensão analógicos em digitais a uma resolução de 8 bits, com nível baixo em 0 V e nível alto em 5 V. Nesse sentido, trabalha-se com 256 níveis de quantização (2^8), cada um com 19,53 mV de precisão ($5 \text{ V} / 2^8$). Feita essa conversão, escreve-se o byte correspondente à leitura efetuada (variável *sampledvalue*) nos 8 pinos da porta D do microcontrolador, que são conectados aos pinos de entrada do DAC para a reconversão do sinal analógico em digital, como será descrito no próximo tópico.

Antes que seja feita uma nova amostragem, aguarda-se 9,06 μs , para atender ao tempo de aquisição do capacitor de amostragem.

```
#include <18F4550.h>
#define adc=8
#define FUSES NOWDT,HS,NOPROTECT,NOMCLR
#define delay (clock=2000000)

int8 sampledvalue;
void main()
{
    setup_adc_ports(AN0_TO_AN1|VSS_VDE);
    setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_2);
    setup_psp(PSP_DISABLED);
    setup_spi(SPI_SS_DISABLED);
    setup_wdt(WDT_OFF);
    setup_timer_0(RTCC_INTERNAL);
    setup_timer_1(T1_DISABLED);
    setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
    setup_timer_3(T3_DISABLED,T3_DIV_BY_1);
    setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
    setup_vref(FALSE);
    set_adc_channel(1);

    while(true){
        sampledvalue=read_adc();
        output_d(sampledvalue);
        delay_us(9.06);
    }
}
```

Fig. 5 - Código-fonte em C utilizado para gerar o código em hexadecimal gravado no MCU.

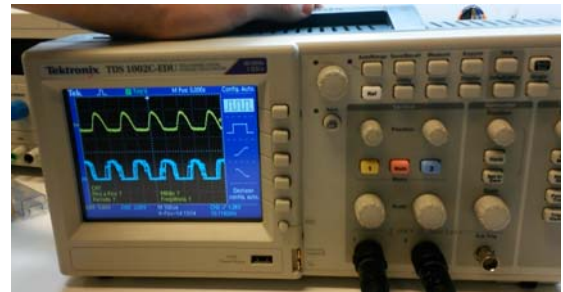


Fig. 6 - Sinal de aproximadamente 15 kHz injetado na porta analógica A0 do PIC 18F4550 (forma de onda amarela) e sinal de 15 kHz obtido na saída do conversor R-2R (forma de onda azul): a amostragem foi eficiente.

III. ENVIO DOS SINAIS PROCESSADOS AO SERVIDOR

A. Comunicação Remota entre o PIC 18F4550 e o Servidor

O SPI (*Serial Peripheral Interface* - Interface Serial de Periféricos) é um protocolo de comunicação serial síncrono de alta velocidade (até 3 Megabits por segundo), sendo ideal para aplicações como a do protótipo em desenvolvimento, que envolve o envio de dados relativos a amostragens de alta frequência [3].

Cada byte relativo à amostra do sinal obtida pelo PIC 18F4550 será escrita na porta D do mesmo, a qual será conectada às entradas de um módulo SPI/Ethernet ENC28J60.

O módulo Ethernet ENC28J60 é uma placa de interface de rede implementada com o Microchip ENC28J60, um circuito integrado controlador (CI) de rede Ethernet. A placa do módulo inclui todos os componentes necessários ao funcionamento do CI, além de um conector RJ-45 com magnetismo integrado, *built-in Link* e LEDs para indicação de funcionamento. Esse módulo pode ser utilizado com qualquer microprocessador ou microcontrolador que suporte

o padrão SPI, como é o caso do PIC18f4550. Suas principais características são:

- Compatibilidade com *IEEE 802.3 Ethernet controller*;
- *Clock* de até 20MHz no barramento SPI;
- MAC integrada e 10 BASE-T PHY;
- conector RJ45 fêmea para conexão de rede;
- Alimentação 3,3 ou 5,0V;

A comunicação entre o PIC e o roteador, por intermédio do módulo ENC28J60, é gerenciada pelo protocolo de comunicação TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), cujas pilhas de código necessárias ao fluxo de dados são inseridas no código do microcontrolador. Essas pilhas são disponibilizadas pela *Microchip*, fabricante do PIC18F4550 e do ENC28J60, o que facilita o desenvolvimento do software, haja vista que as pilhas não precisam ser implementadas pelo programador. [7]

Os dados enviados pelo roteador são obtidos pelo servidor através de um adaptador *wifi*, compatível ao padrão de velocidade do roteador utilizado. No caso, optou-se por um roteador padrão N 300 Megabits por segundo (Mbps), modelo WRN342, da *Intelbras*, que atendeu com folga as taxas necessárias ao envio dos dados amostrados. Portanto, o adaptador tem de ser padrão N 300 Mbps, para ser compatível à taxa de transferência de dados do roteador. O adaptador escolhido para o desenvolvimento do protótipo foi o modelo WBN 240, também produzido pela *Intelbras*.

O programa para gerenciamento da comunicação entre servidor/PIC (cliente) ainda encontra-se em fase de desenvolvimento e, portanto, o envio de dados à frequência de amostragem não foi testado. Mas seu desenvolvimento já se encontra em estágio avançado. Este programa está sendo desenvolvido em Java e gerenciará o protocolo de comunicação TCP/IP através da utilização dos *APIs Socket* e *Threads*. O programa deverá possibilitar o controle do tempo de amostragem e da quantidade de informações a serem armazenadas. O armazenamento se dará em um bloco de notas (arquivo no formato *.txt*). Portanto, o usuário poderá escolher o modo de restrição da coleta de dados por tempo, ou por tamanho do arquivo *.txt* gerado. Deste modo, a amostragem de dados poderá ser configurada, por exemplo, para permanecer ininterrupta por um período de 1h ou até que o arquivo *.txt* com os dados coletados tenha 1 megabyte (MB).

Para que o servidor seja capaz de coletar dados oriundos de vários clientes, utiliza-se o *Microsoft Virtual Wifi*, um *software* que transforma a placa de rede *wireless* do computador utilizado como servidor em várias placas de rede virtuais.

B. Hardware e Software do Protótipo

Para o monitoramento eficiente de um transformador de potência são necessários, no mínimo, 16 sensores. Cada roteador possui 4 portas LAN que possibilitam conexão a 4 módulos ENC28J60. Cada módulo por sua vez está conectado aos 8 pinos da porta D de um dos MCUs. Cada MCU amostra o sinal proveniente de um sensor, devidamente amplificado através de um circuito diferencial

com o AOP AD811 e submetido a um circuito detector envoltória síncrono a diodo. Portanto, são necessárias 4 placas, cada qual responsável por processar os sinais captados por 4 sensores.

IV. METODOLOGIAS EMPREGADAS

As metodologias empregadas no desenvolvimento do protótipo foram divididas em duas etapas que são mais bem descritas a seguir.

A. Simulações em Software

Para as simulações de funcionamento dos circuitos eletrônicos necessários ao desenvolvimento do protótipo, utilizou-se o programa *ISIS Schematic Capture*, da suíte *Proteus 8.0 Professional*, que permite, além de simulações com componentes eletrônicos analógicos e digitais e com microcontroladores diversos.

Para o desenvolvimento das placas de circuito impresso (PCIs) necessárias aos testes de funcionamento do protótipo, utilizou-se o programa *ARES PCB Layout*, da suíte *Proteus 8.0 Professional*. A Figura 7 mostra um *layout* de uma PCI desenvolvida com *ARES* para testes de funcionamento do circuito amplificador diferencial. Já a figura 8 apresenta a foto da mesma PCI já confeccionada e com os componentes soldados.

Para a obtenção do código a ser gravado nos microcontroladores empregados no protótipo, utilizou-se o compilador *PCW*, da *CCS*, específico para desenvolvimentos com microcontroladores PIC, que é constituído de um IDE gráfico que pode ser executado em qualquer plataforma *Windows*.

Já o programa para gerenciamento da comunicação entre servidor/PIC (cliente), que ainda não se encontra finalizado, está sendo desenvolvido utilizando-se o IDE *Netbeans*, próprio para o desenvolvimento *Java* em serviços web e aplicações diversas.



Figura 7 - Projeto da PCI do circuito amplificador diferencial

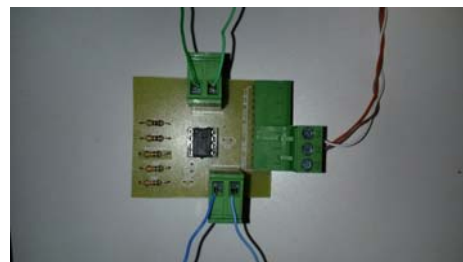


Fig. 8 - Foto da PCI do circuito amplificador diferencial finalizada e com componentes soldados

B. Experimentos Realizados em Laboratório

Todas as etapas desenvolvidas foram testadas em laboratório para a verificação dos resultados obtidos a partir de simulações. Para tanto, confeccionou-se PCIs como a da Figura 8, projetadas com o auxílio do *software ARES PCB Layout*, da suíte *Proteus 8.0 Professional*, conforme mencionado no tópico anterior. Neste protótipo as PCIs foram essenciais aos testes do *hardware* desenvolvido, permitindo a redução de ruídos e outros problemas decorrentes da manipulação de sinais de alta frequência que tornam inadequada a utilização de um *protoboard*.

V. RESULTADOS

Diante dos resultados dos testes realizados em laboratório, verifica-se que a etapa de aquisição e processamento dos sinais acústicos captados pelos sensores piezelétricos encontra-se concluída.

Os sinais captados pelos sensores são submetidos a um tratamento inicial ao serem injetados em um circuito amplificador diferencial e, após amplificados, são inseridos em um circuito detector de envoltória síncrono a diodo. Essa etapa é necessária para a obtenção de um sinal com frequência e amplitude adequadas à realização da amostragem pelo MCU PIC18F4550.

VI. CONCLUSÕES

As análises das etapas do protótipo já desenvolvidas possibilitaram a obtenção de resultados satisfatórios. As emissões acústicas captadas pelos sensores acoplados ao tanque do transformador são amostradas com considerável eficiência pela placa de processamento de sinais.

As taxas de amostragem de sinais permitem que se tenham parâmetros concretos acerca das características físicas dos sinais amostrados, permitindo a distinção de emissões acústicas provenientes de descargas parciais de outros tipos de sinais, como ruídos advindos de vibrações

mecânicas, por exemplo.

Em trabalhos futuros, serão desenvolvidas as atividades finais referentes ao programa de gerenciamento da comunicação wireless entre o servidor e os clientes (PICs) e aos ensaios do protótipo em condições reais de funcionamento (em campo).

Portanto, conclui-se que esta pesquisa possui uma contribuição significativa na área tecnológica, por meio do desenvolvimento de um dispositivo capaz de detectar a presença de descargas parciais em transformadores de potência, com baixo custo de produção e com eficiência nos resultados, auxiliando as equipes da área de manutenção no monitoramento remoto destes importantes equipamentos do sistema elétrico.

REFERÊNCIAS

- [1] A.P. Marques; C.J. Ribeiro; C.H.B. Azevedo; J.A.L. dos Santos; L. da C. Brito, "Técnicas Preditivas de Manutenção em Transformadores de Potência Um estudo de caso", In: WCSEIT' 2013 - World Congress on Systems Engineering and Information Technology, Porto, Portugal, 2013.
- [2] C.H.B. Azevedo, "Metodologia para a eficácia de detecção de descargas parciais por emissão acústica como técnica preditiva de manutenção em transformadores de potência imersos em óleo isolante". Goiânia, 2009.
- [3] A. Pertence Júnior, "Amplificadores Operacionais e Filtros Ativos", 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- [4] T. G. Lashoski, "Análise de modulação AM DSB SC", Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CEFET-PR. Disponível em: <<http://pessoal.utfpr.edu.br/gustavothl/modulacao/doc4.pdf>>. Acesso em 13/01/2014.
- [5] R.L. Boylestad; L. Nashelsky, "Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos", 8ª ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2004.
- [6] F. Pereira, "Microcontroladores PIC: Programação em C", 3ª ed. São Paulo: Érica, 2003.
- [7] Microchip - PIC18F4550. Disponível em: <<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=e010300>>. Acesso em: 16 jan.2014.
- [8] Microchip - ENC28J60. Disponível em: <<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=e022889>>. Acesso em: 16 jan. 2014.

Lâmpadas LED, Pesquisa, Inovação e Desenvolvimento de aplicações em Iluminação e Eficiência Energética

Allan Marcos Palma Bicov

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
allanb@geb.inatel.br

Marcelo Carneiro de Paiva

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
mcpaiva@inatel.br

Resumo — Este trabalho científico contém pesquisas sobre o olho humano e sua interação com a luz, conceitos sobre iluminação, comparativo entre lâmpadas com tecnologia LED em relação as convencionais, equação de calibração de um resistor dependente de luz (LDR) e as perspectivas futuras de pesquisa para o desenvolvimento de um sistema de controle de luminosidade (Dimmer) para Lâmpadas LED.

Palavras chave — Lâmpadas LED, Iluminação, Visão Humana, Controle de Luminosidade.

I. INTRODUÇÃO

Uma boa iluminação pode proporcionar aumento de produtividade, conforto visual, motivação, segurança e qualidade de vida. Pode também propiciar quantitativamente menos gastos de energia elétrica e qualitativamente melhorar a interação consciente do homem com o meio em que vive. Em meio a estes fatores, será apresentada a seguir pesquisas bibliográficas para o desenvolvimento de um projeto de iluminação consciente do ponto de vista ambiental e benéfico aos seres humanos.

II. INTERAÇÃO DA LUZ COM O OLHO HUMANO

O olho humano é um órgão complexo que converte energia luminosa em sinais elétricos, sendo estes sinais interpretados pelo cérebro. Nesta seção serão apresentadas as características da interação da luz com o olho humano.

A. Visão

O globo ocular ou olho é um órgão fotossensível que por meio dos centros visuais e vias ópticas, faz o processamento dos estímulos visuais e os encaminha através de sinais elétricos para o cérebro.

Ao observar um objeto, os raios de luz são refletidos pela córnea, local onde o processo de geração da imagem observada é iniciado. A córnea possui um ajuste fino, permitido por sua curvatura e transparência, focalizando a luz para as regiões internas do olho. Atrás da córnea encontra-se a íris, círculo colorido dos olhos que através de seus músculos faz a pupila se dilatar e se contrair. A pupila faz o controle da entrada de luminosidade, em locais mais escuros ocorre a dilatação, em locais mais claros ocorre a contração.

Na região mais anterior à íris encontra-se o cristalino, lente dos olhos. É um sistema altamente organizado que se localiza entre a íris e o humor vítreo. A musculatura do corpo ciliar se adapta à forma do cristalino, sendo esta adaptação responsável por manter a imagem sobre a retina nítida. Para a lubrificação e nutrição da córnea e do cristalino, um líquido aguado e transparente enche esta região, sendo gerado pelo corpo ciliar, e recebendo o nome de humor aquoso.

A retina é responsável pela capacidade de visão. Sua função é receber e transmitir imagens para o cérebro através de células do tipo cones e bastonetes que transformam a luminosidade provida dos processos anteriores em impulsos elétricos e são enviados ao cérebro pelo nervo óptico, proporcionando a sensação de visão. A Figura 1 apresenta o olho humano. (GRAAF, 2003) [1]

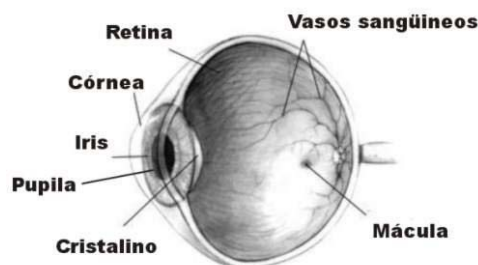


Fig. 1. Olho Humano. (COSTA, 2006) [2]

B. Acomodação Visual

A acomodação visual é um fenômeno que permite que a imagem de objetos sejam formadas na retina, de forma nítida, objetivando focalizar objetos situados em distâncias diferentes. Este processo é realizado pelo cristalino, lente flexível e transparente, com o auxílio dos músculos ciliares, responsável pelas mudanças de forma do cristalino. Quando objetos estão distantes, o cristalino fica mais fino e os músculos ciliares estão relaxados, não ocorre esforço de acomodação. Para objetos próximos, o cristalino fica espesso e os músculos ciliares contraídos, ocorre máximo esforço de acomodação. [3]

C. Campo de Visão

O campo visual é uma área em que as imagens são percebidas em torno de um objeto específico em que a visão é mantida fixa. O campo varia de pessoa para pessoa dentro de um determinado intervalo.

O olho humano tem um campo de visão. Cada olho possui um ângulo de visão binocular com aproximadamente 120° em relação ao plano horizontal. No plano vertical, sendo considerado o plano paralelo à superfície, 60° acima da horizontal e 70° abaixo. [4]

D. Acuidade Visual

Acuidade Visual é o grau de aptidão do olho para discriminar os detalhes espaciais, ou seja, a capacidade de perceber a forma e o contorno dos objetos. Essa capacidade discriminatória é atributo dos cones (células fotossensíveis da retina), que são responsáveis pela Acuidade Visual central, que compreende a visão de forma e a visão de cores. A acuidade visual diminui à medida que a idade avança, portanto mais luminosidade faz-se necessária para visualizar com qualidade. [5]

E. Ritmo Circadiano

O ritmo (ou ciclo) circadiano possui a função de ajustar o relógio biológico do corpo, centralizado no cérebro, que comanda o apetite e o sono. Quando a idade vai avançando esse relógio biológico vai “perdendo a hora” e isso pode ocasionar problemas de saúde.

Alimentar-se em horários inapropriados, dormir presente de luminosidade intensa, frequentar locais com pouca luminosidade durante o dia, são fatores que comprometem o bom funcionamento do ciclo circadiano.

O ajuste correto deste relógio proporciona melhorias no modo de vivência dos seres humanos sendo que um bom ajuste de luminosidade pode auxiliar no correto funcionamento do ciclo. [6]

F. Persistência Visual

O fenômeno de persistência visual comprova como uma imagem permanece na retina durante o intervalo de pelo menos 0,1 segundo antes de desvanecer completamente. Quanto maior o tempo de exposição e luminosidade, maior será a fixação da imagem na retina. [7]

III. LUZ, PRINCÍPIOS E COMPORTAMENTO

A luz é uma radiação eletromagnética que pode se comportar como onda (fenômenos de transmissão) ou partícula (fenômenos de emissão e absorção). No espectro eletromagnético compreende os comprimentos de onda que variam de 400 a 700 nm, Figura 1. Dentro desta faixa espectral ocorre a estimulação do sentido da visão.

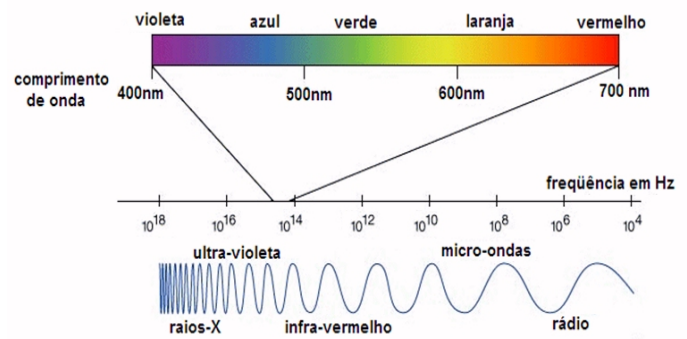


Fig. 1. Espectro Eletromagnético [8]

IV. ILUMINAÇÃO, CONCEITOS IMPORTANTES

Índices de luminosidade inadequados podem causar dor de cabeça, fadiga visual e ineficiência visual. Nesta seção serão abordadas as grandezas e unidades utilizadas em iluminação, estas podem proporcionar ao ambiente conforto visual, aumento de produtividade e economia de energia elétrica.

A. Fluxo Luminoso

É o fluxo total de luz, medido em Lúmen (lm), emitido por uma fonte luminosa. É representado pelo símbolo Φ . (MOREIRA, 1976) [9]

B. Intensidade Luminosa

É a capacidade que a fonte luminosa possui de emitir luz em uma determinada direção do espaço. Sua unidade no Sistema Internacional é a Candela (cd). (MOREIRA, 1976) [9]

C. Iluminamento

O Iluminamento (E) é o fluxo total de luminosidade (Φ) incidente em uma superfície por unidade de área (A). Pode ser calculada através da Equação 1. Sua unidade no Sistema Internacional é o Lux (lx). (MOREIRA, 1976) [9]

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (1)$$

D. Luminância

A Luminância (L) é a medida da Intensidade Luminosa por unidade de área, da luz que viaja em uma determinada direção. Sua unidade no Sistema Internacional é a candela por metro quadrado ($\frac{cd}{m^2}$). (MOREIRA, 1976) [9]

E. Temperatura de Cor

A temperatura de cor de uma fonte luminosa é uma medida numérica, com unidade Kelvin (K), da aparência da cor fonte. Recebe este nome, pois qualquer objeto emite luz quando aquecido a temperaturas elevadas, sendo que com a mudança de temperatura a gradação de cores no material também vai mudando.

O objeto usado para correlacionar a temperatura de cor é um objeto teórico chamado de "radiador de corpo negro". É importante deferir que a temperatura de cor de uma fonte de luz qualquer não possui a mesma temperatura térmica do

objeto aquecido teoricamente. A temperatura de cor é apenas uma medida de comparação entre o material teórico em relação a uma fonte aquecida. A Figura 2 apresenta a relação entre temperatura e cor. (MOREIRA, 1976) [9]

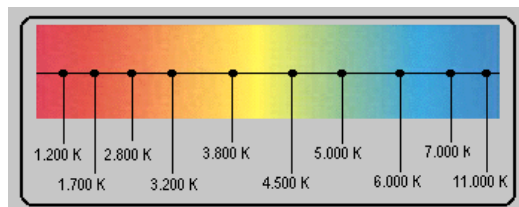


Fig. 2. Temperatura de Cor. [10]

F. Curvas de Distribuição de Intensidade Luminosa

As curvas de distribuição luminosa determinam a distribuição espacial da intensidade luminosa. Esta distribuição é representada graficamente em uma curva de distribuição expressa em coordenadas polares. A Figura 3 apresenta esta distribuição, onde os círculos concêntricos representam as linhas onde a intensidade de luz é a mesma, sendo as retas indicadoras do ângulo e direção onde foi medida a intensidade luminosa. [11]

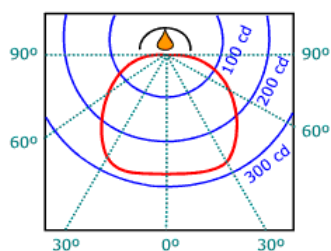


Fig. 3. Curvas de Distribuição Luminosa. [12]

G. Índice de Reprodução de Cor

O índice de reprodução de cor (IRC) mede a capacidade da fonte luminosa processar de forma precisa as frequências do espectro de cor em relação a uma fonte luminosa padrão, luz do dia ao sol do meio dia. É avaliado através notas entre (1 a 100). Quanto maior for a nota recebida, maior também será a fidelidade de reprodução da cor fonte. [13]

H. Eficiência Luminosa

A abordagem de termos de eficiência luminosa (η), das lâmpadas que serão apresentadas na seção a seguir, pode ser mensurada através da Equação 2, que depende do fluxo luminoso total emitido pela lâmpada (ϕ) e da potência por ela consumida (P). A unidade no Sistema Internacional é Lumens por Watt ($\frac{lm}{W}$). (MOREIRA, 1976) [9]

$$\eta = \frac{\phi}{P} \quad (2)$$

V. TIPOS DE LÂMPADAS E EFICIÊNCIA LUMINOSA

Nesta seção serão apresentadas os tipos de lâmpadas comumente utilizadas em conjunto com suas especificidades,

como por exemplo, o tipo de radiação emitida, a eficiência luminosa, a vida útil e o índice de reprodução de cor.

A. Lâmpadas Incandescentes

Segundo MOREIRA (1976), as lâmpadas incandescentes são fontes de luz que possuem um filamento em espiral a base de tungstênio, podendo chegar a temperaturas de até 3000 K. Este espiralado é levado a incandescência através do efeito joule (transformação de energia elétrica em energia térmica), ocasionado pela corrente elétrica incidida no filamento. Para evitar a oxidação do emissor de luz, os bulbos que compõem estas lâmpadas possuem gás inerte ou vácuo. [9]

B. Lâmpadas Halógenas

As lâmpadas Halógenas possuem os princípios das lâmpadas incandescentes convencionais, diferindo-se somente na composição interior do bulbo, onde aditivos de bromo ou iodo são adicionados. O ciclo de funcionamento começa com o chamado “ciclo do iodo”, onde o tungstênio evaporado do filamento combina-se com o halógeno adicionado ao gás que circula dentro do bulbo, formando o composto chamado de Iodeto de Tungstênio. Este possui a função de circular dentro do bulbo, aproximando-se do filamento, onde as altas temperaturas proporcionam a composição e decomposição deste composto, reação cíclica, proporcionando desta forma maior temperatura de funcionamento ao filamento, chegando a 3400 K. Quanto maior a temperatura no filamento, maior também é a eficiência da lâmpada. (MOREIRA, 1976) [9]

C. Lâmpadas Dicroicas

As lâmpadas Dicroicas são halógenas que possuem foco direcionado através de um refletor de vidro dicroico, que rebate o calor gerado para trás e reflete a intensidade luminosa visível para frente. Necessitam de baixa tensão elétrica para funcionarem. [14]

As Lâmpadas Dicroicas, Halógenas e Incandescentes, por trabalharem em altas temperaturas, emitem Radiação Infravermelha (IR). Os efeitos térmicos produzidos por esta radiação, quando a exposição é próxima, podem causar catarata, lesões na córnea, problemas na retina, queimaduras na pele e perda de sensibilidade. [15]

D. Lâmpadas Fluorescentes

As lâmpadas Fluorescentes são fontes de luz que possuem um tubo de vidro, onde internamente ocorre algumas reações em baixa pressão, envolvendo o gás argônio, vapor de mercúrio e alguns ametais.

O processo para a emissão de luz começa através da aplicação de uma diferença de potencial entre os filamentos que compõem as extremidades do tubo, aquecendo-os, e desta forma formando um fluxo de átomos e elétrons que migram através do gás argônio de uma extremidade para a outra. De forma automática, um starter, impede a entrada de tensão nos filamentos, impedindo o aquecimento. Imediatamente um reator gera uma descarga elétrica que inicia a vaporização do mercúrio, que antes encontrava-se em estado líquido,

formando átomos de gás mercúrio. Colisões entre estas partículas de mercúrio e do fluxo provindo dos filamentos, promovem a excitação dos átomos de mercúrio elevando-os a altos níveis de energia. Quando os elétrons retornam aos níveis normais de energia, ocorre a emissão de fótons de luz visível e ultravioleta (invisível). Esta radiação invisível emitida, entra em contato com o revestimento fluorescente do tubo revestido de fósforo, produzindo luz visível. (MOREIRA, 1976) [9]

Emitem radiação Ultravioleta em baixa quantidade. Quando a exposição é próxima ou excessiva, pode proporcionar problemas na visão (Catarata) e Câncer de Pele. [15]

E. Lâmpadas LED

Os diodos emissores de luz, LEDs (Figura 12 - a), apresentam luminosidade através do fenômeno que ocorre nas junções p-n de alguns materiais semicondutores, quando os terminais do dispositivo são aplicados a uma diferença de potencial (ddp). Este fenômeno recebe o nome de Eletroluminescência.

O termo diodo é referente à parte estrutural dos terminais destes dispositivos. Quando uma tensão suficiente é aplicada aos terminais (cátodo e ânodo), os elétrons do material tipo n (cargas negativas) e as lacunas do material tipo p (cargas positivas) formam pares elétron-lacuna, através do deslocamento destes elétrons para a junção p-n, transitando para um nível com energia inferior. O excesso de energia é liberado através de fótons de luz (figura 12 - b). A cor emitida por estes fótons de luz é característica do material semicondutor utilizado na construção do componente. [16]

A estrutura que envolve os materiais semicondutores é feita a base de resina de epóxi transparente, que possui a função de manter os materiais em conjunto, permitindo o espalhamento de luminosidade. [17]

Estão disponíveis com as cores Verde, Amarelo, Azul e Vermelho. Outras cores são formadas através da adição de alguns tipos de ametais que fazem a conversão de uma cor para outra. É o que ocorre com os LEDs brancos, que em sua composição possuem o ametal Fósforo. São muito utilizados em equipamentos eletrônicos, lanternas e também, para iluminação em geral. [18]

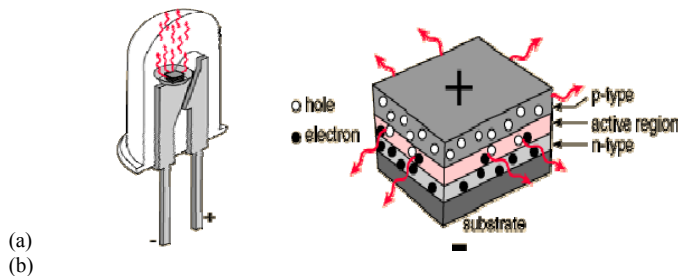


Fig. 4. a) Diodo Emissor de Luz, b) Processo interno para a formação de luz. [19]

Para componentes com potência acima de 1 Watt (W) são necessários dissipadores de calor e de um transformador de

energia que recebe a tensão provinda da rede elétrica e a transforma para o valor necessário para que o componente emita luz. [20]

As lâmpadas com esta tecnologia, são pequenas, de design arrojado, de baixo consumo energético, eficientes, possuem vida útil excelente, bom Índice de Reprodução de Cor e não emitem radiações nocivas à saúde por isso, são consideradas as lâmpadas do futuro. A Tabela I, faz uma comparação entre as lâmpadas LEDs em relação às comumente usadas.

TABELA I
ÍNDICES DE ILUMINÂNCIA POR TAREFAS VISUAIS

Lâmpadas	Eficiência Luminosa (lm/W)	IRC	Vida Útil (Horas)	Radiação emitida
Incandescentes	10 a 20	100	1000	IR
Halógenas	15 a 25	100	2000	IR
Dicrônicas	20 a 30	100	3000	IR
Fluorescentes	55 a 90	70 a 85	7500 a 12000	UV e IR
LED	60 a 250	70 a 90	25000 a 50000	---

VI. COMODIDADE E CONFORTO VISUAL

Conforto visual é uma impressão subjetiva relacionada com a quantidade, distribuição e qualidade da luz emitida. É proporcionada pela luminosidade ideal em conjunto com os padrões de cores dos mais diversos ambientes. Depende dos parâmetros explicitados na seção “Iluminação, conceitos importantes” contido neste Artigo e também, de alguns parâmetros fisiológicos e psicológicos relacionados ao indivíduo, como por exemplo, acuidade visual e idade. Uma luminosidade adequada proporciona o bem-estar dos ocupantes e aumento de produtividade. Pelo contrário, uma iluminação fraca e mal distribuída ou um ambiente extremamente iluminado pode proporcionar desconforto visual, problemas na visão e queda de produtividade. A Figura 5 apresenta os níveis de Iluminância comumente recomendadas para diferentes atividades. [21]

	ILUMINÂNCIA (lux)	TIPO DE AMBIENTE / ATIVIDADE
CLASSE A (áreas de uso contínuo e/ou execução de tarefas simples)	20 - 30 - 50	- ruas públicas e estacionamentos
	50 - 75 - 100	- ambientes de pouca permanência
	100 - 150 - 200	- depósitos
CLASSE B (áreas de trabalho em geral)	200 - 300 - 500	- trabalhos brutos e auditórios
	500 - 750 - 1.000	- trabalhos normais: escritórios e fábricas
	1.000 - 1.500 - 2.000	- trabalhos especiais: gravação, inspeção, indústrias de tecidos
CLASSE C (áreas com tarefas visuais minuciosas)	2.000 - 3.000 - 5.000	- trabalho contínuo e exato: eletrônica
	5.000 - 7.500 - 10.000	- trabalho que exige muita exatidão: placas eletro-eletrônicas
	10.000 - 15.000 - 20.000	- trabalho minucioso especial: cirurgia

Fig. 5. Níveis de Iluminância. Fonte: ABNT (NBR 5413/1992) [22]

I. LUXÍMETRO

Luxímetro é o equipamento utilizado para medir o iluminamento em Lux (lx) da luz que incide em um

determinado ambiente. A leitura é feita através de sensores LDR ou através de Fotodiodos, que fazem a captação da luminosidade do ambiente através de um circuito de controle contido no equipamento, sendo apresentado o valor do Iluminamento local em um display. Para que o ambiente esteja dentro das normas estabelecidas pela ABNT (NBR 5413), figura 5, faz-se necessário medições com este equipamento, para a adequação do local. Quando estes valores lidos pelo equipamento então fora do padrão, isto pode ocasionar em desconforto visual, problemas na visão e queda de produtividade. [23]

II. LDR – LIGHT DEPENDENT RESISTOR

Os resistores dependentes de luz são componentes eletrônicos constituídos de um material semicondutor, sulfeto de cádmio (CdS), que possui a propriedade de diminuir sua resistência, para cerca de 100 Ω , quando exposto à luminosidade. O processo inverso também é verdadeiro, onde a resistência aumenta, para cerca de 1 M Ω , quando a luminosidade diminui. Estes componentes, quando dispostos em circuitos propícios, podem controlar o acendimento e desligamento de lâmpadas, por isso sendo muito utilizados para controle de iluminação pública.

A Figura 6 apresenta as especificações técnicas do sensor LDR GL5528 que será utilizado para a criação de um dispositivo que mede a luminosidade do ambiente (Luxímetro) de baixo custo. Este sistema que será desenvolvido será utilizado para a produção de um interruptor que controla a luminosidade de uma lâmpada LED de forma automática, de acordo com o necessário ao ambiente.

Light Resistance at 10Lux (at 25°C)	8~20K Ω
Dark Resistance at 0 Lux	1.0M Ω (min)
Gamma value at 100-10Lux	0.7
Power Dissipation(at 25°C)	100mW
Max Voltage (at 25°C)	150V
Spectral Response peak (at 25°C)	540nm
Ambient Temperature Range:	- 30~+70°C

Fig. 6. Especificações Técnicas do Sensor LDR GL5528. [24]

A partir de algumas destas especificações técnicas e da Equação 3 é possível apresentar a equação de calibração deste sensor:

$$\gamma = \frac{\log\left(\frac{Ra}{Rb}\right)}{\log\left(\frac{Eb}{Ea}\right)} \quad (3)$$

Onde,

$$\begin{aligned} \gamma &= 0,7 \\ Ra &= 20k\Omega \\ Ea &= 10lx \end{aligned}$$

Substituindo estes valores conhecidos na Equação 3, temos:

$$0,7 = \frac{\log\left(\frac{20000}{Rb}\right)}{\log\left(\frac{Eb}{10}\right)}$$

$$0,7 * (\log(Eb) - \log(10)) = \log\left(\frac{20000}{Rb}\right)$$

$$\log(Eb) = \frac{\log\left(\frac{20000}{Rb}\right) + 0,7}{0,7}$$

$$Eb = 10^{\frac{\log\left(\frac{20000}{Rb}\right) + 0,7}{0,7}}$$

$$Eb = 10^{\frac{\log\left(\frac{20000}{Rb}\right) + \frac{7}{10}}{\frac{7}{10}}}$$

$$Eb = 10^{\frac{10}{7} * \log\left(\frac{20000}{Rb}\right) + 1}$$

$$Eb = 10^{\frac{10}{7} * \log\left(\frac{20000}{Rb}\right)} * 10^1$$

$$Eb = \frac{20000^{\frac{10}{7}}}{Rb^{\frac{10}{7}}} * 10$$

$$Eb = 20000^{\frac{10}{7}} * 10 * Rb^{-\frac{10}{7}}$$

Portanto, a expressão matemática que relaciona a luminosidade (em lx) com a resistência (em Ω) é representada pela Equação 4:

$$Eb = 13,94211194 * 10^6 * Rb^{-\frac{10}{7}} \quad (4)$$

Através desta expressão será possível calcular a Iluminância Eb do ambiente, tendo a resistência Rb conhecida, a Figura 7 apresenta esta relação. É chamada de equação de calibração e representa a família GL5528 de sensores. [25]

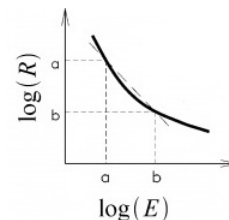


Fig. 7. Relação entre resistência elétrica e luminosidade. [25]

III. PERSPECTIVAS FUTURAS

Com o intuito de proporcionar melhorias nos atuais métodos de iluminação, as perspectivas futuras incidem na criação de um sistema que faça a captação da luminosidade do

ambiente deixando a provinda da lâmpada LED, de forma automática, conforme o necessário ao ambiente e de acordo com os Níveis de Iluminância contidos na norma ABNT (NBR 5413), Figura 5.

Este sistema de controle que será desenvolvido propiciará qualidade de vida, economia energética, aumento da vida útil da lâmpada, comodidade e conforto visual. É também um projeto ecologicamente correto. Poderá ser utilizado em escolas, residências, hospitais, empresas e comércio em geral, utilizando a tecnologia LED.

IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] VAN DE GRAAF, M. K. Anatomia Humana. Ed. Manole, 6ª Edição, São Paulo. 2003.
- [2] [COSTA, G. J. C. da Iluminação Econômica. 4. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006.
- [3] MARQUES, Domiciano. Acomodação Visual. (ONLINE). Disponível na internet: <http://www.brasile Escola.com/fisica/acomodacao-visual.htm>. Acesso: 22/11/2013.
- [4] MARQUES, Domiciano. Tamanho da Imagem e Campo de Visão. (ONLINE). Disponível na internet: <http://www.brasile Escola.com/fisica/tamanho-imagem-campo-visao.htm>. Acesso: 22/11/2013.
- [5] LAVORE. Acuidade Visual. (ONLINE). Disponível na internet: <http://www.lavoreconsult.com/acuidade-visual.php>. Acesso: 11/12/2013.
- [6] RENNER, Tanya. Psico A. Porto Alegre, McGrawHill, 2012.
- [7] PRINCETON. Persistence of Vision. (ONLINE). Disponível na internet: http://www.princeton.edu/~achaney/tmve/wiki100k/docs/Persistence_of_vision.html. Acesso: 15/12/2013.
- [8] LIGADO EM FÍSICA. Espectro Eletromagnético. (ONLINE). Disponível na internet: http://pion.sbfisica.org.br/pdc/index.php/por/Multimedia/Imagens/Eleto_magnetismo/Espectro-eletromagnetico. Acesso: 26/12/2013.
- [9] Vinícius de Araújo Moreira, Iluminação & fotometria, teoria e aplicação. 1ª ed. (Blucher, 1976).
- [10] FAZENDO VÍDEO. Luz, informações técnicas. (ONLINE). Disponível na internet: <http://www.fazendovideo.com.br/vtluz7.asp>. Acesso: 02/01/2014.
- [11] UFRJ. Outros Sistemas de Coordenadas. (ONLINE). Disponível na internet: <http://www.im.ufrj.br/dmm/projeto/projetoc/precalculo/sala/conteudo/capitulos/cap25.html>. Acesso: 03/01/2014.
- [12] MSPC. Iluminação. (ONLINE). Disponível na internet: <http://www.mspc.eng.br/tecdiv/illum100.shtml>. Acesso: 01/01/2014.
- [13] PHILIPS. Lâmpadas. (ONLINE). Disponível na internet: http://www.lighting.philips.com.br/connect/support/faq_lampadas.wpd. Acesso: 02/01/2014.
- [14] CSR. Dicroica. (ONLINE). Disponível na internet: http://www.csr.com.br/produtos/lamps/html_dic.htm. Acesso: 12/01/2014.
- [15] PROF2000. Radiações Não Ionizantes. (ONLINE). Disponível na internet: http://www.prof2000.pt/users/eta/rad_n_ion.htm. Acesso: 10/02/2014.
- [16] HARRIS, Tom. Como funcionam os LEDs. (ONLINE). Disponível na internet: <http://eletronicos.hsw.uol.com.br/led.htm>. Acesso: 06/01/2014.
- [17] LEDTRONICS. LED Lens Configurations. (ONLINE). Disponível na internet: <http://www.ledtronics.com/TechNotes/TechNotes.aspx?id=19>. Acesso: 06/01/2014.
- [18] ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA. Light Emitting Diode (LED). (ONLINE). Disponível na internet: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/340594/light-emitting-diode-LED>. Acesso: 08/01/2014.
- [19] HYPER PHYSICS. LED Device Structure. (ONLINE). Disponível na internet: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electronic/leds.html>. Acesso: 06/01/2014.
- [20] CREELED. Dissipadores. (ONLINE). Disponível na internet: <http://www.creeled.com.br/dissipadores>. Acesso: 10/02/2014.
- [21] CENTENO, Mirela. Conforto Visual: Iluminação. (ONLINE). Disponível na internet: <http://www.cliquearquitetura.com.br/portal/dicas/view/conforto-visual-iluminacao/35>. Acesso: 10/02/2014.
- [22] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Iluminância de Interiores. (ONLINE). Disponível na internet: <http://www.labcon.ufsc.br/anexos/13.pdf>. Acesso: 20/01/2014.
- [23] WEBARTIGOS. Uso e Funcionamento de um Luxímetro. (ONLINE). Disponível na internet: <http://home.roboticlab.eu/en/examples/sensor/photoresistor>. Acesso: 20/01/2014.
- [24] DATASHEET. LDR Sensor. (ONLINE). Disponível na internet: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Imaging/SEN-09088-datasheet.pdf>. Acesso: 25/01/2014.
- [25] SALONG, Peeter. Photoresistor. (ONLINE). Disponível na internet: <http://home.roboticlab.eu/en/examples/sensor/photoresistor>. Acesso: 20/01/2014.

Sistema Open-Source para Coleta e Armazenamento de Dados Meteorológicos

Wellington Cássio Faria

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
wellingtonf@gec.inatel.br

Fabrina Bolzan Martins

Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI
fabrinabm@gmail.com

Evandro Luís Brandão Gomes

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
evandro@inatel.br

Cleverson Henrique Freitas

Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI
sonhfreitas@gmail.com

Resumo— Dada a importância da medida temperatura e umidade em sistema meteorológicos, construiu-se um sistema microcontrolado de baixo custo de hardware e software livre como uma alternativa para suprir a necessidade de monitoramento destas variáveis meteorológicas. Esse sistema foi construído utilizando uma plataforma de hardware open-source e um sensor de umidade e temperatura de alta precisão. Avaliou-se o sistema através de regressão linear entre o dispositivo construído, a estação meteorológica da UNIFEI e instrumentos convencionais como termômetros de máxima e mínima e higrógrafo de cabelo nas condições de um ambiente protegido e de campo, no período de 15/08/13 à 02/09/14 na Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, MG. As correlações apresentaram coeficientes de determinação de 0,99 e 0,94 para temperatura máxima, 0,98 e 0,96 para temperatura mínima para as condições de ambiente protegido e de campo, respectivamente. Para umidade relativa do ar obteve-se um coeficientes de determinação de 0,80 em campo. Isto demonstrou boa precisão e exatidão na determinação de umidade relativa do ar e temperatura, visto o ótimo desempenho na convergência dos dados mensurados aos instrumentos citados, possibilitando estudos agrometeorológicos com baixo custo.

Palavras chave— Agrometeorologia, Arduino, Open-source, firmware.

I. INTRODUÇÃO

A temperatura e umidade relativa do ar são um dos principais elementos meteorológicos de grande importância, pois tem fundamental importância em todo processo produtivo agrícola e nas condições de vida do nosso planeta. Essas medidas são utilizadas em vários estudos agrometeorológicos e climatológicos, os quais são frequentemente baseados em instrumentos convencionais segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM).

As medições de umidade do ar são feitas por vários tipos de instrumentos, como os psicômetros, mostrado na figura 1, um dos instrumentos mais antigos e ainda utilizados

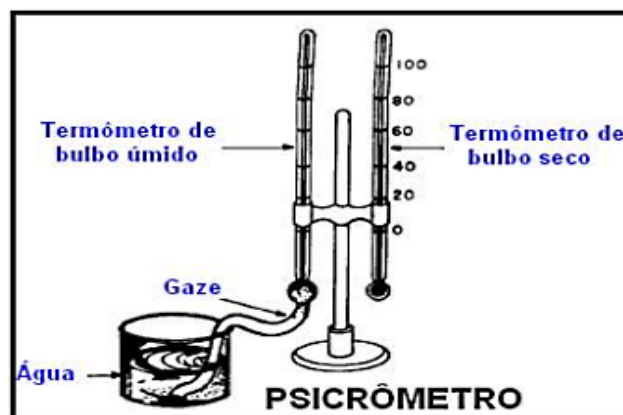


Figura 1 – Psicômetro

que se baseiam nas leituras de um termômetro de bulbo seco e de um bulbo úmido, viabilizando assim o cálculo da umidade relativa do ar pela diferença de temperatura e os higrógrafos, que utilizam a medida da variação de uma propriedade física de um material relacionada com a mudança da umidade do ar que move sobre um cilindro giratório, registrando continuamente a umidade relativa.

Já o termômetro é o instrumento mais comum de medida da temperatura, sendo de mercúrio o mais utilizado, onde o mesmo se expande de maneira uniforme, e assim possível aferir medidas de temperatura entre -30°C e $+320^{\circ}\text{C}$ (PIRES, et al., 2006). Para aferir medidas de temperatura máxima e mínimas são necessários termômetros específicos, os chamados termômetros de máxima e de mínima. O termômetro de máxima utiliza o mercúrio como elemento sensível sendo constituído de um dispositivo próximo ao bulbo, de modo a impedir o retorno do mercúrio, fazendo-o marcar a maior temperatura atingida (SILVA, 2000) e termômetro de mínima que possui o álcool como seu elemento sensível, onde é encontrado um pequeno indicador móvel, em forma de haltere, introduzido no meio do líquido, que devido força de tensão superficial, nunca atravessa o menisco e,

portanto, acompanha o extremo da coluna quando a temperatura desce, marcando assim a menor temperatura diária (SILVA, 2000; PIRES et al., 2006).

Estes instrumentos possuem alta confiabilidade em suas medições, porém apresentam algumas desvantagens: a primeira delas é a necessidade de um observador meteorológico para efetuar as leituras, e o segundo é por apresentar custos elevados. Outros problemas ao se utilizar instrumentos convencionais são: o psicrômetro não é tão preciso em temperaturas abaixo de 0°C, devido à formação de gelo sobre o bulbo úmido, o higrógrafo necessita de calibragem frequente, pois o cabelo perde a sua propriedade elástica ao decorrer do tempo. Os termômetros são frágeis e inábeis em registros automáticos de dados, onde o termômetro de mercúrio apresenta uma difícil leitura, uma resposta lenta e o mercúrio é uma substância venenosa que expõem riscos a segurança e ao ambiente, além disso, o termômetro de álcool não é tão preciso como o de mercúrio, devido à suscetibilidade do álcool à evaporação e pela separação por capilaridade quando exposto às altas temperaturas, danificando o instrumento.

Assim, o objetivo deste trabalho foi construir um dispositivo microcontrolado de baixo custo e com alta precisão, seguro para coleta e armazenamento de dados meteorológicos cujo desempenho foi comparado com instrumentos convencionais atualmente utilizados e aconselhados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM).

II. MATERIAL E MÉTODOS

Para construção deste dispositivo microcontrolado com o intuito de coletar e armazenar dados meteorológicos foi escolhida a plataforma de desenvolvimento Arduino que inclui uma placa com entradas e saídas digitais e analógicas, que permitem diversos tipos de aplicação, tais como: robótica, segurança, sistemas dedicados, entre outras. Além da placa, o Arduino conta com um ambiente de desenvolvimento (IDE) que pode ser baixada gratuitamente no site www.arduino.cc, a qual permite a programação da placa utilizando a linguagem C/C++, uma das linguagens de programação mais populares do mundo. Esta plataforma conta ainda com uma intensa e larga comunidade ao redor do mundo que troca informações, permitindo a popularização e avanço da mesma. Devido a sua facilidade de utilização, o Arduino está conquistando até pessoas que não possuem familiaridade com eletrônica ou computação.

A. Funcionamento do Dispositivo

O dispositivo construído para coleta e armazenamento de dados meteorológicos é composto de um hardware microcontrolado e um software embarcado. O mesmo é capaz de medir a temperatura e umidade do ar, calcular o ponto de orvalho e registrar a cada trinta minutos a data, hora, temperatura atual, temperatura máxima, temperatura mínima, umidade atual, umidade máxima, umidade mínima e ponto de orvalho, respectivamente, em um cartão SD. Além disso, o dispositivo possui um LCD, display de cristal líquido, e dois

botões que possibilitam ao usuário consultar o calendário, a hora, a temperatura e a umidade atual, mínima e máxima, além de poder reiniciar os valores máximos e mínimos registrados de temperatura e umidade e também configurar o calendário e hora. O dispositivo também possui um mecanismo de proteção caso haja uma queda de energia, toda vez que algum dado de temperatura, umidade ou tempo é alterado, o dispositivo armazena o novo dado em sua memória EEPROM, e quando o dispositivo é realimentado recupera os últimos dados salvos na EEPROM, evitando assim a perda dos dados de máximos e mínimos registrados devido à falta de energia. As funcionalidades do dispositivo estão descritas no diagrama de caso mostrado na figura 2.

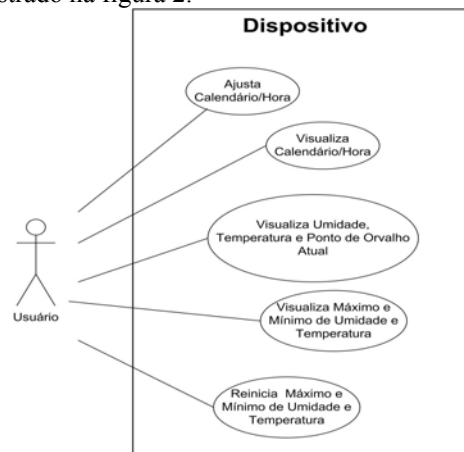


Figura 2 - Diagrama de Caso de Uso do Dispositivo

B. Hardware

No âmbito eletrônico o termo "hardware" é bastante utilizado na área de computação, e se aplica à unidade central de processamento, à memória e aos dispositivos de entrada (Sensor) e saída (LCD). O termo "hardware" é usado para fazer referência a detalhes específicos de um dispositivo eletrônico. Os itens que compõem o hardware são descritos na tabela 1.

TABELA 1
TABELA DE DESCRIÇÃO MATERIAIS UTILIZADOS.

Quantidade	Descrição
1	Placa Arduino UNO R3
1	Sensor de Umidade e Temperatura RHT03
1	LCD 16X4
1	Resistor 1KΩ
1	Cartão SD
1	Shield de Cartão SD
2	Mini Push Button Switch
1	Fonte de Alimentação ou Bateria
23	Jumpers de Diversos Tamanhos e Cores
1	Protoboard 1280 pontos

O Arduino Uno, mostrado na Figura 3, é uma placa baseada no microcontrolador ATmega328 de 8 bits e de alta performance. Este possui 14 pinos digitais de entrada ou saída, dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM e 6 entradas analógicas, além de canais de interrupção e temporizadores. Algumas características podem ser encontradas na tabela 2.

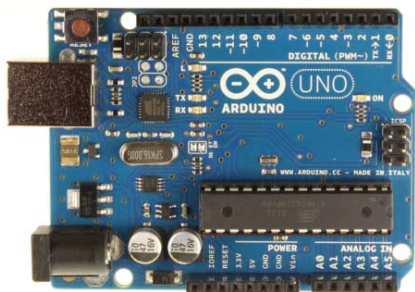


Figura 3 - Arduino UNO R3

TABELA 2
CARACTERÍSTICAS DA PLACA ARDUINO UNO R3.

Característica	Grandeza
Tensão de operação	5 V
Tensão de entrada recomendada	7 a 12 V
Tensão de entrada limite	6 a 20 V
Pinos digitais	14 pinos
Pinos analógicos	6 pinos
Corrente máxima dos pinos de entrada e saída	40 mA
Memória flash	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock	16 MHz

O RHT03, mostrado na figura 4 é um sensor de umidade e temperatura de baixo custo com uma interface digital de um fio. O sensor já é calibrado e é necessário um resistor de $1k\Omega$ ligado no pino de saída do sensor para a tensão de alimentação, conforme mostrado na Figura 5. Esse sensor realiza medições imediatas de umidade relativa e temperatura com confiabilidade e estabilidade. Seu tamanho pequeno, seu baixo consumo e sua distância de transmissão de cem metros permite a utilização do mesmo em diversas e severas ocasiões.



Figura 4 - Sensor RHT03.

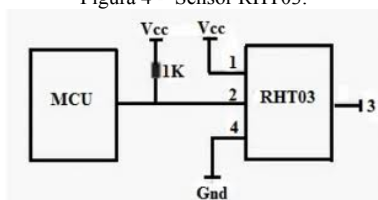


Figura 5 - Diagrama Elétrico do Sensor RHT03

Na tabela 3 encontram-se alguns dados técnicos do sensor RHT03.

TABELA 3
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO SENSOR RHT03.

Característica	
Tensão de operação	3,3 a 6 V
Elemento sensível	Capacitor de polímero
Faixa de operação	Umidade 0 a 100% RH Temperatura -40 a 80 Celsius
Precisão	Umidade +/- 2% RH (Max +/- 5% RH) Temperatura +/- 0,5Celsius
Resolução ou sensibilidade	Umidade 0,1% RH Temperatura 0,1Celsius
Repetitividade	Umidade +/- 1%RH Temperatura +/- 0,2Celsius
Histerese	+/- 0,3% RH
Estabilidade em longo prazo	+/- 0,5%RH/ano

O LCD ou display de cristal líquido, mostrado na Figura 6 é um painel fino usado para exibir informações por via eletrônica. Esse é responsável por mostrar as informações para usuário do dispositivo, como a temperatura e umidade.



Figura 6 – Display de LCD.

O Push button ou Botão de pressão, mostrado na Figura 7 é um dispositivo utilizado para controlar uma máquina ou processo. Esse botão tem o mesmo funcionamento que o interruptor elétrico, fechando ou abrindo o circuito elétrico. A partir dos dois botões existentes no dispositivo o usuário pode controlá-lo.



Figura 7 - Mini Push Button Switch.

O Shield de cartão SD V4.0 da Seedstudio é mostrado na Figura 8. Ele é encaixado sobre a placa Arduino UNO, expandindo a função de gravação e leitura em um cartão SD. Este shield suporta cartões de memória tipos SD, SDHC e Micro SD e faz uso dos pinos digitais 4, 11, 12 e 13 da placa Arduino Uno. Algumas características técnicas estão disponíveis na tabela 4.



Figura 8 - Shield de cartão SD V4.0 Seedstudio.

TABELA 4
ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO SHIELD DE CARTÃO SD V4.0 SEEDSTUDIO.

Característica	Mínima	Ideal	Máxima
Voltagem	3,5v	5v	5,5v
Corrente	0,159 mA	100 mA	200 mA
Tipo de cartão suportado	Cartão SD (<= 16G) Cartão Micro SD (<= 2G) Cartão SDHC (<= 16G)		

Para esse experimento foi utilizado um cartão SD de 4GB. Observou-se que cada gravação que ocorre de 30 em 30 minutos possui um tamanho médio de 48bytes, portanto o dispositivo é capaz de armazenar 4,8 mil anos de dados.

O Protoboard é uma placa com furos e conexões condutoras para montagem de circuitos elétricos experimentais conforme mostra a Figura 9. A grande vantagem é a facilidade de inserção de componentes, uma vez que não necessita soldagem. As placas variam de 800 até 6000 pontos, tendo conexões verticais e horizontais. Neste experimento foi utilizado um protoboard de 1280 pontos.

Na superfície de uma matriz de contato há uma base de plástico em que existem centenas de orifícios onde são encaixados os componentes. Em sua parte inferior são instalados contatos metálicos que interligam eletricamente os componentes inseridos na placa.



Figura 9 - Protoboard 1280 pontos.

O dispositivo pode ser alimentado através da conexão USB ou com uma fonte de alimentação externa que é conectado na placa arduino Uno, conforme a Figura 10. A fonte de alimentação ou bateria deve ser de 7 a 12 V conforme especificação vista na tabela 2. O dispositivo consome em média 3mA, assim se o mesmo for ligado em uma bateria de carro que fornece 12v/60A, o dispositivo tem energia suficiente para funcionar por 20 mil horas ou 833 dias.

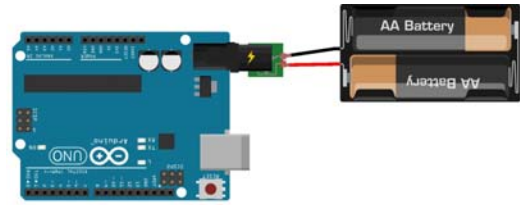


Figura 10 - Arduino utilizando uma fonte de alimentação externa.

C. Software

O software foi desenvolvido utilizando a IDE Arduino 1.0.5 que é disponibilizado sob a licença GPLv2 e pode ser descrito pelo fluxograma detalhado na Figura 11. A codificação foi realizada no Laboratório de Robótica e Inteligência Artificial do Instituto Nacional de Telecomunicações – INATEL, resultando na primeira versão de teste. Após todo o processo de depuração, através de melhorias e testes foi obtido a versão final do software que possui 571 linhas de programação e tamanho de 26,960Kb. Essa versão consome 84% do total de memória disponível da placa Arduino.

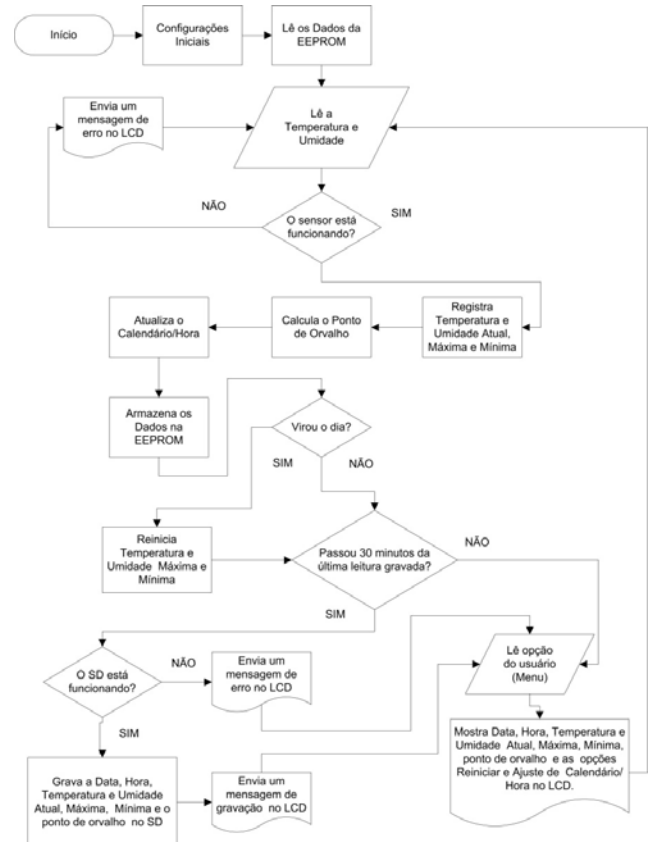


Figura 11 - Fluxograma do Software.

O dispositivo recebe os dados de temperatura e umidade do sensor RHT03 e a partir desses dados é capaz de calcular o ponto de orvalho, utilizando uma função específica para o cálculo conforme ilustra a Figura 12.

```

float PontoDeOrvalho (float celsius , float humidity )
{
    float RATIO = 373.15 / (273.15 + celsius );
    float SUM = -7.90298 * (RATIO - 1);
    SUM += 5.02808 * log10 (RATIO );
    SUM += -1.3816e-7 * (pow (10 , (11.344 * (1 - 1/RATIO ))) - 1) ;
    SUM += 8.1328e-3 * (pow (10 , (-3.49149 * (RATIO - 1))) - 1) ;
    SUM += log10 (1013.246 );
    float VP = pow (10 , SUM - 3) * humidity ;
    float T = log (VP /0.61078 );
    return (241.88 * T) / (17.558 - T);
}

```

Figura 12 - Função para o Cálculo do Ponto de Orvalho.

Para o cálculo do ponto de orvalho foi utilizada a equação inversa (1) da equação de Tetens's (Tetens, O. 1930. Z. Geophys., 6:297), onde Td é temperatura do ponto de orvalho em °C e ea é a pressão de vapor em kPa, otimizada para ponto de orvalho em uma faixa de -35°C a 50°C, tendo uma precisão ±0,1°C dentro deste intervalo.

$$Td = \frac{241.88 \times \ln\left(\frac{ea}{0.61078}\right)}{17.558 - \ln\left(\frac{ea}{0.61078}\right)} \quad (1)$$

Para o cálculo de pressão de vapor (ea) foi utilizando equação (2), onde U é a umidade relativa do ar e a pressão de saturação de vapor d'água, e* (hPa).

$$ea = U \times \frac{e^*}{1000} \quad (2)$$

A pressão de saturação de vapor d'água (e*) foi obtida pela equação (3) que é a equação de Goff-Gratch. Onde c é temperatura do ar em °C.

$$\log e^* = -7.90298 \times \left(\frac{373.15}{(273.15 + c)} - 1 \right) + 5.02808 \times \log \left(\frac{373.15}{(273.15 + c)} \right) - 1.3816 \times 10^{-7} \times \left(10^{\left(11.344 \times \left(1 - \frac{(273.15 + c)}{373.15} \right) \right)} - 1 \right) + 8.1328 \times 10^{-3} \times \left(10^{\left(-3.49149 \times \left(\frac{373.15}{(273.15 + c)} - 1 \right) \right)} - 1 \right) + \log 1013.246 \quad (3)$$

Após o desenvolvimento do software foi feito a integração com o hardware. Para isso foi encaixado o shield SD na placa Arduino UNO e utilizado os 23 jumpers e um protoboard 1280 pontos, conforme mostram as figuras 13 e 14.



Figura 13 - Encaixe do Shield SD sobre a Placa Arduino UNO.

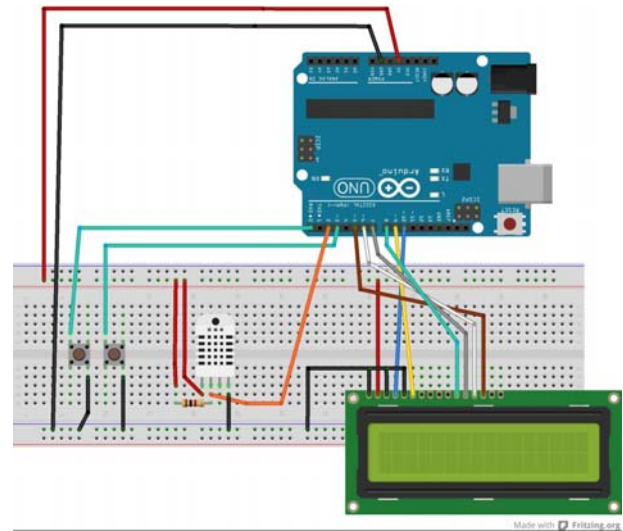


Figura 14. Ligações Elétricas do Circuito.

As ligações elétricas estão descritas pino a pino na tabela 5 a seguir.

TABELA 5
MAPEAMENTO DOS PINOS UTILIZADOS.

Pinos Arduino	Ligado em:	Cor do Jumper
D0 - Pino Digital 0	Botão 1	Verde
D3 - Pino Digital 3	Botão 2	Verde
D2 - Pino Digital 2	Sinal de Dado RHT03 (Pino 2 do sensor)	Laranja
D10 - Pino Digital 10	Register Select LCD	Azul
D9 - Pino Digital 9	Enable LCD	Amarelo
D8 - Pino Digital 8	Data 4 LCD	Verde
D7 - Pino Digital 7	Data 5 LCD	Cinza
D6 - Pino Digital 6	Data 6 LCD	Branco
D5 - Pino Digital 5	Data 7 LCD	Marrom
D4 - Pino Digital 4	SD_CS (Shield SD)	-
D11 - Pino Digital 11	SD_DI (Shield SD)	-
D12 - Pino Digital 12	SD_DO (Shield SD)	-
D13 - Pino Digital 13	SD_CLK (Shield SD)	-

D. Experimento

As medidas foram feitas na Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, localizada na cidade de Itajubá, no Estado de Minas Gerais, Brasil (latitude: 22° 24' 46" S, longitude: 45° 26' 58" W e altitude: 850m).

O experimento foi realizado em duas fases, sendo a primeira feita em um ambiente protegido (15/08/2013 a 02/09/2013), uma casa de vegetação pertencente ao Instituto de Recursos Naturais da Universidade Federal de Itajubá (22° 30' de latitude sul, 45°27' de longitude oeste, e altitude: 850 metros), onde foi instalado um abrigo meteorológico que foi confeccionado e instalado segundo as normas da Organização Meteorológica Mundial (OMM). No interior do abrigo foi instalado o dispositivo construído e também instrumentos convencionais, um termômetro de máxima e um termômetro de mínima Incoterm para estações meteorológicas analógicas que possuem um limite de erro de ±0,2°C e uma escala de -15°C à +60°C e um higrógrafo de cabelo. A segunda fase foi

realizada em uma área de campo (21/12/2013 a 12/01/2014), onde foi instalado o dispositivo em um abrigo meteorológico, voltado para o sul, a cerca de 2 metros da estação meteorológica da Universidade Federal de Itajubá (latitude: S 22° 24' 49", Longitude: O 45° 27' 7", Elevação: 848,86 m), modelo Davis Vantage Pro 2 Plus, equipada com vários sensores, entre eles: termômetros que apresentam uma faixa de -40°C à +65°C e uma precisão de 0,5°C e higrômetros que apresentam uma faixa de 1% à 100% e uma precisão de 3%RH e 4%RH acima de 90%.

A validação do dispositivo foi feita através da Regressão Linear Simples, e Coeficiente de Determinação ou de Explicação (R^2) (STANTON, 2001) entre termômetro de máxima, mínima e higrógrafo nas condições de ambiente protegido e estação meteorológica em campo.

A regressão linear simples utiliza os coeficientes linear (A) e angular (B) que revelam a exatidão máxima quando $A=0$ e $B=1$. O coeficiente R^2 fornece a porcentagem da variação em Y (variável dependente), que pode ser explicada pela variação em X (variável independente), ou seja, o quanto de variação é comum às duas variáveis (LIRA, 2004) e mostra precisão máxima quando o valor de R^2 tende a 1.

E. Resultados e discussão

A Figura 15 mostra os valores diários medidos de temperatura máxima (a) e mínima (b) para o dispositivo construído e os termômetros de máxima e mínima, em ambiente protegido. Pode-se verificar uma boa concordância entre os dados dos termômetros com os dados do dispositivo visto que houve uma boa concordância dos mesmos principalmente aos valores de temperatura máxima além de apresentarem valores próximos entre as médias de temperatura máxima (45,75°C e 44,82°C) e mínima (14,47°C e 13,63°C) para o dispositivo e termômetros, respectivamente.

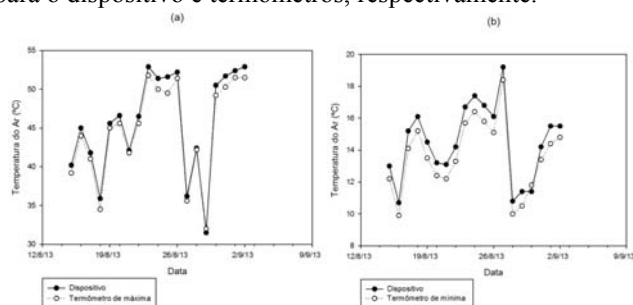


Figura 15 - Valores médios diários da temperatura máxima (a) e mínima (b) do ar para o dispositivo e termômetros específicos, em ambiente protegido.

As equações de regressão e coeficientes de correlação (R^2) do dispositivo são apresentadas na Figura 16, para os termômetros de temperatura máxima (a) e mínima (b). Analisando-se os coeficientes angulares (B) e os de correlação (R^2) obtidos, pode-se deduzir que a exatidão e a precisão das medidas de temperatura realizadas pelo dispositivo é relevante devido à excelente correlação obtida numa abrangente faixa de variação de temperatura de 9,9°C a 51,8°C durante 19 dias em ambiente protegido.

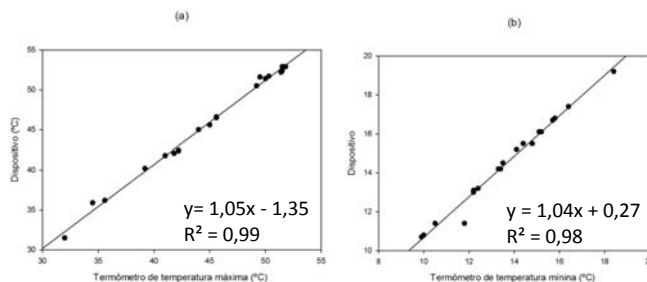


Figura 16 - Correlação entre valores de temperatura do ar obtidos a partir do dispositivo e termômetro de máxima (a) e mínima (b) para as condições de ambiente protegido.

Os valores diários medidos de temperatura máxima (a) e mínima (b) para o dispositivo construído e para a estação meteorológica em campo são apresentados na Figura 17, com valores médios de temperatura máxima do ar de 34,61°C e 30,59°C, e de temperatura mínima do ar de 18,79°C e 18,51°C, respectivamente. Os valores de temperatura máxima entre o dispositivo e os termômetros (contínuos e médios) apresentaram uma maior concordância entre os dados em relação aos obtidos na Figura 16, entretanto, a diferença dos valores de temperatura mínima registrados pela estação e o dispositivo foi menor a encontrada na Figura 15.

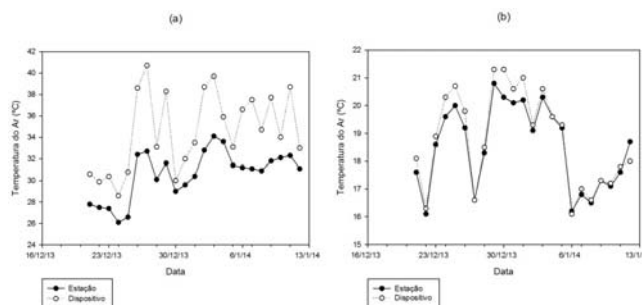


Figura 17 - Valores médios diários da temperatura máxima (a) e mínima (b) do ar para o dispositivo e estação meteorológica em campo.

Já a Figura 18 mostra as equações de regressão e coeficientes de correlação (R^2) entre o dispositivo e a estação meteorológica com valores de temperatura máxima (a) e mínima (b). Avaliando-se os coeficientes angulares (B) e os de correlação (R^2), pode-se inferir que existe uma relação forte entre ambos os instrumentos, visto que o valor de R^2 de temperatura mínima apresentou uma correlação muito forte, enquanto o de temperatura máxima apresentou uma correlação forte.

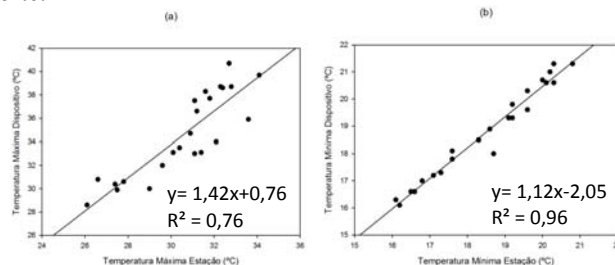


Figura 18 - Correlação entre valores de temperatura do ar máxima (a) e mínima (b) obtidos a partir do dispositivo construído e estação meteorológica em campo.

Devido à diferença do coeficiente de correlação (R^2) de temperatura máxima em ambiente protegido (0,99) e em campo (0,76), foi feita uma análise na amostra que apresentava a maior divergência de temperatura máxima entre o dispositivo e a estação meteorológica. Essa amostra foi obtida no dia 27/12/2013 às 17h00min quando foi registrada a temperatura de 40,7°C e 32,7°C, respectivamente para o dispositivo e a estação. Pelo gráfico da Figura 19 que é composto de 144 amostras de temperaturas coletadas a cada 30 minutos, é possível observar que a temperatura do dispositivo dos dias 26, 27 e 28/12/14 entre às 16h00min e 18h00min apresenta divergência comparada à estação, enquanto nas demais horas dos dias apresentaram uma maior convergência. A partir dessa análise, verificou-se em campo que raios solares incidiam no dispositivo no período de 16h00min a 18h00min, causando a divergência de temperatura, os quais afetaram a correlação entre valores de temperatura máxima do dispositivo e estação meteorológica em campo.

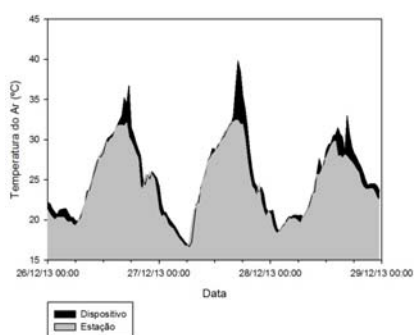


Figura 19 - Valores médios diários de temperatura do ar para o dispositivo e estação meteorológica em campo nos dias 26, 27 e 28/12/14.

A figura 20 mostra as equações de regressão e coeficientes de correlação (R^2) do dispositivo e estação meteorológica dos dias 26, 27 e 28/12/13, descartando as amostras das 16h00min, 16h30min, 17h00min, 17h30min e 18h00min, as quais foram consideravelmente afetadas pela incidência dos raios solares. Analisando o coeficiente angular e os de correlação, pôde-se comprovar a exatidão e a precisão das medidas de temperatura realizadas pelo dispositivo.

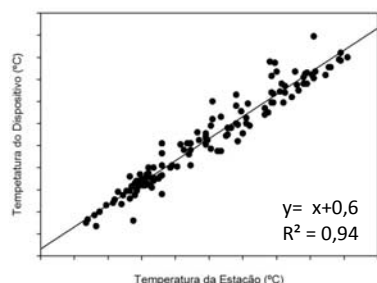


Figura 20 - Correlação entre valores de temperatura do ar para o dispositivo e estação meteorológica em campo nos dias 26, 27 e 28/12/14, descartando as amostras das afetadas pela incidência dos raios solares.

Ainda que algumas dessas amostras tenham sido afetadas pela incidência dos raios solares, obteve-se um coeficiente

angular e coeficiente de correlação (R^2) de profusão que podem ser observados na figura 21.

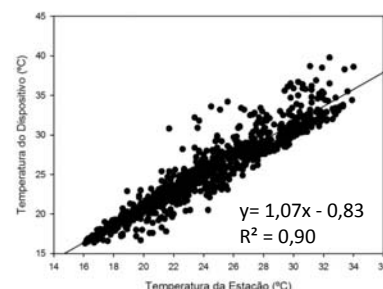


Figura 21 - Correlação entre valores de temperatura do ar obtidos a partir do dispositivo construídos e estação meteorológica em campo o período de 21/12/2013 00h29min a 12/1/2014 23h35min, considerando todas as 1103 amostras recolhidas em intervalos de 30 minutos.

A Figura 22 mostra os valores diários mensurados de umidade máxima (a) e mínima (b) para o dispositivo construído e higrógrafo de cabelo, em ambiente protegido. Pode-se verificar uma discrepância entre os dados medidos entre os instrumentos. Além disso, apresentaram valores divergentes entre as médias de umidade máxima (72,33% e 91,46%) e mínima (14,59% e 23,30%) para o dispositivo e higrógrafo de cabelo, respectivamente.

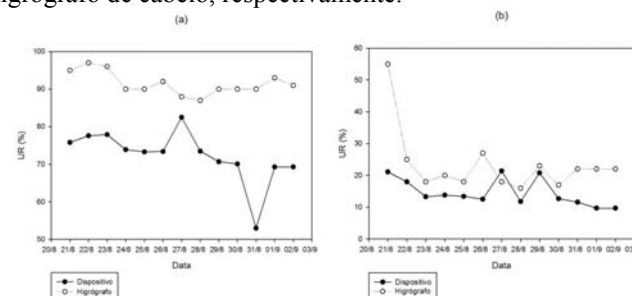


Figura 22 - Variação de umidade máxima (a) e mínima (b) do ar para o dispositivo e higrógrafo de cabelo em ambiente protegido durante o intervalo de 21/06/13 a 02/09/14.

As equações de regressão e coeficientes de correlação (R^2) do dispositivo são apresentadas na Figura 23, para umidade máxima (a) e mínima (b). Analisando-se os coeficientes angulares (B) e os de correlação (R^2) obtidos, pode-se deduzir a disparidade das medidas de umidade realizadas pelo dispositivo comparadas ao higrógrafo de cabelo.

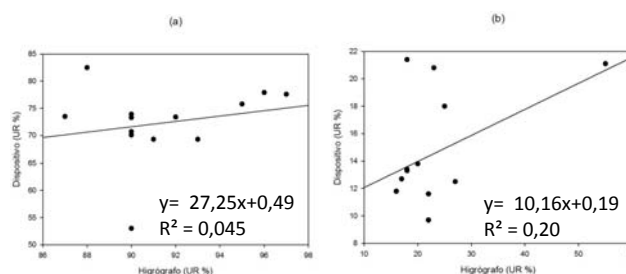


Figura 23 - Correlação entre valores de umidade do ar máxima (a) e mínima (b) obtidos a partir do dispositivo construídos e higrógrafo de cabelo em ambiente protegido durante o intervalo de 21/06/13 a 02/09/14.

Devido a grande discrepância entre os dados mensurados pelo higrógrafo de cabelo e o dispositivo foi feita uma verificação detalhada. Para esta verificação utilizou-se o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson (R) e matriz de p-valores (STANTON, 2001).

$$R = \frac{\sum[(x - \bar{x})(y - \bar{y})]}{\{\sum[(x - \bar{x})^2]\}^{1/2} \{\sum[(y - \bar{y})^2]\}^{1/2}} \quad (4)$$

A correlação de Pearson "mensura a direção e o grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas" (MOORE, 2007) variando de -1 a 1 e quanto maior o valor absoluto de R (seja positivo ou negativo) maior será a adesão entre os valores (SCHNEIDER, 1998). Segundo CALLEGARI-JACQUES (2003), o coeficiente de correlação pode ser avaliado qualitativamente da seguinte forma:

se $0,00 < |R| < 0,30$, existe fraca correlação linear;
 se $0,30 \leq |R| < 0,60$, existe moderada correlação linear;
 se $0,60 \leq |R| < 0,90$, existe forte correlação linear;
 se $0,90 \leq |R| < 1,00$, existe correlação linear muito forte.

Para o calculo do Coeficiente de Correlação Linear de Pearson (R) e matriz de p-valores foi utilizando os dados do dispositivo e higrógrafo de cabelo em ambiente protegido e também os dados da estação meteorológica em campo, durante o mesmo período, 21/08/2013 a 02/09/2013. Segundo AGUIAR e SILVA (2000), em um estudo do comportamento da temperatura e umidade relativa do ar dentro e fora de estufas de polietileno na ausência de cobertura de solo concluiu que a umidade relativa do ar média e máxima não apresentou diferença significativa entre os ambientes.

Os valores de correlação R entre os três instrumentos para umidade média, máxima e mínima são encontrados na tabela 6. Os dados mensurados pelo dispositivo (D) e pela estação meteorológica (E) apresentaram maiores valores de R em todas as variáveis, máxima (0,63), mínima (0,65) e média (0,85), enquanto entre os valores da estação (E) com o higrógrafo de cabelo (I), o coeficiente de correlação maior encontrado foi de 0,42 para umidade máxima, mostrando uma correlação moderada positiva.

TABELA 6

CORRELAÇÃO ENTRE OS TRÊS INSTRUMENTOS PARA UMIDADE MÉDIA, MÁXIMA E MÍNIMA.

CORR D x E		
MAX	MIN	MED
0,627148	0,651202	0,849155
CORR D x I		
MAX	MIN	MED
0,422562	0,390202	0,245727
CORR E x I		
MAX	MIN	MED
0,225786	0,386329	0,040226

Foi também feita uma comparação entre os três instrumentos em horários aleatórios, a fim de avaliar a

precisão entre os dados de umidade. A tabela 7 apresenta a matriz de correlação Pearson. Se observa uma correlação forte positiva (0,80) entre os dados do dispositivo (D) e a estação meteorológica (E), enquanto para os dados do dispositivo (D) e o higrógrafo de cabelo (H), e entre os dados do higrógrafo com os da estação, uma correlação moderada positiva (0,45 e 0,49), respectivamente.

TABELA 7
MATRIZ DE CORRELAÇÃO.

	Umi D	Umi E	Umi H
Umi D	1	0,8041356	0,45388255
Umi E	0,8041356	1	0,48778605
Umi H	0,45388255	0,48778605	1

A tabela 8 mostra os valores encontrados a partir da matriz de P-valores. O p-valor apresenta a probabilidade dos valores encontrados serem representativos aos parâmetros populacionais (MOORE, 2007). Adotou-se 5% como nível de significância, ou seja, α igual a 0,05 e valores de p menores ou iguais a α , significam que existe uma correlação significativa entre as variáveis, caso contrario, não haverá associação entre elas.

TABELA 8
MATRIZ DE P-VALORES

	Umi D	Umi E	Umi H
Umi D	1	0,000921386	0,119252161
Umi E	0,000921386	1	0,090842742
Umi H	0,119252161	0,090842742	1

Nas tabelas 6 e 7 pôde-se analisar que o comportamento descrito por AGUIAR e SILVA (2000) não foi observado entre o higrógrafo de cabelo e a estação meteorológica, visto os valores baixos de R. Além disso, o valor de p (Tabela 8) é maior que o nível de significância, portanto não é possível afirmar que exista uma relação entre os dados do higrógrafo de cabelo e estação meteorológica. Entretanto, observou-se uma grande convergência entre o dispositivo em ambiente protegido e a estação meteorológica em campo, dada a forte correlação linear de umidade máxima e média, a qual pode ser comprovada pela Matriz de P-valores (tabela 8), apresentando valor de p de 0,0009.

Assim, uma das possíveis justificativas encontradas é que o higrógrafo de cabelo pode estar descalibrado devido ao longo tempo de uso e/ou pela presença de poeira no cabelo que pode causar erros de até $\pm 15\%$ nas medidas (WMO, 2008).

Os valores diários medidos de umidade máxima (a) e mínima (b) para o dispositivo e para a estação meteorológica em campo são apresentados na Figura 24, com valores médios de umidade máxima do ar de 97,08% e 94,82% e mínima de 38,60% e 50,93% respectivamente. É possível verificar a mesma tendência, seja de aumento ou diminuição, entre a estação meteorológica e o dispositivo.

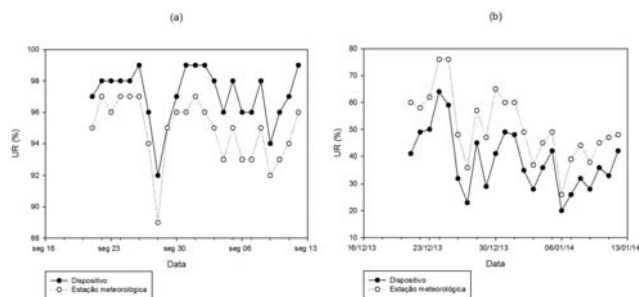


Figura 24 - Variação de umidade máxima (a) e mínima (b) do ar para o dispositivo e estação meteorológica em campo durante o intervalo de 21/06/13 a 02/09/14.

As equações de regressão e coeficientes de correlação (R^2) entre o dispositivo e a estação meteorológica com valores de umidade máxima (a) e mínima (b) podem ser observadas na figura 25. Avaliando-se os coeficientes angulares (B) e os de correlação (R^2), pode-se inferir que existe uma relação forte entre a estação e dispositivo.

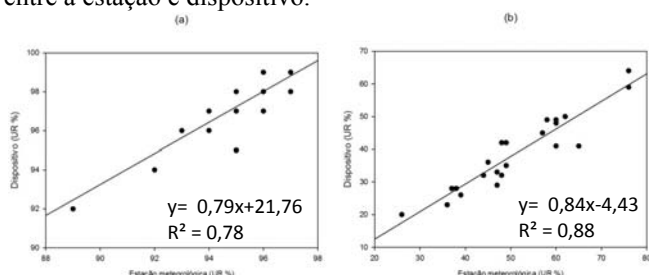


Figura 25 - Correlação entre valores de umidade do ar máxima (a) e mínima (b) obtidos a partir do dispositivo construídos e estação meteorológica em campo durante o intervalo de 21/06/13 a 02/09/14.

Ainda pode-se comprovar a profusão das medidas de umidade do dispositivo na figura 26. Considerando todas as 1103 amostras de umidade coletadas de 30 em 30 minutos no período 21/12/2013 00h30min a 12/1/2014 23h35min, obtiveram-se coeficientes angulares (B) e valores de correlação (R^2) altos, sendo possível identificar uma relação linear entre os dados mensurados pela estação meteorológica e os do dispositivo.

I. CONCLUSÕES

O dispositivo construído pode ser utilizado para determinação de umidade relativa do ar e temperatura, pois obteve um ótimo desempenho na convergência dos dados mensurados aos instrumentos convencionais, não havendo necessidade de um observador na coleta de dados, visto que o dispositivo registra automaticamente e continuamente as variáveis meteorológicas, seja em ambiente protegido ou em campo. Além disso, possui uma fácil construção e manutenção, possibilitando estudos agrometeorológicos com baixo custo de aquisição.

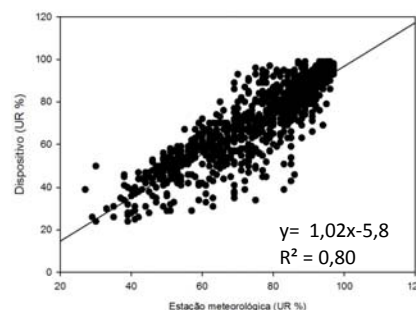


Figura 26 - Correlação entre valores de umidade do ar obtidos a partir do dispositivo construídos e estação meteorológica em campo o período 21/12/2013 00h30min a 12/1/2014 23h35min, considerando todas as 1103 amostras recolhidas em intervalos de 30 minutos.

REFERÊNCIAS

- [1] Emerson; CUNHA, Antonio Ribeiro da. Avaliação de temperatura e umidade relativa do ar em estufa com cobertura de polietileno. In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000, Rio de Janeiro - RJ. Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000.
- [2] CALLEGARI-JACQUES, Sidia M. Bioestatística: princípios e aplicações. Porto Alegre: Artemed, 2003. 255p.
- [3] LIRA, S. A. Análise de correlação: Abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações. 2004. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia dos Setores de Ciências Exatas e de Tecnologia) – Universidade Federal do Paraná, Paraná.
- [4] MOORE, David S. The Basic Practice of Statistics. New York, Freeman, 2007.
- [5] PIRES, D.P.L.; AFONSO, J.C.; CHAVES, F.A.B. A termometria nos séculos XIX e XX. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, V.28, n. 1, p. 101-114, mar. 2006.
- [6] SCHNEIDER, P.R. Análise de regressão aplicada à engenharia florestal. 2.ed. Santa Maria: Ed. UFSM/CEPEF, 236p., 1998.
- [7] SILVA, K.O.; Desenvolvimento de sistema automatizado de baixo custo para aquisição de dados de umidade relativa e temperatura do ar. 2000. 70p. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- [8] STANTON, Jeffrey M. (2001), “Galton, Pearson, and the peas: A brief history of linear regression for statistics instructors”. Journal of Statistical Education, 9,3. Disponível em: <http://www.amstat.org/publications/JSE/v9n3/stanton.html>, 2001.
- [9] TETENS, O., 1930. Über einige meteorologische Begriffe z. Geophys. 6:297-309.
- [10] WMO: World Meteorological Organization. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. Ed 8, 2008.

AIO Control (Controle Remoto Universal)

Igor Araújo

Instituto de Estudos Superiores da
Amazônia - IESAM
igor.araujo92@gmail.com

Alison Silva

Instituto de Estudos Superiores da
Amazônia - IESAM
alison.rejo@gmail.com

Rebeca Nascimento

Instituto de Estudos Superiores da
Amazônia - IESAM
rebecanascimenttoo@gmail.com

Tiago Rodrigues

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM
tiagorodrigueez@gmail.com

Johelden Bezerra

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM
johelden@gmail.com

Resumo—Pensando em diminuir a necessidade de produção de vários controles e, assim, reduzir a quantidade de futuros lixo eletrônico descartados no meio ambiente, surgiu a ideia de criar um controle remoto que pudesse exercer funções iguais aos dos controles comuns, como os de televisores e ar condicionados. Assim surgiu o AIO Control, que consiste em uma aplicação, ou seja, um software criado para dispositivos móveis do sistema operacional android, que conjuntamente com hardware, tem o intuito de trazer comodidade e flexibilidade ao usuário.

Palavras-chave—android, controle universal, arduino, bluetooth, sensor infravermelho, AIO Control.

I. INTRODUÇÃO

Com uma linguagem simples, será abordado neste artigo como foi feito o software (AIO Control) e hardware (comunicação com o arduino, bluetooth, infravermelhos, banco de dados, e aparelhos eletrônicos) para dispositivos móveis do sistema operacional android.

Com o propósito de trazer flexibilidade ao usuário e diminuir futuros lixo eletrônico, que em sua maioria são descartados incorretamente no meio ambiente, surgiu a ideia de criar um controle remoto universal, que pode-se exercer funções de controles comuns até controles mais sofisticados.

A comunicação entre controles e aparelhos eletrônicos é feita diretamente via infravermelho, mas esta tecnologia em celulares é praticamente nula, então, utilizou-se a tecnologia Bluetooth para a comunicação entre o dispositivo móvel, hardware e o respectivo aparelho eletrônico.

Desta forma, foi desenvolvido um aplicativo feito inteiramente para usuários android, tendo a principal finalidade trazer mais comodidade aos mesmos.

II. FERRAMENTAS UTILIZADAS

A. Android

Android é um sistema operacional do Google para smartphones, TVs e tablets. Baseado em Linux e de código aberto, o sistema móvel é utilizado em aparelhos da Samsung, LG, Sony, HTC, Motorola, Positivo, Asus, além do próprio Google e outros fabricantes menos conhecidos. O Android está atualmente na versão 4.4 KitKat e recebe, normalmente, até duas grandes atualizações por ano. Uma das principais vantagens do sistema é a variedade de aplicativos encontrados

em sua loja virtual Google Play. Porém, malwares, vírus e travamentos são apontados como as principais desvantagens do Android. Além da loja de apps, os aparelhos equipados com o sistema também contam a coleção de aplicativos nativos do Google, como Gmail, Google Maps, Street View, YouTube, Google Drive, Google+, GTalk, entre outros. O Android também recebe personalizações e aplicativos exclusivos de cada fabricante, como a TouchWiz, da Samsung; e a Optimus UI, da LG. Isso faz com que as novas versões do sistema demorem a chegar a todos os produtos. Em contrapartida, o Google lança periodicamente aparelhos Nexus, sua linha com o Android Puro. [1]

B. Arduino Uno

O Arduino Uno é uma plataforma de prototipagem eletrônica que possui hardware livre. Foi projetada com um microcontrolador baseado no ATmega328 (datasheet). Ele tem 14 digitais de entrada / saída pinos (dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM), 6 entradas analógicas, um cristal oscilador de 16 MHz, uma conexão USB, um conector de alimentação, um cabeçalho ICSP, e um botão de reset. Essa plataforma pode ser usada para o desenvolvimento de objetos interativos, com baixo custo, flexíveis e fáceis de usar aceitando entradas de uma série de sensores ou chaves, e controlando uma variedade de luzes, motores ou outras saídas físicas. A linguagem de programação padrão do Arduino é baseada em C/C++, a qual é uma implementação baseada na linguagem Wiring, uma linguagem de programação semelhante. [2]

C. Bluetooth

O Bluetooth é uma tecnologia global de comunicação sem fio e de baixo consumo de energia que permite uma comunicação simples, rápida, segura e barata entre computadores, smartphones, mouses, teclados, fones de ouvido, impressoras, câmeras digitais, consoles de videogames digitais e outros dispositivos, utilizando uma frequência de rádio de curto alcance no lugar de cabos. [3] Assim, é possível fazer com que dois ou mais dispositivos comecem a trocar informações desde que estejam dentro do limite de proximidade.

D. Comunicação Serial RS-232 – Bluetooth

A placa para a comunicação serial RS 232 foi projetada para fazer a integração com circuitos eletrônicos microprocessadores ou microcontroladores que operam com nível de tensão TTL, ou seja, 5V ou 3V3. A comunicação que o microcontrolador tem com o Bluetooth geralmente se faz através de 4 fios: o primeiro e o segundo seriam da conexão via RX/TX sendo que estes estão cruzados, ou seja, o pino TX do microcontrolador deve ir ao pino RX do conversor bluetooth e vice-versa, o terceiro seria o Vcc de 5V ou 3V3 (alimentação) e o quarto fio seria o GND (terra) como mostra na Fig.1.[4]

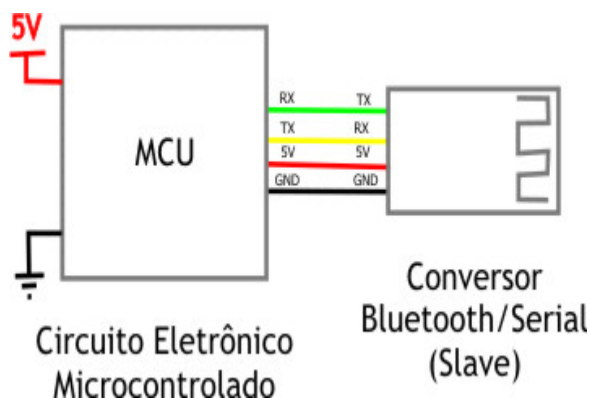


Fig. 1- Conexões de um circuito eletrônico microcontrolado com um conversor Bluetooth. [5]

E. Sensor Infravermelho

Um diodo emissor de luz infravermelha (LED) é um tipo de dispositivo eletrônico que emite luz infravermelha não visível a olho nu. Um LED infravermelho funciona como um diodo emissor de luz normal, mas pode utilizar diferentes materiais para produzir a luz infravermelha. Esta luz infravermelha pode ser utilizada em um controle remoto, na transferência de dados entre os dispositivos, para fornecer iluminação aos equipamentos de visão noturna ou para uma variedade de outros fins.

Um LED infravermelho é, como todos os LEDs, um tipo de diodo ou um semicondutor simples. Os diodos são projetados de modo que a corrente elétrica só pode fluir em uma direção. Como os fluxos de corrente, os elétrons saem de uma parte do diodo para outra parte. Para isso, os elétrons devem lançar energia na forma de fótons, que produzem luz.

O comprimento da onda e a cor da luz emitida dependem do material utilizado no diodo. LEDs infravermelhos utilizam o material que produz luz na parte infravermelha do espectro, ou seja, um pouco abaixo do que o olho humano pode ver. Diferentes LEDs infravermelhos podem produzir luz infravermelha de comprimento de onda diferentes, como inúmeros LEDs produzem luz de cores variadas. [6]

F. Comunicação Infravermelho Do Controle Remoto X Tv

Ao apertar um botão de um controle remoto de uma TV, coloca-se em movimento uma série de eventos que faz com que o aparelho controlado realize um comando. O processo funciona mais ou menos assim:

1 – Aperta-se o botão “aumentar volume” em seu controle remoto, fazendo com que esse botão toque o contato

sob ele, fechando o circuito “aumentar volume” na placa de circuitos. O circuito integrado detecta isso.

2 - O circuito integrado envia o comando binário “aumentar volume” ao LED na frente do controle remoto.

3 - O LED envia uma série de pulsos de luz que correspondem ao comando binário “aumentar volume”.

4 - O receptor infravermelho na TV converte os pulsos de luz de volta em sinal elétrico.

5 – O sinal depois é repassado ao microprocessador que “aumenta o volume”.

6 - Quando é enviado o sinal de “parar” ao microcontrolador, ele para de aumentar o volume.

Então quando a ação "aumentar volume" inicia em um controle remoto de uma TV, ele envia uma série de pulsos que se parecem com o sinal abaixo: [7]

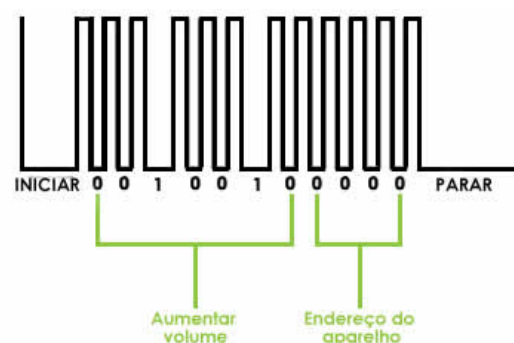


Fig. 2 - Sinal que o controle remoto envia para a ação o bit de início, o de “aumentar volume”, o endereço do aparelho, e o bit de parada. [8]

III. ESQUEMA DO PROJETO

O esquema do projeto é dado da seguinte forma, um circuito integrado com um arduino estando acoplado no centro do teto fará a leitura do sinal enviado via bluetooth pelo usuário, e reenviará via infravermelho para o respectivo aparelho. Como você pode ver na imagem a seguir:



Fig. 3- Representação do envio de um sinal pelo circuito (arduino), para os respectivos aparelhos. [9]

Um controle remoto terá seu sinal enviado ao circuito via infravermelho, o qual replicará o sinal e passará a um dispositivo que possui o sistema operacional android e que já esteja com o aplicativo corretamente instalado, guardará em seu banco de dados os sinais replicados do respectivo controle preenchido, e quando precisar fazer alguma ação, como “aumentar volume da TV”, o dispositivo com android irá enviar um sinal via bluetooth para o arduino que o decodificará e enviará via infravermelho para o respectivo aparelho. Como mostra a imagem a seguir:

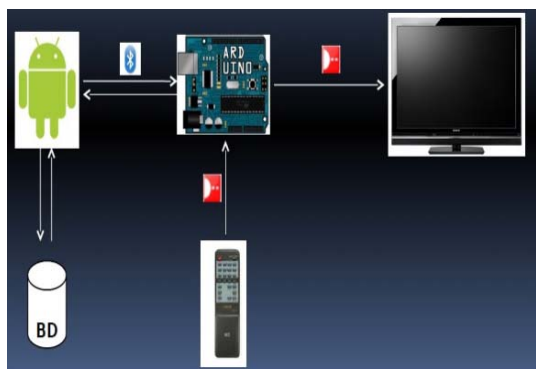


Fig. 4 – Esquema geral do projeto.

IV. APLICATIVO

O aplicativo foi desenvolvido inicialmente apenas para usuários de dispositivos móveis do sistema operacional android. Sua interface é constituída por cinco telas diferentes, a preliminar (Fig. 5), de conexão (Fig. 7), controles salvos (Fig. 8), salvar controles à lista (Fig. 11) e por ultimo de configuração (Fig. 13).

Ao iniciar o aplicativo é mostrada a tela preliminar (Fig. 5), nesta o próprio aplicativo vê se o Bluetooth está em funcionamento ou não. Caso não esteja é acionada uma mensagem, dando a opção ao usuário para liga ou não. Desta forma é mostrada a tela preliminar.



Fig. 5 – Tela preliminar do aplicativo

Com o aplicativo devidamente funcionando, podem-se ver três pontinhos no canto superior direito da tela, os quais compõem o botão de menu. Neles é possível escolher em qual das demais telas vai “entrar”. (Fig. 6)

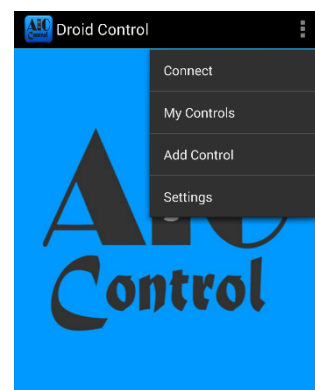


Fig.6 - Tela preliminar do aplicativo, mostrando a opção de menu.

O botão de menu é composto por quatro opções, ou seja, quatro diferentes telas, a primeira opção do botão de menu é a connect.

A tela connect é composta apenas pela opção “procurar”, está procurando os dispositivos com Bluetooth ligado e pareará com o respectivo dispositivo, ou seja, irá parear o Bluetooth do hardware com o Bluetooth do dispositivo móvel, caso necessário. Como mostra na Fig. 7.



Fig.7 – Tela connect ou tela de conexão

A segunda tela mostrada no botão de menu é a de my controls ou meus controles. Nesta tela fica a opção de ver os controles já cadastrados, podendo ser visto através da escolha do dispositivo (Fig. 8), e da marca cadastrada pode-se ver na Fig. 9.

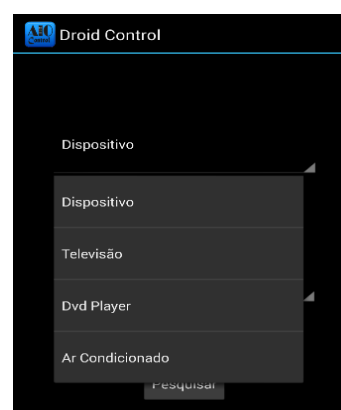


Fig. 8 - Tela de my controls ou meus controles, esta tela está mostrando as opções de dispositivos.

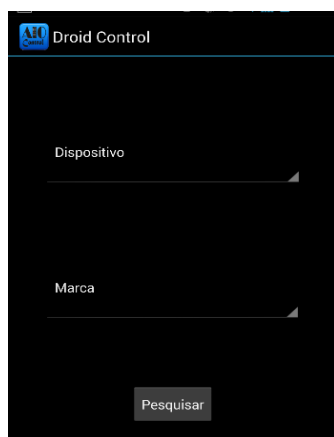


Fig. 9 - Tela de my controls ou meus controles.

A terceira tela mostrada no botão de menu é a add control. Está é a tela que salvará o código dos controles no banco de dados.

A tela adicionar controles é dividida em duas telas, na primeira pode-se observar que é mostrada uma opção na qual o usuário pode selecionar qual o tipo de dispositivo vai ser cadastrado (Fig.10), a marca e modelo do respectivo aparelho (Fig.11).

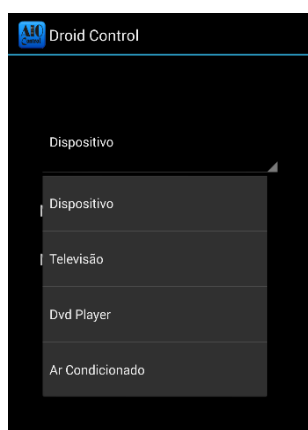


Fig. 10 – Tela adicionar controles mostra a opção de qual tipo de controle será cadastrado.

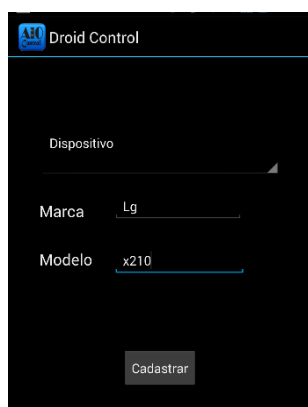


Fig. 11 – Tela adicionar controles mostra um exemplo de cadastro.

Ao cadastrar os campos vistos acima, o aplicativo irá automaticamente redirecionar a outra tela. Está segunda tela

fará a conexão com o banco de dados. Nela terá os botões do controle universal, e o usuário terá que cadastrar botão por botão na mesma. Quando terminar de cadastrar cada botão do determinado controle, será necessário apenas confirmar o cadastro apertando cadastrar no início da tela (Fig. 12 e Fig. 13).



Fig. 12 - Tela adicionar controles, botões do controle no aplicativo, parte superior.

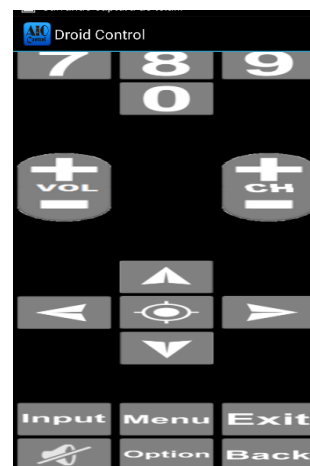


Fig. 12 - Tela adicionar controles, botões do controle no aplicativo, parte inferior.

A última opção do botão de menu é a tela de configuração/settings. Nesta tela é possível limpar o banco de dados como é visto na Fig.13.

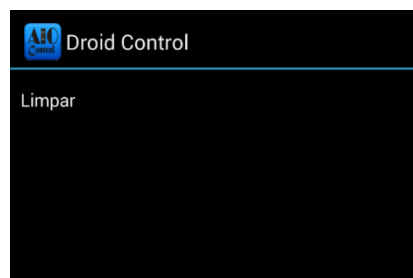


Fig. 13 – Tela de configuração

V. RESULTADOS OBTIDOS

Durante a fase de teste, foram verificadas ações gerais e específicas para cada eletrodoméstico. Estas sendo ligar e desligar os aparelhos; aumentar e reduzir volumes, usar opção mudo, entrar nas configurações, trocar canais em TVs; aumentar e diminuir temperatura, ajustar palheta e modificar a velocidade do fan do ar condicionado.

Desta forma constatou-se que o funcionamento nas televisões LG, Samsung, Sony e Philco, no dvd Samsung e no ar condicionado Carrier e em todos os testes ele mostrou o comportamento desejado.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que através dessa nova tecnologia será fácil unificar todos os controles remotos em apenas um dispositivo móvel, diminuindo assim a necessidade de produção de vários controles remotos, e diminuindo futuros lixo eletrônico no meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- [1] TUDO SOBRE ANDROID. Tech Tudo. Disponível em: <http://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/android.html>
- [2] ARDUINO TUTORIAL. Tutorial do Arduino serial. Disponível em: <http://arduinoportal.blogspot.com.br/>
- [3] T. J. Thompson, C. B. Kumar e P. J. Kline, *Bluetooth Application Programming with the Java API*, Timothy J. Thompson, C. Bala Kumar, Paul J. Kline. – Essentials Ed. Morgan Kaufmann Editora, 2008.
- [4] ANDROID + ARDUINO. Comunicação de Dados Via Bluetooth. Disponível em: <http://www.androidarduino.com.br/blog/?p=112>
- [5] ANDROID + ARDUINO. Comunicação de Dados Via Bluetooth. Disponível em: <http://www.androidarduino.com.br/blog/wp-content/uploads/2012/01/post2fig4.jpg>
- [6] F. Jobstraibizer, *Desvendando as redes sem fio*, Flávia Jobstraibizer. – São Paulo: Digerati Books, 2010.
- [7] HOWSTUFFWORKS COMO TUDO FUNCIONA. Como funcionam os controles remotos. Disponível em: <http://eletronicos.hsw.uol.com.br/controle-remoto2.htm>
- [8] HOWSTUFFWORKS COMO TUDO FUNCIONA. Como funcionam os controles remotos. Disponível em: <http://static.hsw.com.br/gif/remote-control-7.jpg>
- [9] MINHA CASA MINHA CARA. Disponível em: <http://www.minhacasaminhacara.com.br/wp-content/uploads/2010/08/imagen-18.jpg>
- [10] WEBTRONICO. Como configurar o Módulo Bluetooth BTM5 com Arduino Disponível em: <http://blog.webtronico.com/?p=727>
- [11] R. R. Lecheta, *Google android: aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com o Android SDK*, Ricardo R. Lecheta. – 2. Ed. rev. E ampl. – São Paulo: Novatec Editora, 2010.
- [12] C. S. R. Prabhu, A. P. Reddi, *Bluetooth Technology: And Its Applications With Java And J2m*, C. S. R. Prabhu, A. Prathap Reddi. PHI Learning Pvt. Ltd., 2004
- [13]] S. M. Rezende. *Materiais e Dispositivos Eletrônicos*, Sergio M. Rezende – 2 ed. – São Paulo: Editora Livraria de Física, 2004.

Técnica de Inteligência Artificial Aplicada a Sistemas Fidelbus para Otimização dos Processos Industriais

Alexandre Baratella Lugli

Instituto Nacional de Telecomunicações - INATEL
baratella@inatel.br

Cleide Aparecida Ribeiro do Prado

Instituto Nacional de Telecomunicações - INATEL
cleide@gee.inatel.br

Resumo- O protocolo TCP/IP é um dos mais disseminados entre sistemas de comunicações para computadores. Anos atrás, a indústria decidiu utilizar este padrão em sistemas industriais, o que provocou a origem da Ethernet industrial. Hoje em dia, há dezenas de tipos distintos de redes seguindo este padrão. A proposta deste trabalho é apresentar um método de comunicação sem a utilização do controlador mestre da rede. Além disso, este trabalho propõe uma implementação utilizando a técnica de Inteligência Artificial, chamada Lógica Fuzzy, implementada por uma ferramenta computacional interativa ao usuário. O objetivo da técnica de inteligência artificial é minimizar o atraso temporal causado pelo switch industrial na rede Ethernet, através da determinação de uma lógica de fuzzificação e defuzzificação (processo de inferência) implementada pelo algoritmo proposto, aumentando a eficiência temporal do sistema e reduzindo os atrasos de comunicação.

Palavras-Chaves — Ethernet industrial, otimização, simulação, técnicas de Inteligência Artificial.

I. INTRODUÇÃO

O padrão TCP/IP surgiu no meio industrial há cerca de alguns anos. Porém, somente nos últimos anos é que se tornou comercialmente utilizado em ambientes industriais.^{[1] [2]} A grande utilidade deve-se à necessidade de interligar todos os níveis da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain*) envolvendo um único e exclusivo padrão de rede, o TCP/IP.^[3] Porém, na arquitetura tradicional isso não é possível devido aos diferentes tipos de padrões de protocolos existentes no mercado.^[4]

Com o passar dos anos, o nível administrativo começaram a possuir o padrão TCP/IP, porém o nível de chão de fábrica possuía outros protocolos denominados *Fieldbuses*.^[3] Esses protocolos de chão de fábrica foram se difundindo, devido ao custo benefício de se ter uma rede industrial se comparado ao sistema tradicional.^[4] Hoje, há vários protocolos no mercado, os principais são: *Profibus*, *Devicenet*, *CAN*, *Fieldbus Foundation*, *Modbus*, *AS-i*, *Sercos*, entre outros.^[4]

Surgiu, então, a idéia de uniformizar o chão de fábrica. Nesse instante, nasceu a Ethernet industrial. Atualmente existem dezenas de tipos de redes Ethernet industriais como: *PROFINET*, *Ethernet/IP*, *HSE (High Speed Ethernet)*, *Modbus/TCP*, *EPA*, *EPL*, *EtherCAT*, *IEC 61850*, *JetSync*, *P-Net*, *Sercos III*, *SynqNet*, *TCnet* e *Vnet/IP*.^{[1] [5]}

A rede Ethernet utiliza o protocolo de gerenciamento de tráfego tipo CSMA/CD (*Carrier Sense with Multiple Access and Collision Detect*), com o objetivo de evitar colisões de informações trafegadas na rede entre duas ou mais estações ativas. Essa técnica consiste na detecção de colisão no meio de transmissão, ou seja, quando mais de uma estação deseja, ao mesmo tempo, transmitir dados no barramento.^[6] Neste caso, apenas uma delas conseguirá transmiti-los, sendo que a outra terá que esperar um tempo aleatório gerado pelo controlador da rede até tentar outra transmissão. Caso não consiga, o dispositivo esperará mais uma vez e assim sucessivamente. Nota-se que não há certeza de que a informação será transmitida num tempo determinado (o que é essencial para o ambiente industrial). Não se pode esperar um longo tempo para a informação crítica ser transmitida.^[7]

Logo, para a aplicação no meio industrial é necessário transformar a suíte de protocolos TCP/IP comum (não determinística), em determinística. Para isso, utiliza-se um *switch* especial, com portas independentes entre si e com capacidade de programar prioridades e tempos de espera das mensagens. Deste modo, o *switch* determina o tempo de varredura para cada porta.^[8]

Este trabalho propõe uma arquitetura com controle distribuído, para gerenciar os elementos de campo. O objetivo é utilizar a técnica de inteligência artificial para minimizar o atraso temporal causado pelo *switch* industrial na rede Ethernet. Propondo um algoritmo que permita rotear as mensagens por prioridades de execução, tempo total de execução e menor endereço de ordenação das portas do *switch*. Desta forma, o *switch* tem conhecimento prévio da prioridade, tempo de execução e porta que se encontra cada módulo.

Para isso utiliza-se o processo de *fuzzificação*, ou seja, definem-se os parâmetros de entrada (prioridade, tempo total de execução e porta) e transforma-se para linguagem apropriada. Logo em seguida passa-se para o processo de inferência (base de regras) ou base de regras/processamento, e por fim realiza-se a *defuzzificação* para interpretar os valores *Fuzzy* que são convertidos em números reais, tendo assim um conjunto de saída matematicamente definido e possibilitando decidir por qual caminho deve-se transmitir as mensagens para

reduzir os atrasos de comunicação entre os *switches* do barramento.

II. LÓGICA FUZZY

Considerando os problemas reais que acontecem nas indústrias, no comércio ou mesmo no dia a dia das pessoas, fica clara a ausência de certezas absolutas quanto a alguns aspectos. Este princípio auxiliou no desenvolvimento da Lógica *Fuzzy*, onde sua forma de raciocinar é muito semelhante ao modelo de raciocínio humano.^[9]

O sistema lógico apresentado pela Lógica *Fuzzy* quando aplicado vai além do raciocínio booleano, que não admite valores lógicos intermediários entre o FALSO (0) e o VERDADEIRO (1); por exemplo, o valor médio “TALVEZ” (0,5). Isto significa que um valor lógico difuso é um valor qualquer no intervalo de valores entre 0 e 1.^[10]

O que diferencia a Lógica *Fuzzy* da lógica booleana é a capacidade desta de se aproximar do mundo real onde não existem somente respostas extremas. A Lógica *Fuzzy* fornece espaço ao meio termo apresentando ainda a possibilidade de mensurar o grau de aproximação da solução exata e assim inferir algo que seja necessário.^[11]

Quando um determinado problema apresenta um grande grau de incerteza é necessário que para solução deste se utilize um modelo matemático que contemple essa especificidade e não despreze aspectos que possam ser ignorados na aplicação de lógicas tradicionais. Para esses casos a Lógica *Fuzzy* é amplamente recomendada, pois apresenta um modelo capaz de combinar a imprecisão associada aos eventos naturais e o poder computacional das máquinas produzindo assim sistemas de respostas inteligentes.^[9]

Um dos grandes objetivos inerentes à Lógica *Fuzzy* é se aproximar em sua lógica, da forma com que o raciocínio humano relaciona as informações buscando respostas aproximadas aos problemas, por isso o grande foco desta lógica é a solução de problemas cujas informações recentes sejam incertas.

A. Estrutura do Sistema Lógico Fuzzy

Na figura 1 é apresentada a representação de um sistema difuso com seus principais componentes.

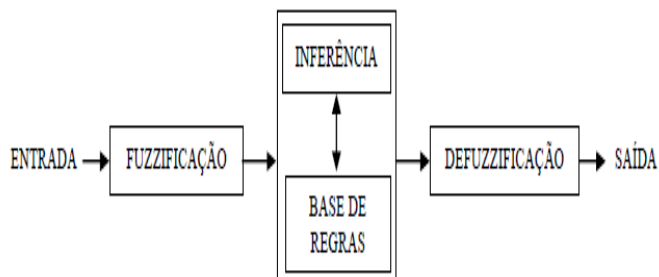


Fig. 1 – Componentes de um sistema baseado em Lógica *Fuzzy*.^[12]

A.1. Fuzzificação

Nesta primeira etapa do Sistema Lógico *Fuzzy* o problema é analisado e os dados de entrada são transformados em

variáveis linguísticas. Neste momento é de extrema importância que todos os dados de imprecisão e incerteza sejam considerados e transformados em variáveis linguísticas. Após esta transformação são determinadas também as funções de pertinência. Para melhor exemplificar essa etapa do sistema Lógico *Fuzzy* será apresentado o exemplo dos copos cheios e vazios. Considera-se a figura 2 como ponto de partida para esta reflexão.

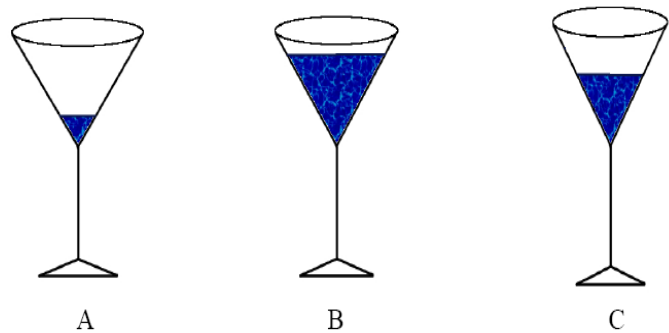


Fig. 2 – Visualização dos copos.^[9]

Observando a figura 2 podem-se fazer as seguintes afirmações:

- O copo A está Muito Vazio;
- O Copo B está Muito Cheio;
- O Copo C está razoavelmente cheio;

Considerando o volume dos copos, a figura 3 apresenta as funções pertinência considerando as variáveis linguísticas Muito Vazio, Muito Cheio e Razoavelmente Cheio.

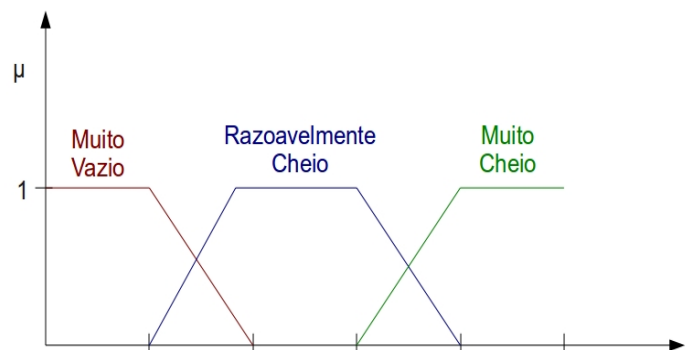


Fig. 3 – Funções de Pertinência.^[9]

Neste exemplo, a variável linguística está sendo representada com palavras, mas esta atribuição de graus poderia também ser feita através de valores numéricos.

A.2. Interferência

Considerando que na etapa anterior os dados de entrada já foram transformados em variáveis linguísticas, nesta segunda etapa é o momento em que serão criadas as regras ou proposições através da associação das variáveis já criadas.

As proposições são geradas do relacionamento entre as variáveis do modelo e a região *Fuzzy*. Essas regras resultantes das associações podem ser condicionais ou não condicionais. Esta fase do sistema Lógico *Fuzzy* pode ser dividida em dois componentes: agregação e composição, conforme ilustra a figura 4.^[11]

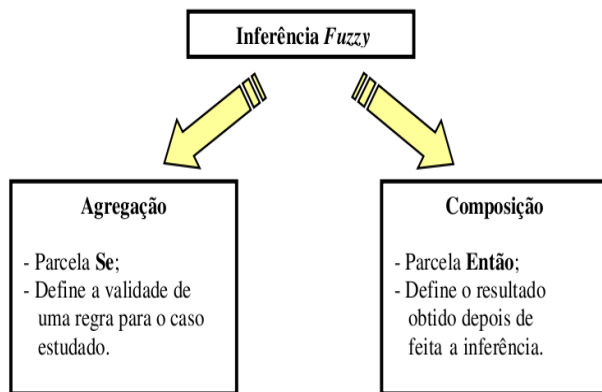


Fig. 4 – Inferência *Fuzzy*.^[11]

Enquanto a agregação define a validade de uma regra, a composição define o resultado obtido através de uma inferência. Considerando a realidade do gerenciamento de projeto, onde existem duas afirmações:

- O projeto A é muito longo;
- O risco do projeto é Alto;

Sabe-se através da experiência do especialista em projetos que quanto maior a duração do projeto, maior o risco. Imaginando que neste exemplo Duração do Projeto e Risco do Projeto são duas variáveis linguísticas com valores “Muito Longo” e “Alto” respectivamente, pode-se inferir que:

Se o projeto é MUITO LONGO Então o Risco do Projeto é ALTO.

Neste caso, está sendo apresentado a “Agregação” através da condição colocada e a “Composição” através do resultado relacionado à condição.

A.3. Defuzzificação

A *defuzzificação* é a etapa em que os valores *Fuzzy* são convertidos em números reais tendo assim um conjunto de saída matematicamente definido. Utilizando-se do exemplo abaixo, considere os conjuntos *Fuzzy* A, B e C produzindo uma variável de solução D.^[11]

- Se w é Y então D é A
- Se x é X então O é B
- Se y é Z então D é C

Para encontrar o valor atual e real correspondente a d é necessário que se encontre um valor que melhor represente a informação constante no conjunto D. Este é o processo chamado de *defuzzificação*, conforme apresentado na figura 5.

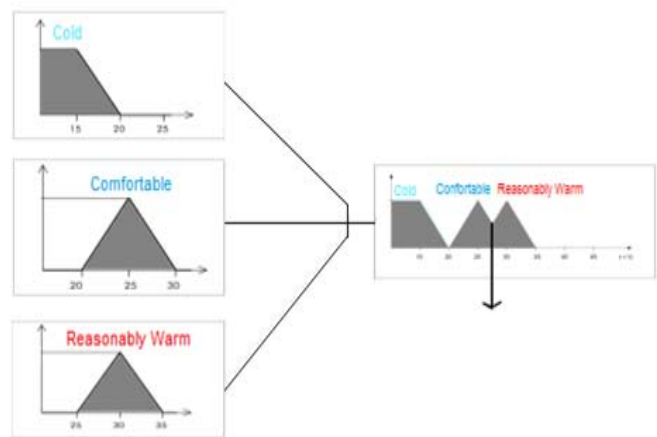


Fig.5. Processo de *defuzzificação*.^[11]

Existem algumas diferentes técnicas de *defuzzificação* presentes nas literaturas sendo que ao se referir a esta etapa e aos diferentes métodos afirma que este é mais próximo da própria heurística do que dos algoritmos baseados nos “Primeiros Princípios”. Alguns dos métodos citados são:^[11]

- **Centroid** é o método onde a saída precisa a ser considerada é o centro de gravidade do conjunto *Fuzzy*.
- **Maximum height** é o método onde a saída precisa se obter tomando a média entre os dois elementos extremos no universo de discurso que correspondem aos maiores valores da função de pertinência do conjunto *Fuzzy* de saída.

III. ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DE LÓGICA FUZZY PARA DETERMINAR O MELHOR CAMINHO DE ROTEAMENTO DA MENSAGEM

Neste estudo de caso, são demonstrados três parâmetros que podem ser gerenciados pela técnica apresentada anteriormente. Segue abaixo a definição dos parâmetros que são analisados no estudo de caso:

- **Prioridade:** estabelece uma relação de precedência ou ordem de execução das mensagens a serem trafegadas na rede, ou seja, define qual é a ordem da mensagem que deve ser transmitida;
- **Tempo:** define o tempo necessário para a transmissão das informações no barramento de comunicação compartilhado. Nesse parâmetro são considerados todos os demais tempos necessários para que a mensagem seja transmitida com sucesso, como por exemplo: tempo de liberação, execução, transmissão, finalização, entre outros.

Na comunicação entre os *switches* há dois tipos de mensagens sendo transmitidas, mensagens cíclicas e acíclicas. Pode-se citar como exemplo de mensagem cíclica a leitura de sensores e atualização dos estados dos atuadores, e, para mensagem do tipo acíclica, pode-se ter como exemplo à parametrização de um módulo de campo ou análise de possíveis falhas na rede. Estas mensagens devem ser iniciadas e finalizadas num mesmo tempo de execução, para garantia do

determinismo e para a realização factível da comunicação da rede Ethernet industrial proposta.

Para efetuar o estudo de caso é utilizado o processo de *fuzzificação* (entrada de dados), inferência (processamento das informações) e *defuzzificação* (saída de dados). Para realização do estudo de caso foi implementado um programa em linguagem C, conforme as figuras 6, 7 e 8 ilustram abaixo.

Primeiramente, é mostrado um menu de informações com as opções disponíveis como mostrado na figura 6. Logo em seguida escolhemos a opção numero 1- entrada de dados, ou seja, o processo de *fuzzificação*, cujas as informações são fornecidas pelo usuário.

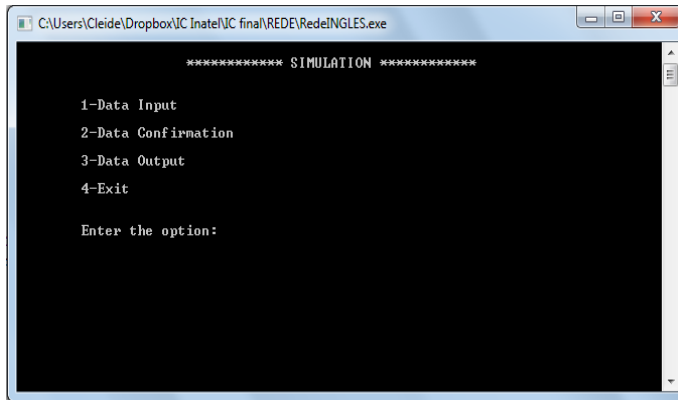


Fig. 6 – Menu de informações.

A quantidade de *switch* é determinada de acordo com a necessidade do projeto, bem como a quantidade de módulos e a porta que deseja conectar cada módulo. Apenas a prioridade foi pré-determinada, sendo que o usuário dispõe de apenas de três graduações de prioridades de transmissão; prioridade 1, 2 ou 3. O tempo de processamento de cada mensagem também é uma informação fornecida pelo usuário, conforme ilustra a figura 7.a e 7.b.

Na etapa de inferência (processamento) as informações serão ordenadas de acordo com os seguintes critérios:

- 1º critério: maior prioridade;
- 2º critério: tempo de execução da mensagem;
- 3º critério: menor número na sequência de ordenação das portas.

Primeiramente, a aplicação computacional deve ordenar as mensagens de acordo com sua prioridade de execução. O que possuir maior prioridade (1) deve ser transmitido primeiro e assim sucessivamente.

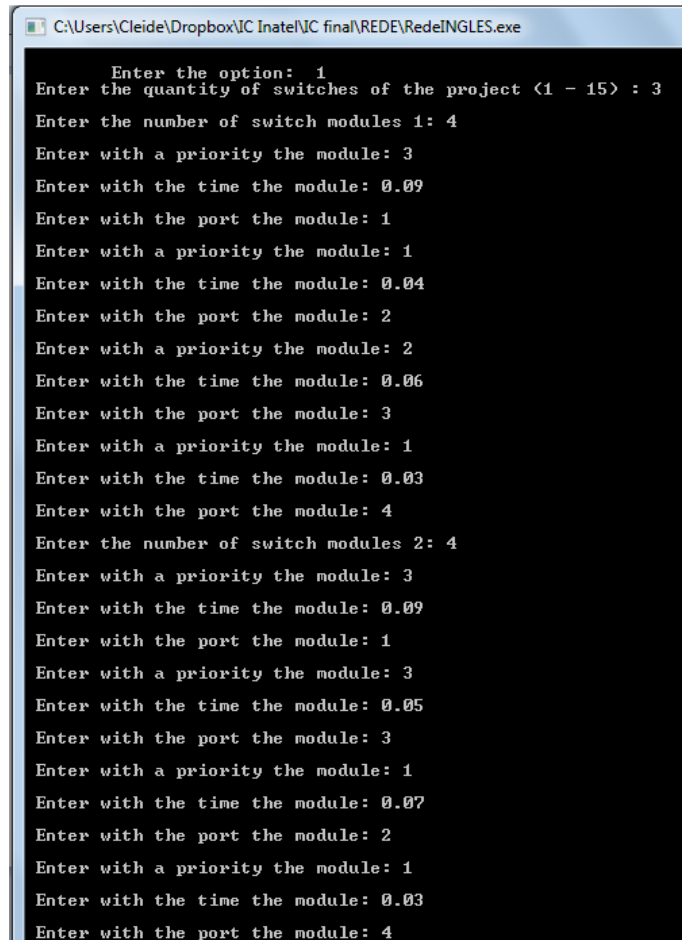


Fig. 7.a – Entrada de informações.

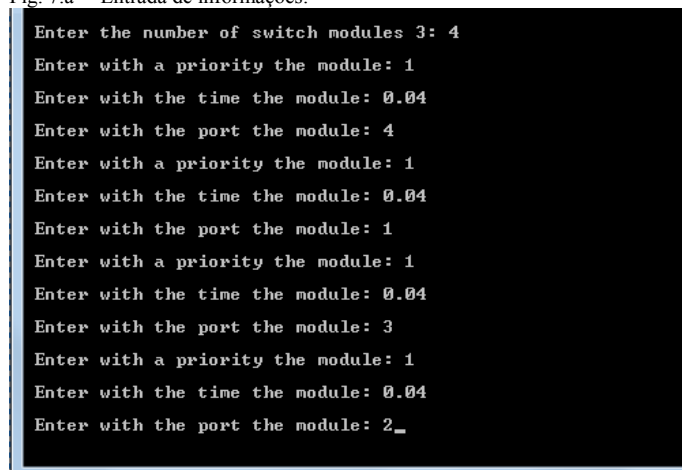


Fig. 7.b – Entrada de informações.

A confirmação das informações do sistema é ilustrada na figura 8.

Se existirem prioridades iguais a aplicação computacional utiliza o segundo critério, que é a análise do tempo execução das mensagens. Segundo este critério, a mensagem com o menor tempo de execução é transmitida primeiro.

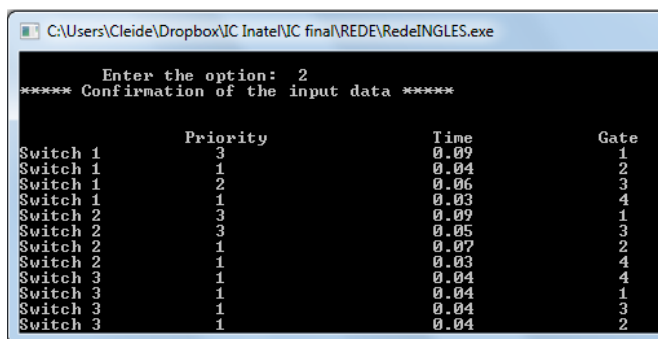


Fig. 8 – Confirmação da entrada de informações.

O resultado do processamento final esta apresentado na figura 8. Nesse exemplo, a porta 4 do *switch* 1 será a primeira mensagem a ser trafegada no barramento, devido às condições impostas acima e ao processamento da lógica *Fuzzy*. Observa-se que as prioridades iguais em *switches* iguais consideram-se o menor tempo de execução das mensagens para a definição da rota de tráfego pela rede Ethernet industrial.

Na figura a seguir são mostradas os resultados finais, demonstrando quais foram resultados encontrados e através deste otimizar os processos.

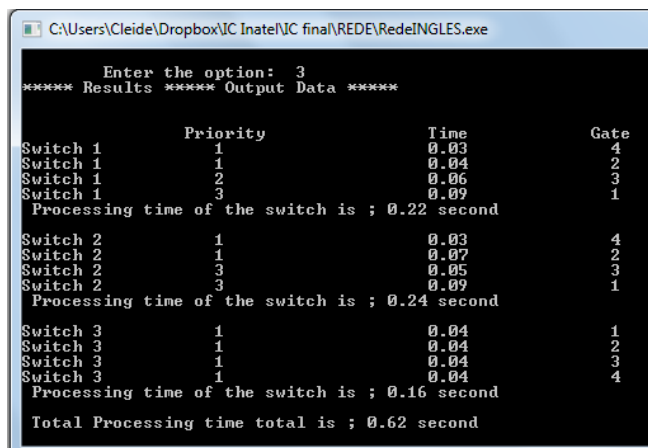


Fig. 9 – Resultados da ordenação.

IV. CONCLUSÃO

O trabalho proposto apresentou um método para otimização dos atrasos temporais causados pela utilização de um *switch* industrial na rede Ethernet. Para isso foi desenvolvido um algoritmo utilizando uma das técnicas de Inteligência Artificial, chamada Lógica *Fuzzy*, para a realização da priorização das mensagens dos módulos de campo conectados em cada *switch*, aplicado às redes Ethernet industrial. Através da aplicação da Lógica *Fuzzy* será possível verificar qual o melhor caminho para rotear as mensagens no barramento. Foi realizada, também, um estudo de caso para verificação dos resultados, considerando que é possível visualizar e manipular as conexões dos módulos de campo para melhor eficiência temporal do sistema e redução dos atrasos de comunicação.

O trabalho apresenta, ainda, um conceito para otimização do tráfego de informação nos *switches* de comunicação, utilizando uma busca randômica e Inteligência Artificial pela técnica de Lógica *Fuzzy*, realizando a busca pela melhor

distribuição da comunicação temporal dos módulos de campo nos *switches* do barramento.

Concluiu-se que os parâmetros monitorados poderão contribuir de maneira significativa para que os objetivos da planta instalada sejam alcançados de maneira eficaz e sustentável no ambiente industrial, a fim de minimizar os custos com conexões longas de cabos e otimizar os atrasos temporais causados pela conexão dos módulos de campo em múltiplos *switches*.

REFERÊNCIAS

- [1] FELSER, M., SAUTER, T. The Fieldbus War: History or Short Break Between Battles. IEEE Article, 4th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, Vasteras, Sweden, August 28-30, 2002, 73-80p.
- [2] FELSER, M., SAUTER, T. Standardization of Industrial Ethernet – the Next Battlefield? IEEE Article, 6th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, Vasteras, Sweden, 2004, 413-421p.
- [3] BROOKS, P. Ethernet/IP – Industrial Protocol. IEEE Article, Rockwell Automation's European Market Manager, Belgium, 2001, 505-514p.
- [4] Site da Internet: Siemens AG Internacional. Curso Web de Profinet, visitado em 04/2013. www.sitrain.com/modules/profinet_en/times/index_1024.htm
- [5] LARSSON, L. "Fourteen Industrial Ethernet solutions under the spotlight." The Industrial Ethernet Books, Issue 28, September 2005.
- [6] COMER, D. E. Internetworking with TCP/IP – Vol. I – Principles, Protocols and Architecture. 4th ed., Prentice-Hall Editor, USA, 2000, 750p.
- [7] THOMESSE, J. P. Fieldbus Technology in Industrial Automation. France, Proceedings of IEEE, Vol. 93, Issue 6, 1073-1101p., 2005.
- [8] POPP, M. and WEBBER, C. The Rapid Way to PROFINET. Book, PROFIBUS Organization, order 4182, 2004, 244p.
- [9] AGUADO, A. G., CANTANHEDE, M. A. Lógica Fuzzy. Congresso UNICAMP, Limeira, 2010, 12p.
- [10] Site da Internet: Lógica Fuzzy, Wikipédia. Acessado em abril 2013. <http://pt.wikipedia.org/wiki/L%C3%B3gica_difusa>
- [11] COX, E. The fuzzy systems handbook: a practitioner's guide to building, using, and maintaining fuzzy systems. New York: AP Professional, 1994.
- [12] PINHO, F. A. Uma contribuição para a resolução de problemas de programação de operações em sistemas de produção intermitentes flow-shop: A consideração de incertezas. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 1999.

BIOGRAFIA DOS AUTORES

Alexandre Baratella Lugli: nasceu em Bragança Paulista, SP em 8 de agosto de 1981, é formado em técnico de eletrônica pela ETE-FMC (1999), engenheiro eletricitista pelo INATEL (2004), Mestre em Automação e Controle Industrial pela UNIFEI (2007) e Doutor em Automação e Controle Industrial pela UNIFEI (2013).
Endereço: Av. João de Camargo, 510 – Bairro INATEL – Santa Rita do Sapucaí/MG.
Telefone: (35) 3471-9262 – ramal 262
Email: baratella@inatel.br

Cleide Aparecida Ribeiro do Prado: nasceu em Mogi das Cruzes, SP em 25 de maio de 1987, é formado em técnico de eletrônica pelo Centro de Educação Profissional "Tancredo Neves" – CEP (2006) – Brasópolis – MG. Atualmente cursa o 9º período do curso de Engenharia de Elétrica, no Instituto Nacional de Telecomunicações – INATEL.
Endereço: Omar Franqueira, 62- Inatel- Santa Rita do Sapucaí-MG
Telefone: (35) 9149-5586
Email: cleide@gce.inatel.br

Controle de um sistema integrado de automação utilizando rede PROFIBUS e sistema supervisório

Fabício Ribeiro Silva

João Paulo Henriques

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
fabricioribeiro@tai.inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
joao.paulo@gmail.com

Resumo — Este artigo apresenta uma solução para implementação de um sistema de controle integrado de automação, através da interligação de equipamentos em rede. Busca-se apresentar os equipamentos básicos, forma de configuração para utilização em rede, desenvolvimento de um sistema supervisório de controle e requisitos necessários para estabelecer troca de informações entre equipamentos com diferentes linguagens. Os protocolos OPC e PROFIBUS padronizam as linguagens dos equipamentos, possibilitando a comunicação e integração destes em um processo.

O objetivo é realizar o controle geral de um processo industrial através de um único ponto, de forma a proporcionar melhor disposição física de equipamentos, permitir o diagnóstico e parametrização de equipamentos de campo, integração de equipamentos de diferentes fabricantes e redução de custos com fiação, instalação e projetos.

Palavras chave — Controle integrado, Processo de Automação, Protocolo OPC, Protocolo PROFIBUS, Sistema Supervisório.

I. INTRODUÇÃO

A automação envolve a implantação de sistemas interligados e assistidos por redes de comunicação, compreendendo sistemas supervisórios e interfaces homem-máquina com objetivo de auxiliar os operadores no acompanhamento e análise de problemas que podem vir a ocorrer.^[1]

Em um sistema de controle e automação encontram-se diferentes equipamentos e tecnologias, não havendo um fabricante único destes, e sim diversos fabricantes que possuem conhecimentos em determinados setores tecnológicos. Dessa forma, para desenvolver um sistema de automação, muitas vezes o cliente torna-se dependente da utilização de equipamentos de um mesmo fabricante.^[2]

Devido a isso, as redes industriais estão se destacando de forma crescente, pois através de protocolos padronizados, equipamentos de diferentes fabricantes podem interagir, trazendo flexibilidade e facilidade de implantação para um processo de automação, além de uma redução de custo em comparação a sistemas centralizados.^[2]

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma solução de implementação de um sistema de controle integrado de automação. Através de um sistema supervisório serão realizados o controle e o monitoramento do processo, sendo este representado pelos inversores de frequência conectados via barramento de rede.

O desenvolvimento foi dividido em duas partes, sendo a primeira o estabelecimento da comunicação entre a máquina em que se encontra o sistema supervisório e o CLP (Controlador Lógico Programável), que será possível devido a utilização do protocolo OPC (*OLE for Process Control*, sendo o significado da sigla *OLE Object Linking Embedding*), garantindo que a linguagem de comunicação de ambos seja convertida em uma única linguagem de entendimento mútuo. A segunda parte consiste no desenvolvimento da lógica de controle e da conexão dos inversores através de um barramento de rede PROFIBUS, permitindo a comunicação entre CLP e inversores em uma linguagem padronizada.

II. CONCEITOS GERAIS

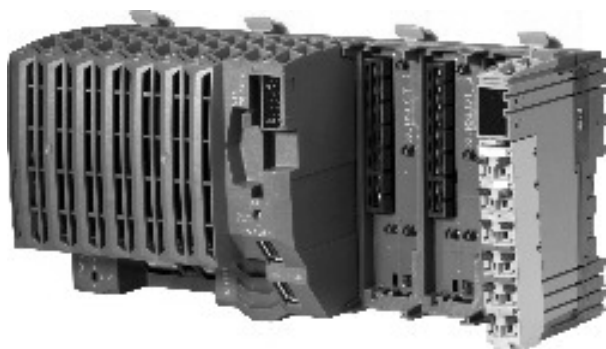
A. CLP

O controlador lógico programável é um dispositivo concebido para o ambiente industrial, sendo altamente versátil no modo de programação. Utiliza uma memória programável na qual armazena instruções e funções específicas como relações lógicas, matemáticas, números inteiros e binários, ponto flutuante (reais), operações trigonométricas, aritméticas, transporte, armazenamento de dados, comparação, temporização, contagem e sequenciamento.^{[1],[3]}

Os CLPs caracterizam-se pela sua robustez adequada aos ambientes industriais, programação por meio de computadores pessoais, linguagens amigáveis para o projetista de automação de eventos discretos, permitirem tanto o controle lógico quanto o controle dinâmico (P+I+D) e incluem modelos capazes de conexões com grandes redes de dados.^[1]

Sua arquitetura básica é constituída de fonte de alimentação; unidade central de processamento; memórias dos tipos fixo e volátil; dispositivos de entrada e saída e terminal de programação.^[1]

A figura 1 apresenta uma ilustração de CLP.

Figura 1 - Figura ilustrativa de CLP.^[4]

B. Inversor de frequência

O inversor de frequência é um dos principais dispositivos da automação industrial, e sua evolução tem auxiliado bastante na otimização dos processos fabris. Sua função é controlar a velocidade e o torque do motor de corrente alternada, segundo um comando eletrônico. É muito utilizado em diversas áreas como em elevadores, bombas e tração mecânica.^[3]

A figura 2 mostra um inversor de frequência.

Figura 2 - Inversor de frequência.^[5]

Devido a suas características e aplicações diversas torna-se necessário adaptar o funcionamento para atingir o desempenho desejado, através de sua parametrização. Seus parâmetros, de forma geral, são valores de leitura ou escrita, através dos quais o usuário pode realizar leitura ou programação dos valores para que seja exibido, sintonizado ou ajustado o comportamento do inversor e do motor em sua respectiva aplicação.^[3]

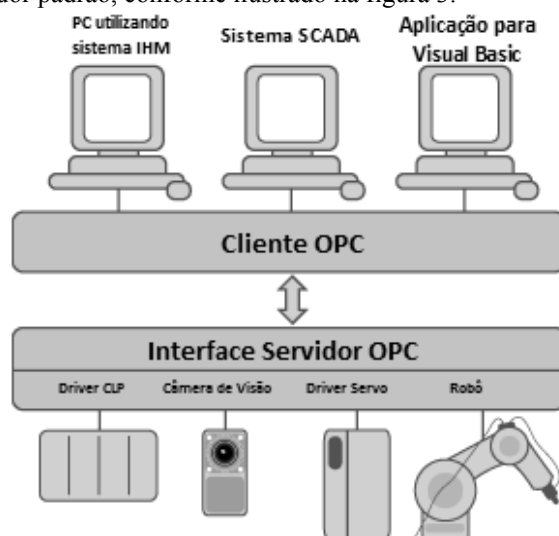
Quase todos os inversores disponíveis no mercado possuem variáveis e parâmetros programáveis similares. Normalmente se dividem em variáveis de leitura, para visualização dos diversos valores programados, variáveis de regulação, para ajuste dos valores das funções do inversor, variáveis de configuração, definindo as características, funções executadas e funções de entrada e saída, parâmetros do motor, definem

tensão, corrente, rotação e frequência do motor e parâmetros das funções especiais, relacionados com ciclo automático, regulador PID e regulador de velocidade.^[3]

C. Protocolo OPC

O protocolo OPC foi desenvolvido em 1995 por um grupo de empresas que tinham o objetivo de criar um padrão de acesso a dados baseado nas tecnologias OLE e DCOM (*Distributed Component Object Model*) dentro do sistema Windows. O OPC estabelece regras para desenvolvimento de sistemas para interfaces padrões de comunicação dos dispositivos de campo, como CLPs e sensores, com sistemas de monitoração como SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), MES (*Manufacturing Execution Systems*) e ERP (*Enterprise Resource Planning*).^[6]

Como o OPC é um padrão aberto ele auxilia os sistemas contra as dificuldades de comunicação, criando uma camada única e padronizada, permitindo fácil integração de diversos sistemas. Seu funcionamento é baseado na arquitetura cliente-servidor padrão, conforme ilustrado na figura 3.^[7]

Figura 3 - Arquitetura Cliente-Servidor OPC.^[8]

Torna-se interessante utilizar o OPC devido a possibilidade de uma aplicação, atuando como cliente, solicitar dados a um ou mais servidores OPC, sendo o inverso também possível. Portanto, fica evidente que o OPC possibilita uma variedade enorme de comunicações, sendo preciso apenas que os aplicativos sejam compatíveis com o protocolo OPC. É importante ressaltar que o servidor OPC não elimina o protocolo proprietário do CLP ou do equipamento de campo, e sim, converte o protocolo proprietário para o padrão OPC. Portanto é necessário o desenvolvimento de um servidor OPC específico para cada um dos diferentes protocolos de comunicação existentes.^[7]

A arquitetura do padrão OPC contém dois tipos de interfaces: a interface *OPC Custom* e a *OPC Automation*. Interfaces *OPC Custom* são projetadas para serem utilizadas com linguagens de programação que empregam ponteiros, como C/C++, enquanto que, para linguagens mais simples,

como *Visual Basic*, *Delphi* e *VBA (Visual Basic for Applications)*, devem ser utilizadas as interfaces *OPC Automation*. Nestas últimas, existe um componente a mais no servidor OPC, chamado *Automation Wrapper*, que encapsula e gerencia as chamadas entre as linguagens sem ponteiros e a interface *OPC Custom*.^[7]

D. PROFIBUS

O PROFIBUS (*PROcess FIeldBUS*) é um protocolo de sistema aberto e padronizado para a comunicação de equipamentos em rede industrial. Com ele, dispositivos de diferentes fabricantes podem se comunicar sem a necessidade de adaptação na interface. O PROFIBUS especifica as características técnicas e funcionais de um sistema de comunicação industrial.^[9]

O grande avanço da comunicação industrial na tecnologia da automação revelou um enorme potencial na otimização de sistemas de processo e tem feito uma importante contribuição na direção da melhoria no uso de recursos. Basicamente, o PROFIBUS é utilizado como um elo central no fluxo de informações na automação.^[10]

A transmissão de informações do processo é efetuada ciclicamente, enquanto alarmes, parâmetros e diagnósticos são transmitidos, de maneira acíclica, somente quando necessário.^[10]

O PROFIBUS DP (*Decentralized Peripherals*) é o perfil mais utilizado e oferece uma solução de alta velocidade e baixo custo em PROFIBUS. Seu desenvolvimento foi otimizado especialmente para comunicações entre os sistemas de automação e equipamentos descentralizados, voltado para sistemas de controle, nos quais se destaca o acesso aos dispositivos de I/O distribuídos. Ele pode ser utilizado para substituir sistemas centralizados com CLPs em automação de manufatura, assim como para transmissão de sinais de 4 a 20 mA para automação de processos analógicos porém, há algumas limitações relativas a configurações e parametrizações que são atendidas somente na versão PA. O PROFIBUS DP utiliza o RS-485 como meio físico, ou a fibra ótica, em ambientes com susceptibilidade a ruídos ou que necessitem de cobertura a grandes distâncias. Requer menos de 2 ms para a transmissão de 1 kbyte de entrada e saída e é amplamente utilizado em controles com tempo crítico.^{[9],[11]}

A rede PROFIBUS DP permite a conexão de até 32 dispositivos por segmento, sendo permitidos até, no máximo, quatro segmentos, interligados através da utilização de repetidores. O número máximo de estações DP deve ser 122 e o comprimento máximo é de 1.2 km utilizando interface RS-485, podendo ser estendida com repetidores até 15 km utilizando fibra ótica. Deve-se adicionar um terminador ativo no começo e fim de cada segmento e ambos os terminadores devem ser alimentados.^{[9],[12]}

Atualmente, a velocidade máxima da rede PROFIBUS DP é 12 Mbps, sendo a velocidade padrão de 1.5 Mbps. A velocidade da rede é única, sendo determinada pelo escravo mais lento e também pelo comprimento do cabo no segmento, conforme mostra a tabela I:^{[9],[12]}

TABELA I. RELAÇÃO TRANSMISSÃO/COMPRIMENTO^[12]

Baud rate (kbit/s)	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	12000
Comprimento do segmento (m)	1200	1200	1200	1000	400	200	100

Já o PROFIBUS PA (*Process Automation*) é a solução PROFIBUS que atende aos requisitos da automação de processos, na qual se tem a conexão de processos com equipamentos de campo, tais como: transmissores de pressão, temperatura, conversores e outros. Foi desenvolvida para transmitir sinais de 4 a 20 mA ou HART (*Highway Addressable Remote Transducer*).^{[9],[12]}

Sua principal vantagem em relação à versão DP é ter a possibilidade de comunicação e parametrização integradas no instrumento de campo e possuir padrões de supervisão avançados do mercado, como tecnologias de análise de falhas, diagnósticos e parâmetros avançados de uma rede de campo para instrumentos analógicos.^[9]

Utiliza como camada de acesso ao meio o protocolo Manchester e permite a medição e controle por uma linha a dois fios simples. Também permite alimentar equipamentos de campo em áreas intrinsecamente seguras, ou seja, áreas em que os equipamentos não podem ser capazes de liberar energia elétrica ou térmica, tanto em condições normais como em condições de falha.^[12]

É possível realizar a manutenção e a conexão/desconexão de equipamentos até mesmo com a rede em operação sem interferir em outras estações em áreas classificadas (potencialmente explosivas).^{[9],[10]}

A figura 4 ilustra a arquitetura PROFIBUS em nível de campo e suas aplicações.

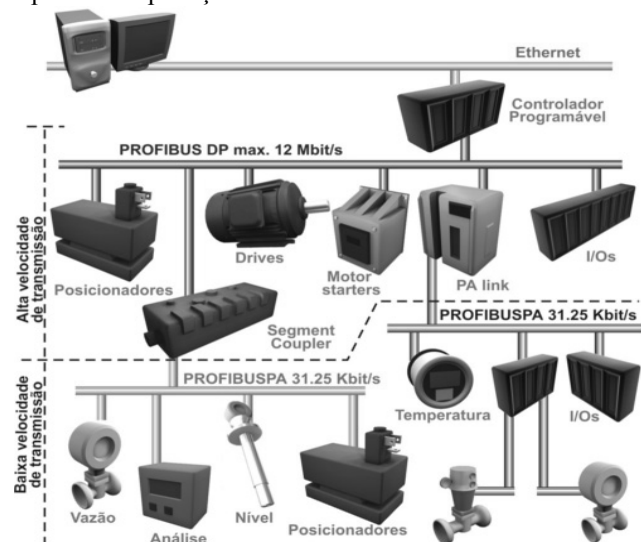


Figura 4 - Arquitetura PROFIBUS.^[13]

Cada dispositivo PROFIBUS existente possui diferentes características e maneiras de parametrização da comunicação, sendo necessário a utilização de manuais técnicos para acessar toda informação sobre eles. Os arquivos GSD (*General Specification Default*) são fornecidos pelos fabricantes e oferecem a opção para integrar um equipamento num sistema PROFIBUS, sendo divididos em especificações gerais, especificações relacionadas ao mestre e especificações

relacionadas ao escravo. Cada tipo de equipamento possui o seu arquivo GSD, que é um arquivo texto com detalhes de revisão de hardware e software e informações sobre a troca de dados cíclicos, caracterizando a comunicação PROFIBUS.^[9]

Nos arquivos GSD ficam contidas informações como listas de parâmetros e descrição de módulos disponíveis. Se o arquivo GSD não estiver corretamente instalado não será possível haver a comunicação através da rede PROFIBUS.^[9]

A figura 5 apresenta um exemplo de arquivo GSD.

```
=====
#Profibus_DP

GSD_Revision=1
Vendor_Name="SENSE ELETRONICA LTDA"
Model_Name="DP-KDN-2EP-2SC"
Revision="V2.0"
Ident_Number=0x07FA
Protocol_Identifier=0
Station_Type=0
Hardware_Release="A1.0"
Software_Release="Z1.0"

9.6_supp=1
19.2_supp=1
45.45_supp=1
93.75_supp=1
187.5_supp=1
500_supp=1
1.5M_supp=1
3M_supp=0
6M_supp=0
12M_supp=0
MaxTsd_9.6=60
MaxTsd_19.2=60
MaxTsd_45.45=250
MaxTsd_93.75=60
```

Figura 5 - Arquivo GSD.^[14]

III. APLICAÇÃO E RESULTADOS

A aplicação foi desenvolvida em um laboratório de controle e automação. A figura 6 apresenta a montagem com as bancadas e seus respectivos inversores conectados ao barramento PROFIBUS, junto ao CLP, e o mesmo conectado ao sistema supervisório. O objetivo é integrar os elementos da rede PROFIBUS, via protocolo OPC, sendo monitorados pelo sistema supervisório.



Figura 6 - Sistema com supervisório, CLP e inversores interligados

A. Desenvolvimento do sistema supervisório

O primeiro estágio da aplicação foi o desenvolvimento do sistema supervisório, no qual estão representados o sistema geral e a interface individual de cada inversor, conforme ilustram as figuras 7 e 8. Em cada interface os elementos necessários para o controle foram inseridos, como os botões, campos de texto e iluminação indicativa, por exemplo, que devem ser associados às variáveis correspondentes do programa do CLP.



Figura 7 - Interface do sistema geral

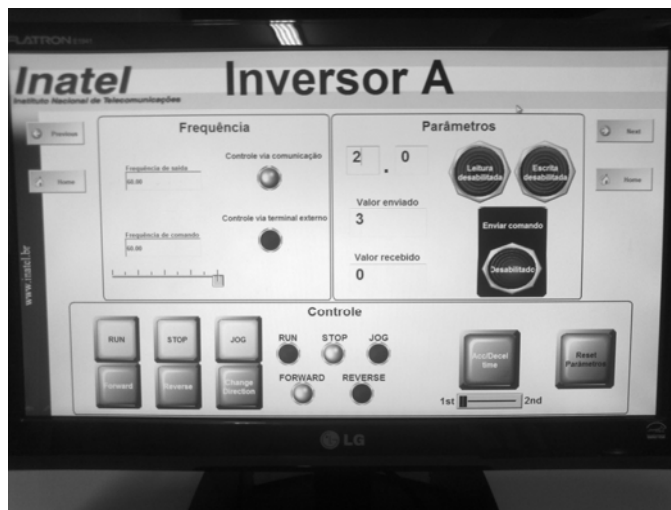


Figura 8 - Interface do inversor

B. Desenvolvimento da lógica no CLP

As variáveis que foram utilizadas pelo sistema supervisório, provenientes dos inversores, devem ser configuradas no programa de desenvolvimento do CLP. A lógica para o controle dos inversores, assim como as funções necessárias para operar os inversores, foram desenvolvidas com a ferramenta de programação do CLP, utilizando linguagem de texto estruturado.

A figura 9 apresenta parte do programa de controle dos inversores.

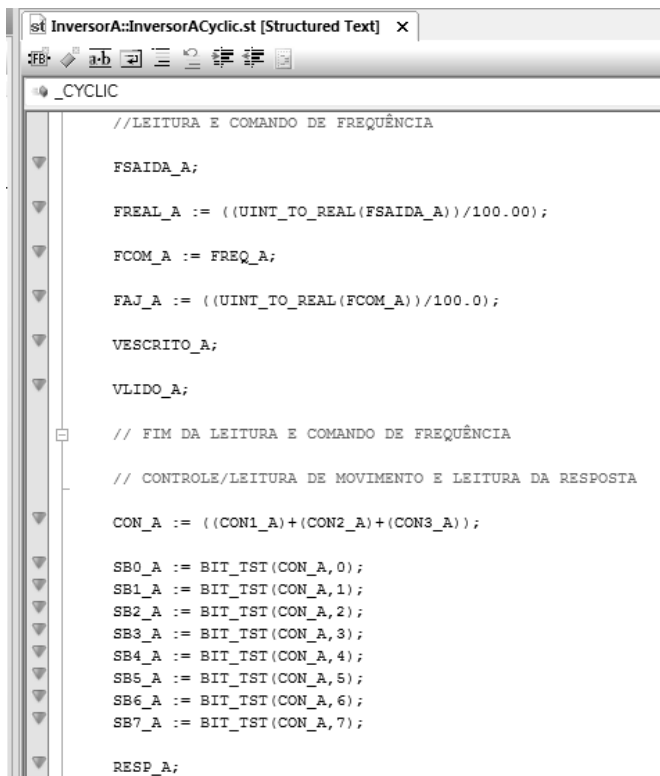


Figura 9 - Lógica de controle dos inversores

C. Implementação da rede PROFIBUS

Após o desenvolvimento da lógica de controle é necessário configurar o tipo de escravo que foi utilizado. O módulo PROFIBUS do equipamento utilizado deve ser adicionado, através do seu arquivo GSD, e todos os parâmetros associados com seus respectivos campos. O perfil PROFIBUS DP foi o utilizado para a aplicação desenvolvida.

As configurações necessárias como: taxa de transmissão de dados, endereçamento dos inversores, tipo do módulo PROFIBUS e o perfil PROFIBUS, assim como a montagem e conexão dos inversores e do CLP no barramento PROFIBUS foram feitas conforme os requisitos apresentados na Seção II, subseção D, utilizando como meio físico o RS-485.

As figuras 10, 11, 12 e 13 ilustram o endereçamento de um novo inversor na rede, a configuração da taxa de transmissão, a escolha do tipo de módulo do inversor e a conexão do inversor com o cabo PROFIBUS.

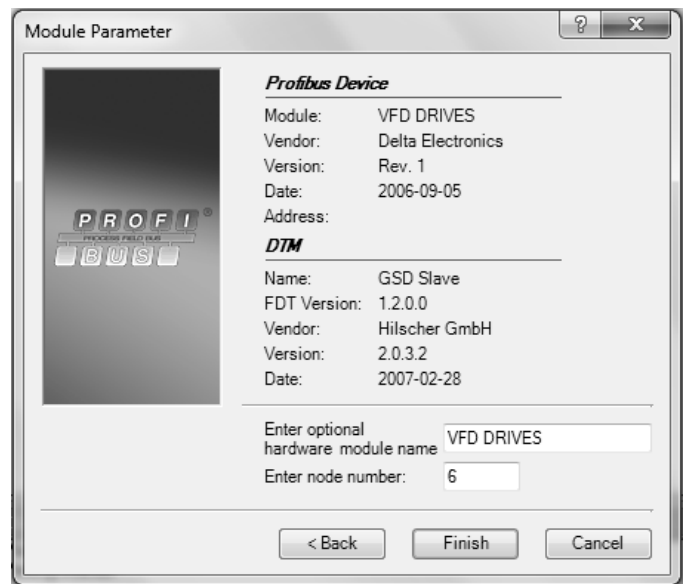


Figura 10 - Inserção e endereçamento de um novo inversor

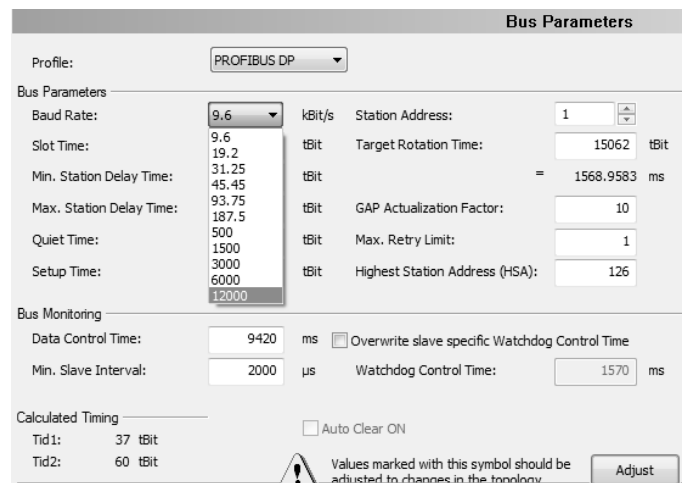


Figura 11 - Configuração da taxa de transmissão

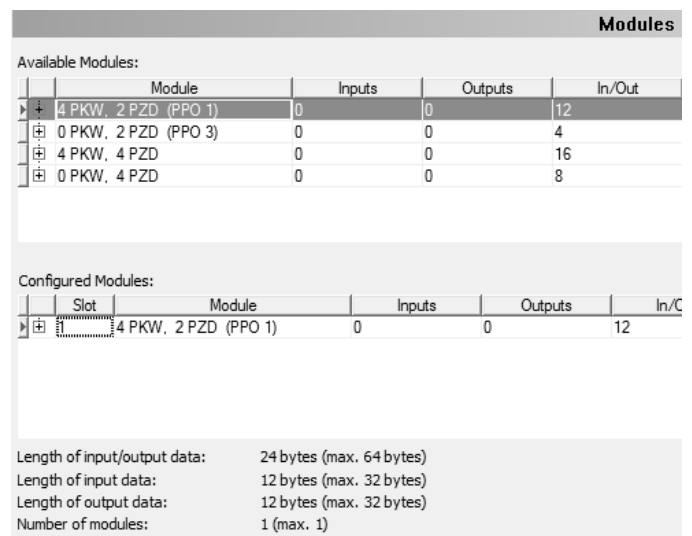


Figura 12 - Escolha do módulo do inversor

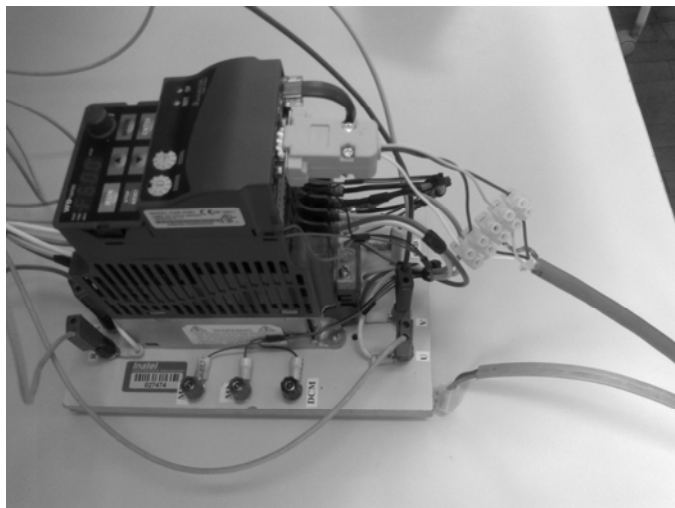


Figura 13 - Conexão do inversor ao barramento PROFIBUS

D. Implementação da rede OPC

Após o estabelecimento da comunicação PROFIBUS e da lógica de controle é necessário associar as variáveis do processo ao sistema supervisório. Devido a linguagem do CLP ser diferente da linguagem utilizada pelo sistema supervisório é necessário realizar a conversão das variáveis através de um protocolo padronizado para que a associação se torne possível, sendo o OPC o protocolo utilizado para essa aplicação.

O primeiro passo é a criação de tags OPC para cada variável do programa de desenvolvimento, com o objetivo de configurar as características da variável para sua utilização geral. Após isso, deve-se configurar o servidor OPC, atribuindo o endereço IP (*Internet Protocol*), comunicação Ethernet e associação do mapa de tags. A figura 14 ilustra a criação de tags para o servidor OPC.

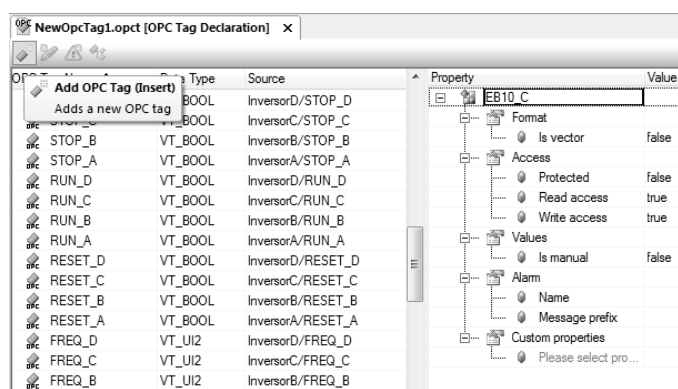


Figura 14 - Configuração de tags OPC

A seguir, devem-se importar os tags OPC para o sistema supervisório e associá-los com seus respectivos objetos na tela. Primeiramente, é necessário configurar o endereço IP, para que seja possível a localização do servidor OPC e, após isso, configurar as permissões de acesso a dados, possibilitando a troca de informações. A figura 15 ilustra a importação dos tags OPC para o sistema supervisório.

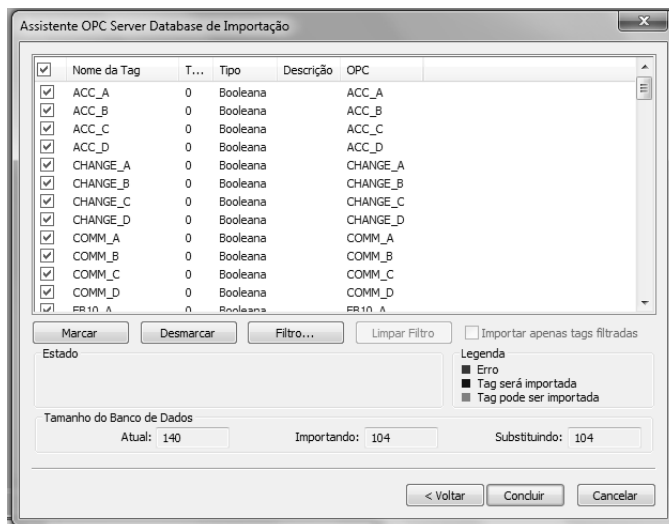


Figura 15 - Importação dos tags OPC

IV. CONCLUSÕES

A integração de sistemas através de redes industriais proporciona grandes benefícios, o que faz com que sua utilização tenha um crescimento cada vez maior nas indústrias. A solução apresentada neste trabalho oferece uma possibilidade de implementação utilizando inversores de frequência como escravos da rede PROFIBUS, com o controle sendo realizado através de um único sistema supervisório.

A utilização de protocolos padronizados de comunicação, como o OPC e PROFIBUS, permite novas possibilidades de controle de um processo. A possibilidade de adicionar diferentes dispositivos de campo, que eram incapazes de trocar informações entre si, é um dos benefícios da utilização do protocolo PROFIBUS. Com o protocolo OPC pode-se, além de realizar todo o controle em um único ponto, distribuí-lo em diferentes locais devido as características do protocolo que permitem o acesso a dados a diversos clientes e servidores simultaneamente.

Assim, com o protocolo OPC torna-se possível a criação do controle, através do sistema supervisório, em diversos pontos distintos da aplicação, tornando o controle descentralizado e distribuído em relação a operação do usuário em sua planta industrial. E, ainda, torna o projeto, como um todo, independente de soluções proprietárias, devido à utilização do OPC.

REFERÊNCIAS

- [1] MORAES, Cícero C.; CASTRUCCI, Plínio L. **Engenharia de Automação Industrial**. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros técnicos e Científicos Editora S.A., 2007.
- [2] LUGLI, Alexandre B.; SANTOS, Max M.D. **Sistemas Fieldbus para Automação Industrial: DeviceNet, CANopen, SDS e Ethernet**. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2009.
- [3] CAPELLI, Alexandre. **Automação Industrial: Controle de movimento e processos contínuos**. 2ª ed. São Paulo: Érica, 2010.
- [4] B&R Automation Website. Disponível em: <<http://br-automation.com/pt-br/>>. Acesso em: 13 de novembro de 2013.
- [5] Metaltex Website. Disponível em: <<http://www.metaltex.com.br/>>. Acesso em: 13 de novembro de 2013.
- [6] FONSECA, M.O. **Comunicação OPC – Uma abordagem prática**. VI Seminário de Automação de Processos, Vitória/ES, 2002, 12p.

- [7] NOGUEIRA, Thiago A. **Redes de comunicação para sistemas de automação industrial**. 2009. 83 f. Monografia de Graduação em Engenharia de Controle e Automação - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- [8] Hitech Electronics Website. Disponível em: <http://www.hitechsite.com.tw/web/web_hitech_en.nsf>. Acesso em: 13 de novembro de 2013.
- [9] LUGLI, Alexandre B.; SANTOS, Max M.D. **Redes Industriais para Automação Industrial: AS-I PROFIBUS e PROFINET**. 1^a ed. São Paulo: Érica, 2010.
- [10] ASSOCIAÇÃO PROFIBUS – BRASIL. **O que é PROFIBUS**. Disponível em: <<http://www.profibus.org.br/artigos.php>>. Acesso em: 25 de setembro de 2013.
- [11] CASSIOLATO, César ; TORRE, Ana Cecília Della. Uma visão de Profibus, desde a instalação até a configuração básica – Parte 2. **PROFINEWS - Profibus & Profinet**. Disponível em: <<http://www.profibus.org.br/news/julho2008/news.php?dentro=4>>. Acesso em: 25 de setembro de 2013.
- [12] FILHO, Constantino S . Profibus: Process Fieldbus. **UFMG – Departamento de Engenharia Eletrônica**. Disponível em: <http://www.cpdee.ufmg.br/~seixas/PaginaSDA/Download/DownloadFiles/R3_Profibus.pdf>. Acesso em: 27 de setembro de 2013.
- [13] Mecatrônica Atual Website. Disponível em: <<http://www.mecatronicaatual.com.br/artigos/1475-rede-profibus-pa>>. Acesso em: 13 de novembro de 2013.
- [14] Sense Eletrônica Website. Disponível em: <<http://www.sense.com.br>>. Acesso em: 13 de novembro de 2013.

Robô Curumim – Monitoramento de Sistemas

Alexandre Baratella Lugli

José Lucas de Lima Pereira

Monique Fleming Costa Paduan

Instituto Nacional de Telecomunicações
- Inatel
baratella@inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações
- Inatel
jlpereira@gea.inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações
- Inatel
mpaduan@gea.inatel.br

Resumo — Para auxiliar em sistemas industriais, o Robô que antes possuía uma configuração voltada para fins educacionais, teve seu software e hardware alterados. Através de um módulo Arduino o Curumim é capaz de enviar informações de uma determinada área para a central que tem acesso à situação do local, o que facilita na hora de dar manutenção por já saber quais são as condições oferecidas, o que reduz tempo e traz segurança à equipe.

Palavras-Chaves — Curumim, Arduino, Custos, Monitoração, Robô.

I. INTRODUÇÃO

Desenvolvido para fins educacionais, o Robô Curumim foi modificado para realizar monitoramentos e pequenos reparos em áreas que ofereçam determinado risco. Com seu sistema de controle alterado, o robô Curumim é utilizado para auxiliar na análise desses locais informando à equipe de técnicos onde exatamente se encontra o problema, através de imagens, sensores de presença e temperatura.

Todo o processo de informação do robô à base, local onde se encontra os técnicos, só foi possível graças as modificações internas feitas no robô. Utilizou-se da tecnologia Arduino, com sensores e atuadores para que todo processo fosse executado com alta precisão.

II. DESENVOLVIMENTO

Ao fazer a manutenção de antenas, por exemplo, técnicos se deparam com a dificuldade de acessar o local, que muitas vezes oferece riscos por envolver altas tensões, ou se localizarem em lugares muito altos e de difícil acesso. Com isso, surgiu a idéia de adaptar um robô para que fizesse a vistoria do local e dos equipamentos para que o serviço fosse feito de forma mais precisa. O robô, através de processamento de imagens, informa a equipe onde se encontra o problema do projeto. Assim, já se tem conhecimento do que houve com o equipamento e que materiais deverão ser utilizados para reparar o problema, o que minimiza o tempo gasto e os custos da manutenção.

O processo funciona da seguinte forma: através de uma linguagem de programação, a central envia o robô para a área onde se encontra o problema, que por meio de fotografias informa os técnicos em que situação seu equipamento se encontra. Após isso o robô se retira do local e a manutenção será realizada pela empresa. Porém, foram necessárias

algumas modificações, devido ao sistema de comunicação entre robô e base. Todo o controle do Curumim, antes feito por uma “placa mãe”, foi substituído pelo módulo Arduino, pois através deste seria possível uma maior ampliação de todo o sistema tanto estrutural, como de comunicação. Portanto todo sistema de controle foi substituído, dando mais liberdade para o manuseio do robô, podendo haver incremento de sensores, atuadores e tudo que fosse necessário para a o monitoramento.

III. DETALHAMENTO TECNICO

A. O Robô:

Desenvolvido com princípios educacionais, o Curumim abrange diversas áreas como, por exemplo, mecânica, elétrica, eletrônica, computação, automação, entre outras. O robô Curumim possui as seguintes características físicas: peso de 1,5 Kg, 0,21 m de largura, 0,19 m de comprimento e 0,15 m de altura.



Fig. 1. Robô Curumim. [1] [2]

Seguem exemplos de conteúdos aplicados no robô: [1] [2]

- Controle de Movimento.
- Omnidirecional.
- Controle de Velocidade de Motor.
- Controle de Rotações do Motor.
- Projeto Mecânico Estrutural.
- Projeto Mecânico de Dispositivos.
- Desenho em CAD.
- MotoRedutores DC.
- Controle de MotoRedutor DC com - PWM.
- Controle por Logica Fuzzi (Lógica - Nebulosa) de um MotoRedutor DC.
- Microcontrolador MSP430 da Texas.

- Programação.
- Sensores Infravermelhos para identificação de Obstáculos.
- Sinais de Sensores – Filtros.
- Circuito de Potência.
- Fonte Chaveada.
- Comunicação por RF (Rádio - Frequência) – Hardware.
- Comunicação por RF (Rádio - Frequência) – Bibliotecas para Programação.
- Programação em Linguagem C/C++.
- Lógica de Programação.
- Introdução a Programação.
- Processamento de Imagem.
- Transmissão de Imagem.
- Controle Remoto do Robô.

Todos esses requisitos foram mantidos com a troca do microcontrolador. A figura 2 ilustra a imagem do robô Curumim e sua estrutura interna.

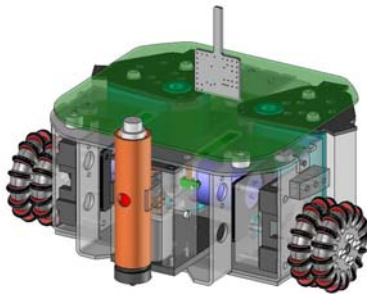


Fig. 2. Robô Curumim. [1] [2]

O robô antes das modificações era constituído basicamente de duas placas, a placa mãe que era a principal e a placa de driver que controlava os motorreduzores. Na Figura 3 é apresentado um diagrama de blocos da unidade móvel, neste diagrama é possível observar as partes e componentes que constituem o Curumim, assim como a direção do fluxo da comunicação entre eles.

Toda a unidade móvel possui uma proteção da alimentação para os dispositivos controlados pela UPC (Unidade Central de Processamento), que pode desativar todo o fornecimento de energia no circuito ou individualmente para cada valor de tensão. A unidade móvel funciona com 4 valores de tensão diferentes, 12V usados pelos motores (proveniente diretamente da bateria), 9V para alimentar a câmera, 5V responsável para alimentar os sensores infravermelho e 3,3V que alimenta a UPC e o transceiver.

Após as modificações e ajustes do sistema, o robô foi alterado de acordo com as necessidades de comunicação (via Bluetooth) e incremento de um sensor de temperatura, no caso o LM35, além do Braço Robótico OWI-535, todos esses componentes serão detalhados a seguir.

O novo sistema funciona de forma análoga ao anterior, porém com uma "liberdade" maior de execução de tarefas. O novo meio de comunicação, possibilitou a transmissão de dados em maior distância e com mais qualidade, além de deixar aberta a possibilidade tal sistema ser trocado por uma rede de internet, por exemplo.

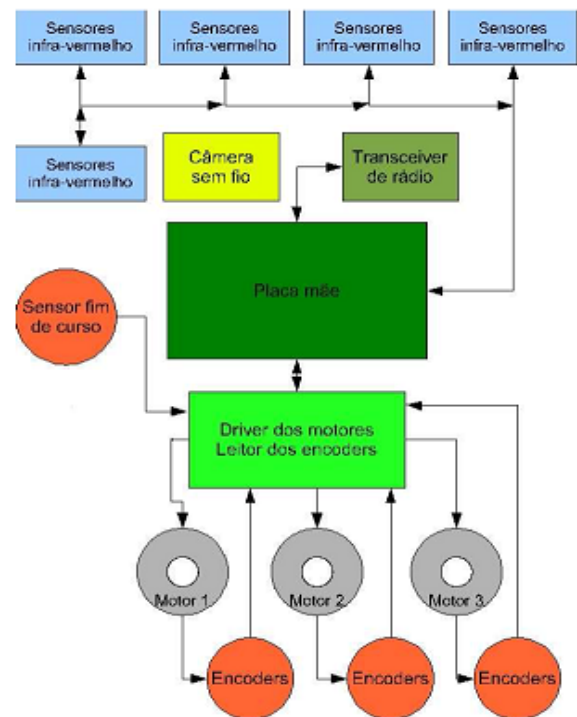


Fig. 3. Diagrama de blocos da unidade móvel. [1] [2]

Outra mudança significativa foi a adaptação do braço robótico, que também é controlado pelo módulo Arduino. E o sensor de temperatura que foi adaptado para fins de verificação, para que os técnicos e o pessoal da manutenção fiquem cientes sobre a temperatura local. A figura 4 ilustra o novo diagrama em blocos do curumim modificado.

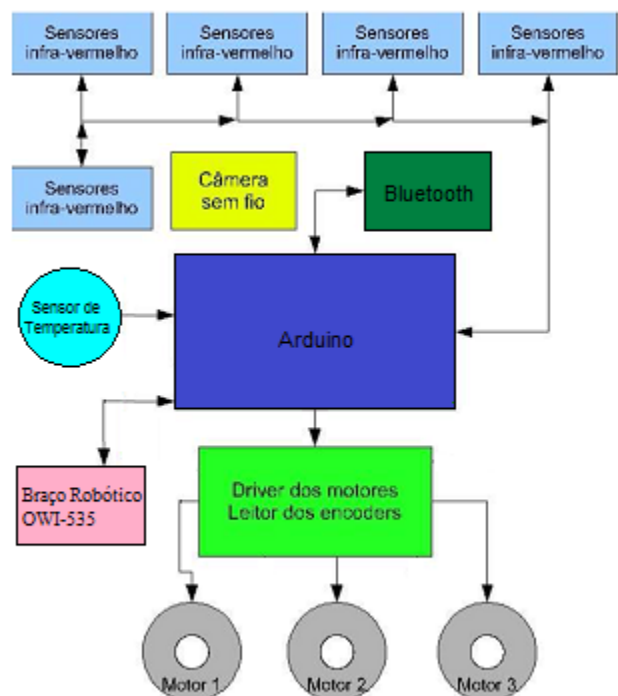


Fig. 4. Novo diagrama de blocos.

O sistema de alimentação é composto por duas baterias, Figura 6, de Ni-Mh que fornecem uma tensão de 14.4V e

corrente nominal de 2500mA/h. As baterias são em um total de duas para um robô Curumim, são posicionadas na parte inferior do robô, são recarregáveis e são formadas por 12 pilhas de 1.2V em série.

B. Arduino

O controle do projeto é realizado por uma plataforma Arduino. Esse sistema de controle consiste em um módulo baseado em entradas e saídas micro controladas e escrita. [3]

A placa Arduino é composta de um microprocessador, um cristal ou oscilador (relógio simples que envia pulsos de tempo em uma frequência especificada, para permitir sua operação na velocidade correta), um regulador linear de 5 volts e uma saída USB (Universal Serial Bus), que permite conectá-lo a um computador para visualização das informações. A placa expõe os pinos de entrada e saída do microcontrolador, para que possa conectá-los a outros circuitos ou sensores. [3] A figura 5 apresenta a placa controladora Arduino. [3]

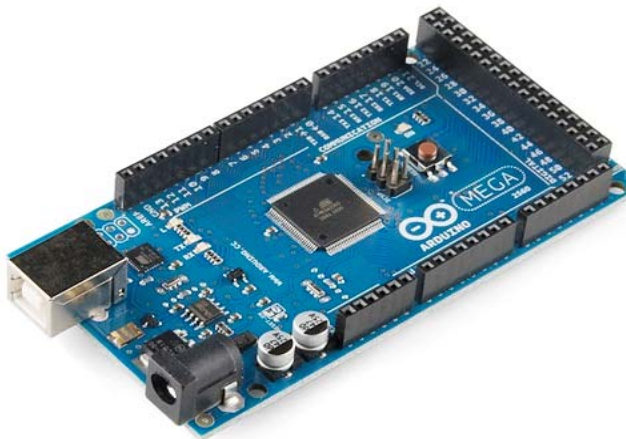


Figura 5. Arduino Mega. [3]

C. Bluetooth Ttl Rs232 Serial Slave [5][6]

O Bluetooth TTL (transferência transparente de dados entre um dispositivo Bluetooth host), módulo transmissor permite que o dispositivo possa enviar ou receber os dados TTL através de tecnologia Bluetooth sem conectar um cabo serial para computador.

Funciona com todos os adaptadores Bluetooth USB. Possui uma taxa de transmissão padrão: 9600 bit/s e alcança uma cobertura de até 10m, possui também uma antena embutida e sua alimentação: 3.6V-6V DC.

Através do módulo Bluetooth foi possível a comunicação de dispositivos móveis como celulares, tablets, smartphones, entre outros para o controle do Curumim e do braço integrado, através de um software simples que pode ser colocado em qualquer dos dispositivos móveis que funcione com o Android. A seguir, segue uma ilustração da montagem do circuito na figura 6.

Portanto, foi necessária dois softwares para o novo sistema de controle, o primeira e principal esta localizada no Arduino que é o programa central onde são recebidos todos os comandos que vão ser executado no robô já modificado e

outro está localizada no dispositivos móveis que serão usados para enviar os comandos.

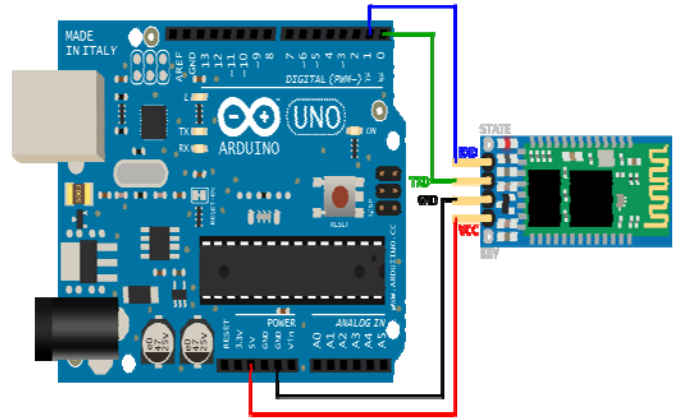


Fig. 6. Montagem do módulo Bluetooth com arduino.

D. O sensor de Temperatura LM-35 [4]

O sensor LM35 é um sensor de precisão, que apresenta uma saída de tensão linear relativa à temperatura em que ele se encontrar no momento em que for alimentado por uma tensão de 4-20Vdc e GND, tendo em sua saída um sinal de 10mV para cada grau celsius de temperatura, sendo assim, apresenta uma boa vantagem com relação aos demais sensores de temperatura calibrados em "KELVIN", não necessitando nenhuma subtração de variáveis para que se obtenha uma escala de temperatura em Graus Celsius.

O LM35 não necessita de qualquer calibração externa ou "trimming" para fornecer com exatidão, valores temperatura com variações de $\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$ ou até mesmo $\frac{3}{4}^{\circ}\text{C}$ dentro da faixa de temperatura de -55°C à 150°C . Este sensor tem saída com baixa impedância, tensão linear e calibração inerente precisa, fazendo com que o interfaceamento de leitura seja especificamente simples, barateando todo o sistema em função disto.

O sensor foi alimentado com alimentação simples, porém ele também pode ser alimentado de forma simétrica, dependendo do que se desejar como sinal de saída, mas independentemente disso, a saída continuará sendo de 10mV/ $^{\circ}\text{C}$. Ele drena apenas 60 μA para estas alimentações, sendo assim seu auto-aquecimento é de aproximadamente 0.1 $^{\circ}\text{C}$ ao ar livre.

O sensor LM35 é apresentado com vários tipos de encapsulamentos, sendo o mais comum o TO-92, que mais se parece com um transistor, e oferece ótima relação custo benefício, por ser o mais barato dos modelos e propiciar a mesma precisão dos demais. A grande diversidade de encapsulamentos se dá devido à alta gama de aplicações deste integrado.

Toda temperatura medida, é mostrada em um display alocado no próprio robô, o que permite a visualização dos técnicos em tempo real, quando eles estão fazendo alguma manutenção. O display utilizado foi um LCD 16X2 [9], A figura 7, mostra a montagem simples do lm 35 com o display e o arduino [9].

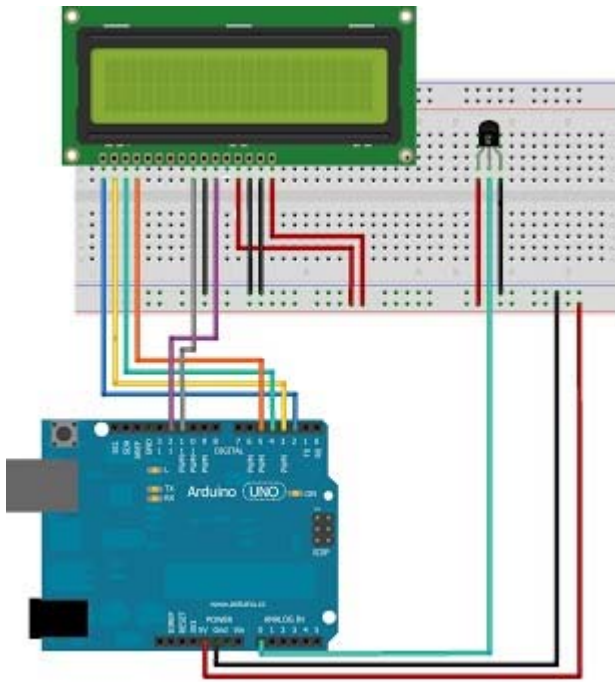


Fig. 7. Montagem do LM35 com o display mais o arduino.

E. Braço Robótico Edge OWI-535

Para a adequação do braço robótico, foi necessário adaptação do CI (Circuito Integrado) L293d^[7], que é um circuito de ponte H que serve para controlar os 5 motores que o braço necessita, utilizadas praticamente em todos os casos em que se deseja um controle bidirecional de um motor de corrente contínua.

O CI utilizado no projeto trabalha com até 1.2A de corrente de pico por canal, um pino de enable (habilitação do canal), proteção contra sobreaquecimento, diodos de recuperação reversa internos numa tensão de alimentação de até 36V com uma potência máxima de 4W e pode controlar até 2 (dois) motores de corrente contínua comum, que é o caso do projeto e 1 motor de passo de 4 fases. Segue uma ilustração demonstrativa da parte interna de uma ponte H, figura 8, e o CI propriamente dito com a montagem dos motores na figura 9.^[7]

O braço robótico OWI-535, possui 5 motores de corrente contínua permitindo o movimento do braço com até cinco graus de liberdade como pinça, punho, cotovelo, ombro e rotação da base.

Através da energia fornecida pelas próprias baterias do robô, cada motor em conjunto com suas engrenagens fica responsável em executar os comandos do usuário. O braço conta também com um sistema de iluminação por um led de alto brilho posicionado na garra do braço controlado através de um botão no software do dispositivo móvel.

Em resumo o Edge possui as seguintes características, 4,5cm de abertura de pinça, 120° de movimento de punho, 300° de movimento de cotovelo, 180° de movimento de ombro, 270° de movimento de base, 100g de capacidade de carga, 685g de peso e um sinal sonoro de sobrecarga nas engrenagens.

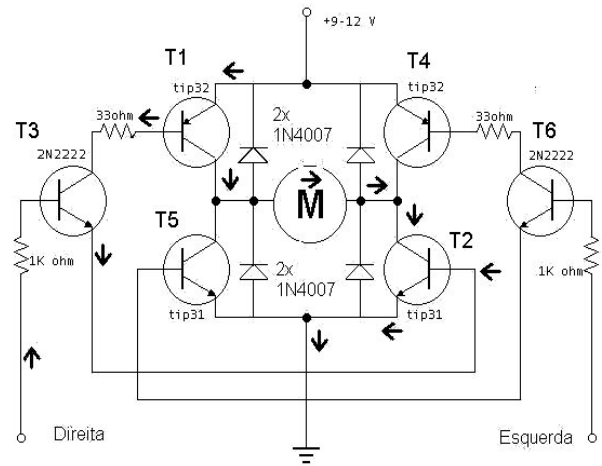


Figura 8. Ponte H.

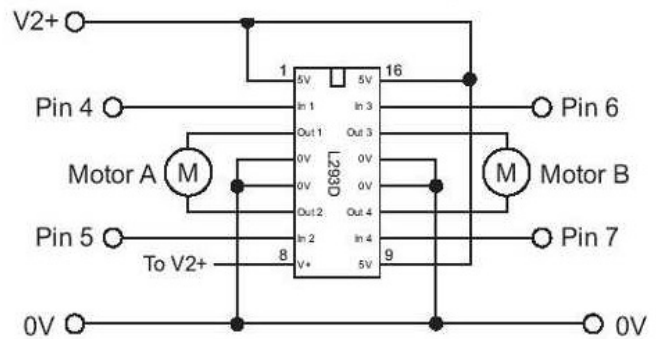


Figura 9. Montagem do L293d com os motores.^[7]

A figura 10, ilustra o braço robótico, o maior intuito da adequação do braço junto ao Curumim, foi a liberdade de possuir uma garra capaz de pegar objetos, que de alguma forma esteja atrapalhando alguns sistemas, por exemplo.



Figura 10. Braço Robótico Edge OWI-535.

IV. RESULTADOS

Com toda estrutura montada, o Curumim foi capaz de realizar alguns objetivos propostos na introdução do trabalho, a figura 11 ilustra uma aplicação desenvolvida nesse trabalho

que tem por objetivo a visualização do sistema de forma remota, para auxílio e velocidade do usuário em possíveis erros de projeto e manutenção do sistema. Essa aplicação foi desenvolvida visando a realização dos possíveis problemas, para a manutenção futura no parque de antenas.



Figura 11. Monitoramento no parque de antenas.

Além de todas as modificações e adequações, o robô ainda conta com uma câmera sem fio, que ajuda na transmissão de dados, para maior visualização dos técnicos. A figura 12, mostra a câmera de vídeo do robô, que é colorida e possui uma resolução de 380 linhas, a forma de transmissão é wireless e trabalha na frequência de 1.2 Ghz analógicos. E o receptor de vídeo que é necessário para que a imagem da câmera seja capturada. O sinal possui um alcance de até 200 metros em locais abertos.



Figura 12. Câmera e Receptor de Vídeo

Todo o protótipo foi desenvolvido e testado, tendo resultados satisfatórios. O alcance adquirido é ilimitado, desde que o não ultrapasse o limite do bluetooth com o dispositivo móvel, que no caso está sendo utilizado como “controle” do robô, esse sistema pode vir a ser melhorado de acordo com a necessidade e aplicação. A velocidade média, adquirida através de teste foi de 0,258m/s, porém esta velocidade pode ser alterada de acordo com o lugar onde robô está operando, no caso da velocidade aqui mencionada o robô estava em um solo de taco, o que facilitou seu movimento. Solos muito irregulares impossibilitam o movimento do Curumim, algo que também atrapalha é a força de atrito entre roda e o solo, sendo nestes casos, necessária a obtenção de outro sistema de rodas que se adequem ao motor. A velocidade de transmissão das informações depende de dois fatores, o bluetooth e o

arduino, e a parte que mais interessa é o tempo de resposta dos comandos. No arduino o tempo é de 100ms (± 50 ms) ^[3], e no bluetooth é de 200ms (± 50 ms) ^[6], somando assim 300ms (± 50 ms). Esses dados podem sofrer alterações de acordo com o modelo e tipo dos componentes citados, e de acordo com os testes o valor do tempo de resposta corresponde ao indicado pelos fabricantes, variou em torno de 250ms (± 50 ms).

A figura 13, mostra a imagem do protótipo desenvolvido pela equipe.



Figura 13. Protótipo.

V. CONCLUSÃO

Com as alterações realizadas no robô Curumim, buscou-se auxiliar o serviço de empresas que realizam manutenção em equipamentos, antenas, entre outros. Equipado com câmeras, sensores e um sistema de locomoção, o robô foi utilizado em apoio aos técnicos localizando o problema do local monitorado e enviando as informações para uma central de análise. Logo, o foco utilizado no projeto foi minimizar o risco oferecido às empresas de manutenção em uma área desconhecida, reduzir o tempo de estudo do local e auxiliar em pequenos reparos, um projeto que seria aliado da empresa nas operações realizadas.

Uma melhoria considerável que pode ser adequada ao projeto é a implementação de um sistema via internet ^[8], o que tornaria muito mais amplo a aplicação do robô. Como o principal sistema de controle se tornou o arduino, com um simples shield wifi ^[8], o Curumim já estaria conectado à

internet e bastaria uma pagina na web, para ele executar os comandos. Isto tornaria o sistema muito mais complexo e completo.

REFERÊNCIAS

- [1] Site da internet: http://www.xbot.com.br/help_curumim/>. Acessado em 10/2013.
- [2] Site da internet: <http://www.xbot.com.br/educacional/curumim/>>. Acessado em 10/2013.
- [3] McROBERTS, Michael. Arduino Básico. 1. ed. São Paulo/SP/Brasil: Novatec Editora Ltda, 2011. 453p., il. ISBN 978-85-7522-274-4.
- [4] CUIHONG LIU; WENTAO REN; BENHUA ZHANG; CHANGVI LV. “The application of soil temperature measurement by LM35 temperature sensors.” Electronic and Mechanical Engineering and Information Technology (EMEIT), International Conference, IEEE , Vol. 4, 2011, 1825-1828p.
- [5] Yeung, L.K. ; Wu, K.-L. ; Wang, Y.E. “Low-temperature cofired ceramic LC filters for RF applications.” IEEE Microwave Magazine, Vol. 9, Issue 5, 2008, 118-128p.
- [6] Mercier, A. ; Minet, P. ; George, L. Software Engineering Research, Management and Applications, 2005. “Average response times in a Bluetooth piconet for 1-RR/FIFO, enhanced 1-RR and CB-EDF”, Third ACIS International Conference IEEE, 2005 , 446 – 457p.
- [7] Elawad, A. ; Hagadam, B. ; Hamed, R. ; Hussein, E. Computing, Electrical and Electronics Engineering (ICCEEE), 2013, “Design and implementation of robotic system to transport disabled people”, International Conference on IEEE, 2013 , 530 – 534p.
- [8] Ling Pei ; Jingbin Liu ; Guinness, R. ; Yuwei Chen ; Kroger, T.; Ruizhi Chen ; Liang Chen Ubiquitous Positioning, Indoor Navigation, and Location Based Service (UPINLBS), “The evaluation of WiFi positioning in a Bluetooth andWiFi coexistence environment”, 2012 IEEE, 2012 , 1 – 6 p. Chih-Chung Chien ; Wang, A. ; Weber Chien VLSI Design, Automation and Test, 2006.

“New LCD Display Technology for High Performance with Low Cost-Shared Pixel Rendering Display”, International Symposium on IEEE, 2006 , 1 – 3 p.

BIOGRAFIA DOS AUTORES

Alexandre Baratella Lugli: nasceu em Bragança Paulista, SP em 8 de agosto de 1981, é formado em técnico de eletrônica pela ETE-FMC (1999), engenheiro eletricitista pelo INATEL (2004), Mestre em Automação e Controle Industrial pela UNIFEI (2007) e Doutor em Automação e Controle Industrial pela UNIFEI (2013).
Endereço: Av. João de Camargo, 510 – Bairro INATEL – Santa Rita do Sapucaí/MG.
Telefone: (35) 3471-9262 – ramal 262
Email: baratella@inatel.br

José Lucas de Lima Pereira: nasceu em Pouso Alegre, MG em 24 de junho de 1992, cursou aprendizagem em usinagem mecânica, desenhos e projetos mecânicos, aperfeiçoamento em ferramentaria de metal & plástico, além de CNC e AutoCAD 2D, todos ministrados pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial- SENAI - Pouso Alegre – MG. Atualmente cursa o 5º período do curso de Engenharia de Controle e Automação, no Instituto Nacional de Telecomunicações - INATEL..
Endereço: Rua Maria Amélia de Carvalho, 421 – Bairro Arvore Grande – Pouso Alegre/MG.
Telefone: (35) 9938-7085
Email: jlpereira@gea.inatel.br

Monique Fleming Costa Paduan: nasceu em Santa Rita do Sapucaí, MG em 06 de março de 1994, cursou ensino médio na Escola Técnica em Eletrônica FMC, cursou aprendizagem em placas fotovoltaicas ministrada pela Eudora Solar em Campinas – SP. Atualmente cursa o 5º período do curso de Engenharia de Controle e Automação, no Instituto Nacional de Telecomunicações – INATEL.
Endereço: Rua Sai Francisco, 19-Boa Vista- Santa Rita do Sapucaí-MG
Telefone: (35) 91135014
Email: mpaduan@gea.inatel.br

Controle *Fuzzy* de Motor CC Aplicado em Veículo Elétrico por meio de Simulador

Paulo Roberto Ubaldo Guazzelli

Marcelo Suetake

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar
prubaldo92@hotmail.com

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar
mclsuetake@gmail.com

Carlos Alberto De Francisco

Osmar Ogashawara

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar
engcarlos@hotmail.com

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar
osmaroga@ufscar.br

Resumo—Neste artigo utilizou-se uma técnica de inferência *fuzzy* no controle de um motor de corrente contínua (CC) para aplicação em veículos puramente elétricos (PEV). A análise do controle proposto ocorreu por meio de simulações do sistema completo realizadas na plataforma Simulink®, mediante simulador previamente desenvolvido. Inclusive, é analisado o desempenho do controle *fuzzy* na frenagem regenerativa do veículo.

Palavras chave— Motor CC, Simulação, Sistema *Fuzzy*, Veículos Elétricos.

I. INTRODUÇÃO

Neste século, a crescente preocupação da sociedade com questões ambientais e de qualidade de vida favoreceu o estudo e o investimento nos veículos puramente elétricos (PEV, *Purely Electric Vehicle*) [1]. Tendo em vista essa linha de estudo, existe na UFSCar o Grupo de Pesquisa em Veículos Elétricos, que tem por meta a construção de um PEV. O grupo já desenvolveu uma ferramenta de simulação de PEVs [2] no software Simulink®, da MathWorks®. Com isso, pode-se analisar em ambiente computacional um veículo puramente elétrico em sua totalidade, tanto o desempenho do sistema mecânico (veículo e transmissão) quanto o comportamento do sistema elétrico (bateria, conversores e motor elétrico). O simulador desenvolvido também é capaz de simular o processo de frenagem regenerativa [3], estratégia utilizada em veículos comerciais como o Tesla Roadster [4], em que a energia do motor é devolvida à bateria, ao mesmo tempo em que se reduz a velocidade do veículo.

Para controle do motor elétrico responsável pela tração do PEV, é necessário o controle de sua velocidade, e às vezes de outras variáveis, como a corrente elétrica. Para isso, podem-se usar técnicas tradicionais de controle (como o controle PI). No entanto, o veículo elétrico como sistema completo apresenta

uma natureza não linear. Assim, as técnicas chamadas inteligentes (sistemas *fuzzy* e redes neurais) tornam-se interessantes. Nesse trabalho é proposta uma topologia em cascata composta de um controlador PI e de um controlador *fuzzy* do tipo PD incremental, de modo a controlar a velocidade e a corrente do motor de maneira satisfatória.

II. PLANTA DE CONTROLE

O controle proposto será aplicado ao motor de corrente contínua com enrolamento de campo aplicado a um veículo puramente elétrico movido a bateria. O diagrama da planta é mostrado na Figura 1:

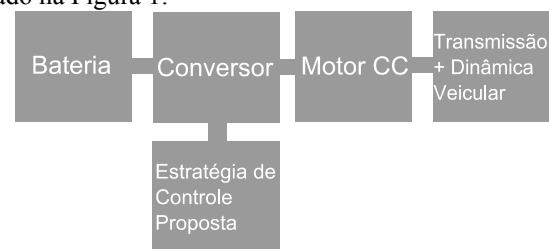


Fig. 1. Diagrama da planta de controle.

A bateria é o elemento que fornece energia ao veículo. No entanto, sua tensão não é controlável, o que impossibilita que se varie a velocidade do motor. Com isso, faz-se necessário o uso de conversores de potência entre a bateria e o motor elétrico.

Em relação ao motor CC com enrolamento de campo destaca-se a ausência de ímãs permanentes, normalmente compostos de metais de terras raras, como o neodímio. Esses elementos, como se vê no nome, são encontrados em poucas reservas no mundo, de modo que o seu uso não é interessante em larga escala.

O acionamento será realizado por meio de um conversor classe C [6], com modulação PWM (Figura 2).

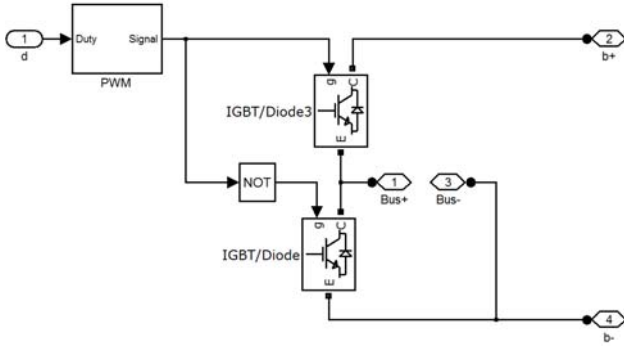


Fig. 2. Conversor de tensão com modulação PWM (classe C).

Essa topologia consiste de dois transistores chaveando de forma alternada (em cada instante de tempo apenas um transistor está ligado). A tensão média sobre o motor varia em função do ciclo de trabalho dos transistores. Ainda, essa topologia permite a ocorrência da frenagem regenerativa do veículo, pois os transistores fornecem um caminho para a corrente elétrica retornar à bateria. O sinal de PWM é gerado conforme na Figura 3:

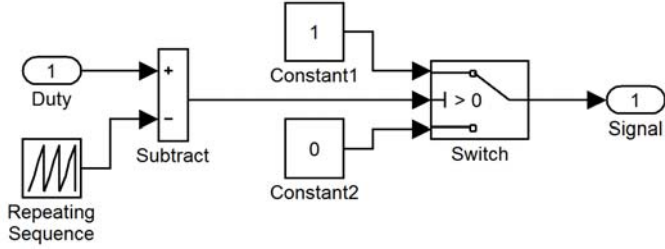


Fig. 3. Gerador de sinal PWM.

A entrada do sistema é o ciclo de trabalho desejado, vindo do controlador. Este sinal é comparado com uma onda triangular, que gera os dois sinais de PWM com ciclos de trabalho complementares.

Ressalta-se que esse modelo de conversor possibilita a análise de diversas características, como o *ripple* da corrente do motor, que não seriam consideradas em um modelo simplificado de conversor.

III. MÉTODO DE CONTROLE PROPOSTO

A dinâmica veicular impõe um alto torque de partida ao motor, acarretando um valor de corrente acima do nominal da máquina elétrica, o que prejudica os seus enrolamentos. Assim, propõe-se uma topologia de controle em cascata de velocidade e de corrente elétrica, conforme a Figura 4. Essa topologia, em relação à malha única, possibilita picos menores de corrente sobre o motor [7]. Nela, a saída do controlador de velocidade é a referência de corrente elétrica para o controlador de corrente.

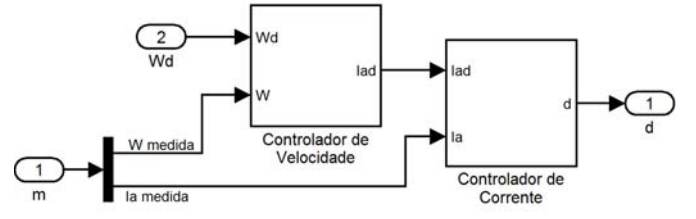


Fig. 4. Topologia de controle de velocidade e corrente elétrica em cascata.

A. Controle de Velocidade

A malha externa do controlador, responsável pelo controle de corrente é composta de um controlador PI, com integrador limitado (Figura 5).

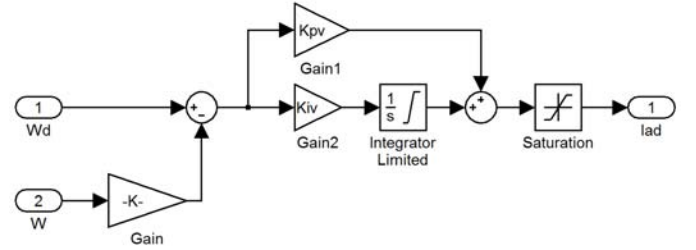
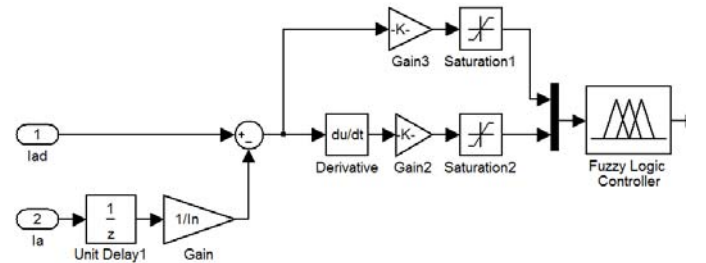


Fig. 5. Malha externa de controle de velocidade.

Sua saída é a referência para o controlador de corrente. Ressalta-se que a velocidade angular foi normalizada. Para isso, dividiu-se o valor medido pela velocidade nominal. A saturação da saída deste controlador assegura que a referência de corrente nunca excederá a corrente elétrica nominal do motor CC.

B. Controle de Corrente

O controle de corrente proposto é do tipo *fuzzy* PD incremental. Ele pode ser dividido em duas etapas. Primeiramente, o cálculo das variáveis de entrada, a saber, o erro e a derivada do erro, conforme a Figura 6:

Fig. 6. Entradas do controlador de corrente *fuzzy*.

A corrente medida é normalizada pelo valor nominal do motor, e o erro e a derivada do erro têm seus universos de discursos condicionados ao intervalo $[-1,1]$. O sistema de inferência *fuzzy* de Mamdani tem as seguintes funções de pertinência para as duas entradas do sistema: {Negativo Grande, Negativo Médio, Negativo Pequeno, Zero, Positivo Pequeno, Positivo Médio, Positivo Grande}, dispostas conforme a Figura 7.

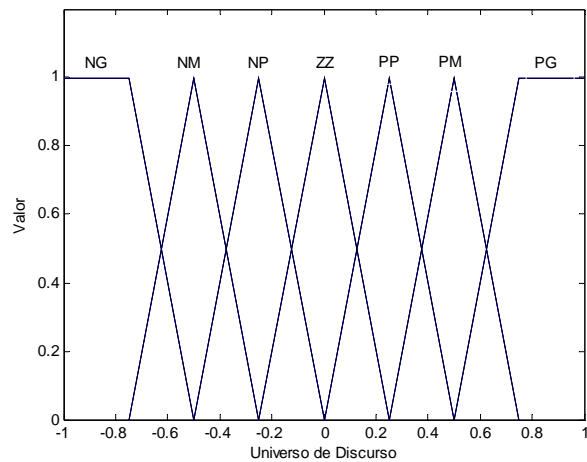


Fig. 7. Funções de pertinência das entradas.

A saída do sistema *fuzzy* é o incremento no ciclo de trabalho do conversor, como se vê na Figura 8:

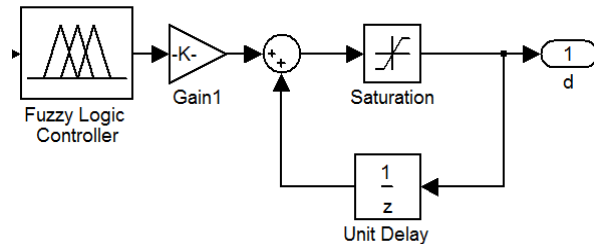
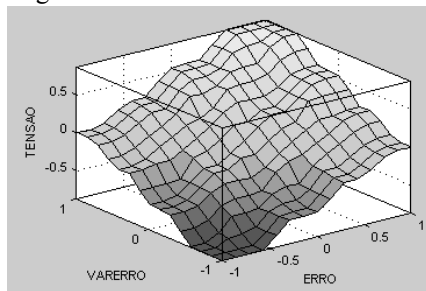


Fig. 8. Saída do controlador de corrente fuzzy.

O intervalo da saída é reduzido ao incremento de ciclo de trabalho desejado $[-0.2; 0.2]$, e o valor resultante incrementa o ciclo de trabalho do conversor. A saída possui as mesmas funções de pertinência das entradas.

O conjunto de regras utilizado é representado por meio da superfície da Figura 9:

Fig. 9. Superfícies de regras do sistema *fuzzy*.

IV. SIMULAÇÕES

A. Parâmetros Utilizados

Simulou-se um PEV com um motor de corrente contínua de com potência nominal de 100 HP, com parâmetros da Tabela I:

TABELA I
DADOS DO MOTOR CC.

PARÂMETRO	VALOR
Resistência de armadura (Ω)	0.1968
Indutância de armadura (H)	0.003442
Resistência de campo (Ω)	58.82
Indutância de campo (H)	7.267
Indutância mútua (H)	0.5003
Coefficiente de atrito seco (Nm)	10.58
Coefficiente de atrito viscoso (Nm.s/rad)	0.01156
Momento de inércia (kg.m^2)	0.4089
Indutância de amortecimento (H)	0.005
Tensão máxima do conversor de armadura (V)	500
Tensão do conversor de campo (V)	300
Resistência de armadura (Ω)	0.1968

Simulou-se um veículo com características mecânicas (Tabela II) e conjunto de baterias (Tabela III) iguais às do PEV *Nissan Leaf*, de acordo com [8], [9] e [10].

TABELA II
DADOS DO VEÍCULO SIMULADO.

PARÂMETRO	VALOR
Peso bruto (kg)	1560
Área frontal (m^2)	2.29
Coefficiente aerodinâmico (adimensional)	0.28
Raio das rodas (m)	0.3
Distância do eixo dianteiro ao CG (m)	1.54
Distância do eixo traseiro ao CG (m)	1.535
Altura do CG (m)	1.0
Peso bruto (kg)	1560
Área frontal (m^2)	2.29
Coefficiente aerodinâmico (adimensional)	0.28
Raio das rodas (m)	0.3
Distância do eixo dianteiro ao CG (m)	1.54

TABELA III
DADOS DO BANCO DE BATERIAS.

PARÂMETRO	VALOR
Tensão nominal total (V)	345
Número de baterias em série	4
Número de ramos em paralelo	48
Carga total (Ah)	69.6
Estado de carga inicial (%)	100
Tipo	Íon de lítio

Em [3], mostrou-se que o desempenho desse veículo era melhorado com uma transmissão manual, em lugar de uma redução fixa. Assim, usou-se uma transmissão manual de quatro marchas conforme os valores da Tabela IV, com mudança de marcha em função da velocidade (Tabela V).

TABELA IV
DADOS DA TRANSMISSÃO.

PARÂMETRO	VALOR
Redução da primeira marcha	5.0000
Redução da segunda marcha	3.0000
Redução da terceira marcha	2.0000
Redução da quarta marcha	1.3195

TABELA V
MUDANÇAS DE VELOCIDADE.

MUDANÇA	VALOR
Primeira para a segunda	25 km/h
Segunda para a terceira	42 km/h
Terceira para a quarta	65 km/h

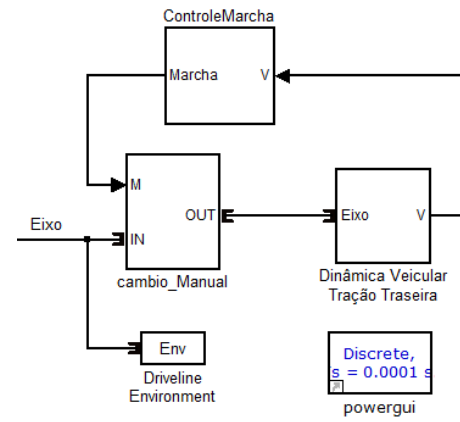


Fig. 11. Parte mecânica do veículo puramente elétrico simulado.

B. Simulação Efetuada

Simulou-se o veículo com controlador *fuzzy* e conversor classe C. Os subsistemas elétricos do PEV podem ser vistos na Figura 10:

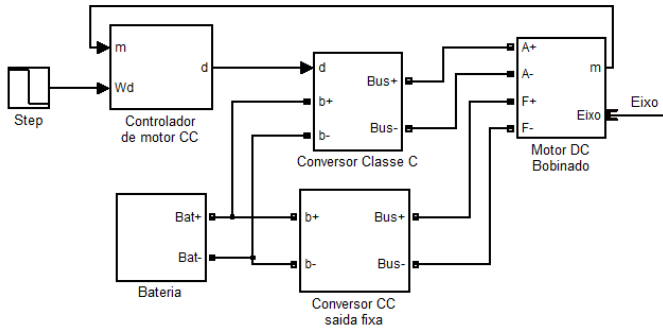


Fig. 10. Parte elétrica do veículo puramente elétrico simulado.

Vê-se a bateria como fonte de energia, que alimenta o motor de corrente contínua. A armadura é acionada pelo conversor classe C, enquanto que o enrolamento de campo é alimentado por uma tensão fixa. O motor então transforma a energia elétrica em energia mecânica. O seu eixo é acoplado aos subsistemas mecânicos do veículo, mostrados na Figura 11.

No diagrama, vê-se que o eixo do motor é conectado à transmissão manual, que transmite o movimento à dinâmica veicular, bloco que modela as forças opostas ao movimento [2]. Há ainda o controle das marchas em função da velocidade, simulando o condutor.

Para avaliação do controlador proposto, também se simulou o PEV com um controlador em cascata composto de dois controladores PI. Ambas as estratégias de controle foram testadas em uma simulação composta de: referência de 100 km/h até 25 segundos, seguida de comando de parada total do veículo. A simulação durou 60 segundos, em pista plana

V. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A simulação com conversor classe C obteve os gráficos de velocidade linear do PEV, conforme mostrado na Figura 12:

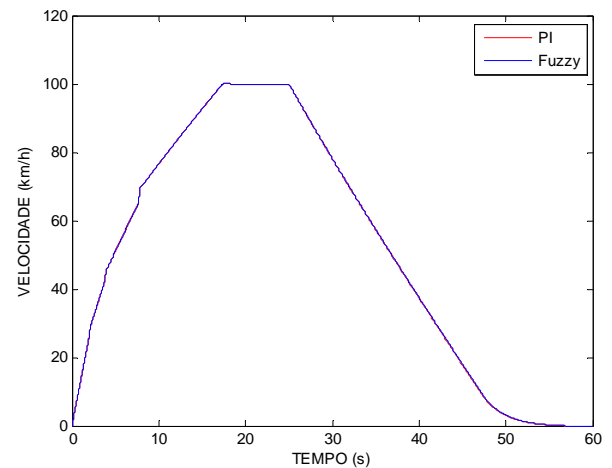


Fig. 12. Gráficos de velocidade para modelo com modulação PWM.

Percebe-se que o PEV apresentou desempenho semelhante com os dois controladores, tanto na aceleração quanto na frenagem. É condizente com a teoria, uma vez que o controlador proposto difere no controle de corrente. Os gráficos de corrente podem ser visualizados na Figura 13:

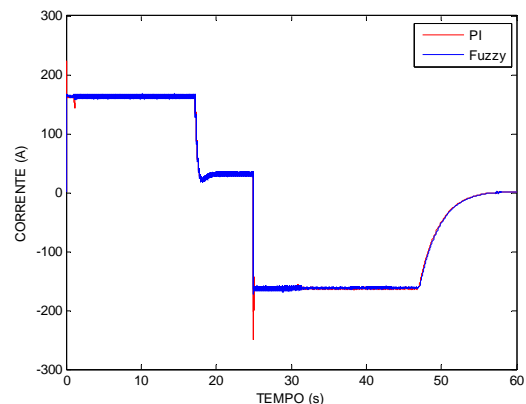


Fig. 13. Gráficos de corrente para modelo com modulação PWM.

É possível perceber no gráfico os picos de corrente do controlador PI-PI durante a mudança de patamar da corrente. A visão detalhada da Figura 14 mostra a diferença entre os dois controladores:

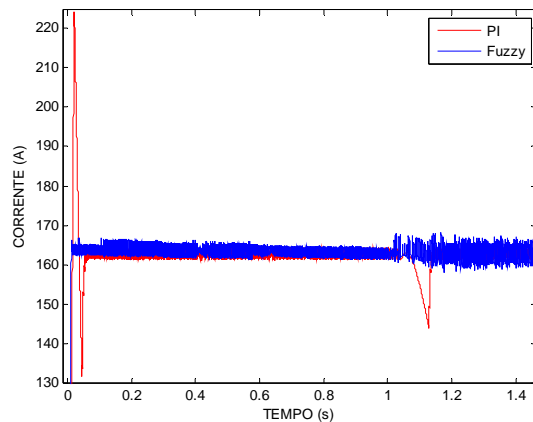


Fig. 14. Detalhe da corrente durante aceleração para modelo com PWM.

Nota-se que o controle *fuzzy* conseguiu eliminar o pico de corrente inicial (quase 40%) presente no controle PI. O mesmo comportamento é observado durante a frenagem:

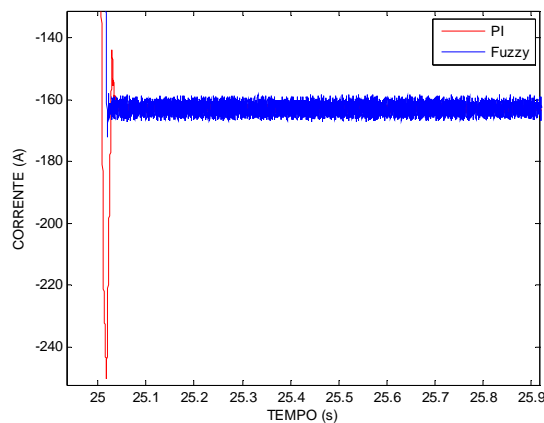


Fig. 15. Detalhe da corrente durante frenagem para modelo com PWM.

Novamente o controle *fuzzy* conseguiu eliminar o pico de corrente do controlador PI (nesse caso de cerca de 50%).

Por fim, tem-se o gráfico da descarga da bateria com cada controlador (Figura 16). Pode ser visto que o estado de carga se comportou de maneira igual nos dois casos. Isso se deve ao fato de o desempenho do veículo ter sido igual com os dois controladores. Assim, o controlador *fuzzy* controlou a corrente elétrica de maneira mais suave sem comprometer a eficiência energética do veículo.

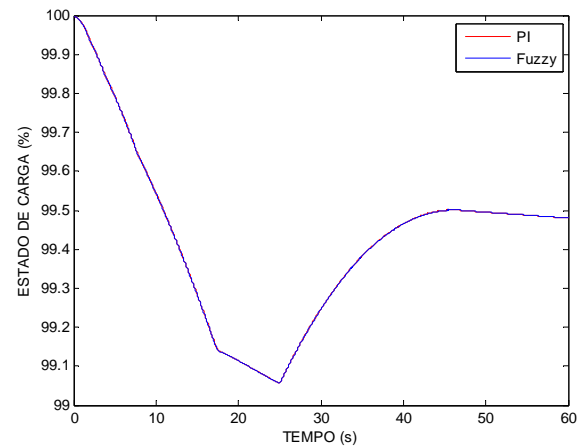


Fig. 16. Descarga da bateria.

VI. CONCLUSÕES

Conforme pretendido, conseguiu-se projetar um controlador de corrente e de velocidade para um motor de corrente contínua aplicado em um veículo puramente elétrico, fazendo-se uso de sistema inteligente, a saber, sistema de inferência *fuzzy*. Em ambiente computacional, por meio de modelo previamente desenvolvido, simulou-se o sistema completo, tanto elétrico quanto mecânico do veículo, para verificação do funcionamento da topologia de controle proposta. Por meio da análise dos gráficos obtidos, houve êxito no melhor controle da corrente elétrica do motor, de modo a evitar sobrepicos de corrente, sem redução do desempenho do veículo.

REFERÊNCIAS

- [1] J. Larminie, J. Lowry, *Electric Vehicle Technology Explained*. 1. ed. – Chichester: John Wiley & Sons, 2003, ch. 1.
- [2] P. R. U. Guazzelli, C. A. De Francisco and O. Ogashawara, “Modelagem e simulação de veículo elétrico”. In Anais do Congresso de Iniciação Científica do Inatel 2013 – Incitel, Santa Rita do Sapucaí, 2013.
- [3] P. R. U. Guazzelli, M. Suetake, C. A. De Francisco and O. Ogashawara, “Proposta e simulação de um sistema de controle de motor CC para veículos elétricos considerando a dinâmica veicular,” presented at the XI Conferência Brasileira de Controle, Dinâmica e Aplicações (Dincon), Fortaleza, CE, October 13–17, 2013.
- [4] Tesla Motors, (2013). The Magic of Tesla Roadster Regenerative Braking [online], Disponível: <http://www.teslamotors.com/blog/magic-tesla-roadster-regenerative-braking>.
- [5] *Multi-Level Modeling for Rapid Prototyping*, The Mathworks Inc., 2011.
- [6] Pomílio, J. A. *Eletrônica de Potência* [online]. Disponível: <http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor>.
- [7] P. de L. Castrucci, A. Bittar, and R. M. Sales. *Controle Automático*. Rio de Janeiro, LTC, 2011. p. 272 to 278.
- [8] J. G. Hayes, R. P. R. de Oliveira, S. Vaughan and M. G. Egan. “Simplified electric vehicle power train models and range estimation”, in IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC '11. p. 1 – 5.
- [9] Nissan. (2009). Production of 100% Electric, Zero-Emission Nissan LEAF begins at Oppama, Japan [online]. Disponível: http://www.nissan-global.com/EN/NEWS/2010/_STORY/101022-01-e.html.
- [10] *Nissan Leaf Owner's Manual* [online], Nissan, 2011. Disponível: <http://large.stanford.edu/courses/2012/ph240/landreman1/docs/2012-Nissan-LEAF.pdf>.

Indicativos de Qualidade para Sistemas de Televisão Digital

Eduardo da Silva Mendonça

Luiz Guilherme Dionísio da Silva

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
eduardosm@get.inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
luizsilva@gee.inatel.br

Resumo— Este artigo contém informações sobre os três principais sistemas de televisão digital. Foram estabelecidos diante estudos e análises os indicativos e sub-indicativos de qualidade para sistemas de televisão digital.

Palavras chave— Indicativos, Qualidade, Sub-indicativos, Televisão Digital.

I. INTRODUÇÃO

A televisão é uma das mídias mais importantes já propostas. O sucesso desta tecnologia está creditado ao modelo de comercialização, que permitiu acesso democrático à informação. Esta acessibilidade passou a exigir que a televisão evoluísse, a fim de melhor atender os espectadores. Assim, os países buscaram investir em pesquisas na melhoria do sistema.

A televisão digital esta creditada à evolução da televisão analógica, a fim de obter melhores resultados diante a qualidade de áudio e vídeo. Esta tem também o objetivo de prover interatividade entre o usuário e a emissora de televisão. Com a TV Digital em andamento os aparelhos móveis (celulares, PDA's, etc) podem receber sinais de televisão em qualquer local e a qualquer momento. Com esta tecnologia os telespectadores podem gravar um programa e assistir outro.

No início da década de 1980 pesquisadores japoneses começaram os estudos para melhorar a qualidade da televisão analógica. Este novo projeto denominado de MUSE (*Multiple Sub-Nyquist Sampling Encoding*)[10], operava na faixa de 27 MHz via satélite com qualidade de imagem e de áudio superior à analógica. Porém, este modelo conhecido como híbrido utilizava subportadoras analógicas com processamentos digitais.

Logo após o surgimento do padrão japonês, surgiu o padrão MAC (*Multiplexed Analog Components*) desenvolvido na Europa, operando na mesma faixa de frequência de 27MHz e obtendo partes analógicas com digitais [1].

Nos Estados Unidos, em 1987, foram iniciados estudos com o objetivo de aprimorar os sistemas de televisão. Os envolvidos nesta questão decidiram criar um novo padrão totalmente digital. Esta tecnologia teve sua principal característica focada na qualidade de áudio e vídeo,

permitindo programação simultânea na mesma faixa de frequência [2].

Na sequência foi proposto o padrão Europeu usando em sua camada física a tecnologia OFDM (*Orthogonal frequency-division multiplexing*). Por último o padrão japonês foi concebido com várias inovações, também usando em sua camada física o OFDM.

Deste modo, ao longo do tempo foram consolidados no mercado três principais padrões de TV digital designados como, padrão americano ATSC (*Advanced Television Systems Committee*), padrão europeu DVB (*Digital Video Broadcasting*) e padrão japonês ISBD (*Integrated Services Digital Broadcasting*) [3].

O objetivo deste artigo é estudar os principais padrões de televisão digital e propor indicativos de qualidade que permitam a um gestor, obter informações que auxiliem na escolha do sistema mais adequado a ser adotado por uma determinada região.

A motivação para propor este estudo está na importância que a televisão digital apresenta na sociedade, pois o tema continua sendo debatido em razão de algumas regiões ainda não possuírem um padrão de televisão digital definido.

O relatório está estruturado de modo a apresentar na primeira seção a introdução, com o objetivo e motivação do estudo. Na segunda seção encontra-se um descritivo sobre as pesquisas realizadas para se obter os indicativos e sub-indicativos. Na terceira sessão é apresentada a conclusão sobre o artigo.

II. INDICATIVOS DE QUALIDADE

Os indicativos de qualidade foram definidos através da comparação dos principais sistemas de televisão digital existentes no mundo.

Dentro de cada indicativo de qualidade proposto para o sistema de TV digital, foram definidos sub-indicativos. Estes estão focados na confiabilidade sobre o sistema implantado em uma determinada região, informando se o mesmo é eficiente e atende as necessidades locais. Estas necessidades foram escalonadas em função dos indicativos, técnicos, econômicos, políticos, históricos, sociais e geográficos. Deste

modo foi possível estabelecer seis dimensões elencadas a seguir.

A Figura 1 ilustra o diagrama em blocos dos indicadores de qualidade propostos para o estudo.



Fig. 1 – Diagrama em blocos dos indicadores de qualidade.

Fonte: Autor.

A. Técnicos

O indicativo técnico tem como objetivo definir as principais características técnicas dos sistemas de televisão digital. Deste modo definem-se todas as características da camada física do sistema de transmissão e recepção. Dentro do indicativo técnico foram estabelecidos três sub-indicativos [4].

Conforme ilustra a Figura 2, os sub-indicativos técnicos estão em destaque. Os sub-indicativos selecionados e seus aspectos gerais são:

Características técnicas: São as características de transmissão, recepção, áudio, vídeo, modulação, codificação entre outras a serem constadas de cada padrão de TV digital.

Canal de Comunicação: São definidos os canais típicos que podem ser considerados para a transmissão digital de televisão.

Estrutura de Interatividade: É a estrutura para a troca de informação entre o transmissor e o receptor.



Fig. 2 - Indicativo Técnico e seus sub-indicativos.

Fonte: Autor.

B. Econômico

No indicativo econômico esta envolvida toda a relação econômica da região onde será implantada determinada tecnologia de televisão digital. Para tal fim, levanta-se o custo do sistema para implantação em uma determinada região, a quantidade de investimento direcionado, proveniente do governo ou particulares, e qual o público alvo que este sistema pretende atingir. [5]

Dentro do indicativo econômico foram definidos seis sub-

indicativos.

A Figura 3 ilustra o indicativo econômico e seus sub-indicativos. Os sub-indicativos selecionados e seus aspectos gerais são:

Público alvo: Tem o objetivo de identificar qual o público que mais se aproxima de cada tecnologia de TV digital.

Perfil Econômico: Tem o objetivo de descobrir qual o perfil de cada região em que a tecnologia será instalada, diante dos aspectos econômicos.

Investimento em Pesquisa: É o capital investido em pesquisas afim de descobrir qual o melhor padrão de TV digital será implantado em uma determinada região.

Retornos financeiros: É o retorno financeiro que trará para cada empresa quando instalar a tecnologia.

Inovações tecnológicas: Este sub-indicativo objetiva entender como a inovação tecnológica poderá influenciar na escolha do padrão para uma determinada região.

Tempo de adaptação: Este sub-indicativo tem o objetivo de entender quanto será o capital investido no sistema de televisão.



Fig. 3 – Indicativo Econômico e seus sub-indicativos.

Fonte: Autor.

C. Político

No indicativo político, está envolvida toda a parte de aprovação das concessões do governo com relação ao meio empresarial, considerando a legislação do país no qual será implantado o sistema de TV digital. Dentro do indicativo político foram estabelecidos dois sub-indicativos. [6]

A Figura 4 ilustra os sub-indicativos políticos. Os sub-indicativos selecionados e seus aspectos gerais são:

Política Pública: Este sub-indicativo objetiva estudar como a política pública irá influenciar na escolha de um padrão de TV digital.

Legislação: Abordar as leis estabelecidas pelo governo para promover o uso da TV digital. Entre elas pode-se destacar a inclusão digital, o estímulo a pesquisa e desenvolvimento.

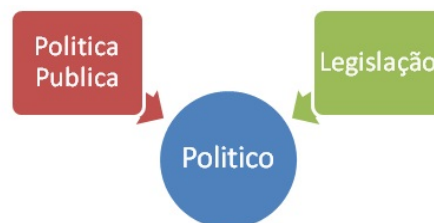


Fig. 4 – Indicativo Político e seus sub-indicativos.

Fonte: Autor.

D. Geográfico

O indicativo geográfico, leva em consideração a morfologia do terreno onde será implantado o sistema. Esta análise precisa ser feita para verificar o nível de dificuldade estabelecido para a comunicação entre a estação transmissora e o receptor. É importante também avaliar o impacto ambiental, para que não haja influência na fauna e flora da região de implantação. [7] Dentro do indicativo geográfico foram definidos dois sub-indicativos.

A Figura 5 ilustra os sub-indicativos geográficos. Os sub-indicativos selecionados e seus aspectos gerais são:

Morfologia do terreno: Este sub-indicativo tem como objetivo verificar os aspectos morfológicos do terreno e informar as condições da região para a instalação do transmissor e do receptor.

Impacto Ambiental: Tem o objetivo de analisar os impactos ambientais que a implantação da estrutura da TV digital pode trazer para uma determinada região.



Fig. 5 – Indicativo Geográficos e seus sub-indicativos.

Fonte: Autor.

E. Histórico

O indicativo histórico aborda a evolução temporal dos padrões de televisão. Esta condição possibilita verificar se o padrão de TV digital adotado teve influência histórica ou está herdando alguma característica com relação ao padrão de TV analógica que uma determinada região adotava [8].

Dentro do indicativo histórico foram definidos três sub-indicativos.

A Figura 6 ilustra os sub-indicativos históricos. Os sub-indicativos selecionados e seus aspectos gerais são:

Duração da pesquisa: É o tempo de pesquisa que foi necessário para a criação dos principais padrões de TV digital (Europeu DVB, Americano ATSC e o Japonês ISDB).

Tempo de adaptação: É o tempo que obteve para ser adaptado um novo padrão de televisão, no caso, a TV digital.

Recepção do público: Tem o objetivo de verificar como o público recebeu essa nova tecnologia.

F. Social

No indicativo social é considerado o tipo de público a ser atendido com o sistema de TV digital. A aprovação da sociedade é importante para a implantação de um determinado padrão, pois por meio dela serão definidas quais as vantagens que a implantação do sistema vai trazer àquela determinada região. Neste indicativo também será levado em consideração à cultura e costumes da região, para que não haja conflitos e

desconfortos entre a programação e as crenças locais [9].

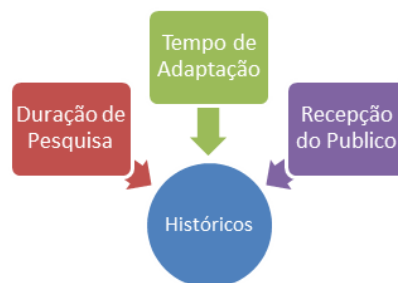


Fig. 6 – Indicativo Histórico e seus sub-indicativos.

Fonte: Autor.

Dentro do indicativo social foram definidos três sub-indicativos.

A Figura 7 ilustra os sub-indicativos sociais. Os sub-indicativos selecionados e seus aspectos gerais são:

Interatividade: Tem o objetivo de verificar o que cada padrão pode trazer de interação entre a TV digital e o público.

Público alvo: É a análise do tipo de público que utilizara o sistema de televisão digital.

Cultura do país: Tem o objetivo de analisar como a cultura de cada região aceita a implantação do padrão de TV digital.



Fig. 7 – Indicativo Social e seus sub-indicativos.

Fonte: Autor.

III. CONCLUSÃO

A televisão digital é um grande avanço tecnológico, pois permite a interação entre a emissora e o usuário. Esta interação faz com que maior número de usuários tenha acesso a diversos serviços que ainda não possuem em uma determinada região.

Este estudo conclui que os indicadores de qualidade podem auxiliar a implantação de um sistema de televisão digital em uma determinada região. Com os indicadores podem-se levantar todas as características que determinada região tem, ajudando a definir o melhor padrão a ser implantado, bem como o padrão que levará menos tempo para adaptação dos usuários.

REFERÊNCIAS

- [1] OLIVEIRA, Etienne César Ribeiro de. ALBUQUERQUE, Célio Vinícius Neves de. Artigo TV Digital Interativa: Padrões para uma nova era. Publicado no Instituto de Computação Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói-RJ, Brasil. (Acesso em 12/12/2013).

- [2] Artigo Modulação COFDM - Uma proposta atrativa para os padrões de TV Digital, de Ana Luiza Rodriguez e Regina Missias Gomes, do Instituto Superior de Ensino de Brasília – ISEB, 2004. (acesso em 02/08/20013).
- [3] Revista Mackenzie de Engenharia e Computação, Ano 5, n. 5, p. 13-96
- [4] <http://www.dtv.org.br/sobre-a-tv-digital/vantagens-da-tv-digital/> (acesso em 24/10/2012).
- [5] <http://www.educacao.cc/financeira/diferencas-entre-economico-e-financeiro-microeconomia-e-macroeconomia>. (acesso em 23/08/2013).
- [6] BOLAÑO, César. VIEIRA, Vinicius Rodrigues. Artigo publicado na Revista de Economía Política de las tecnologías de la Información y Comunicación, www.eptic.com.br, Vol. VI, nº2, May - Ago. 2004 (acesso em 25/10/2013).
- [7] Livro TV Digital no Brasil, Tecnologia versus política, Renato Cruz, Editora Senac São Paulo, 2008. (acesso em 10/04/2013).
- [8] FERNANDES, Jorge. LEMOS, Guido. SILVEIRAS, Gledson. Artigo Introdução à Televisão Digital Interativa: Arquitetura, Protocolos, Padrões e Práticas (acesso em 12/07/2013).
- [9] GOBBI, Maria Cristina. KERBAUY, Maria Teresa Miceli. Artigo Televisão Digital Informação e Conhecimento, Editora: Cultura Acadêmica, Ano 2010, (acesso em 20/11/2013).
- [10] http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialsbtvd/pagina_2.asp (acessada em 14/02/2014).

Estudo das Tecnologias e Implementação de Cidades Digitais

Matheus da Costa de Souza

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
matheussouza@get.inatel.br

Calebe Simões Jorge

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
calebe_10@hotmail.com

André Luis da Rocha Abbade

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
abbade@inatel.br

Mário Ferreira Silva

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
mario.ferreira@inatel.br

Resumo – Com o avanço das telecomunicações os setores públicos tem a oportunidade de prover inclusão digital para a população, e fazer a otimização de serviços dentre as esferas e tecnologias utilizadas para a intercomunicação dos setores administrativos, educacionais e da saúde. Esse estudo teve como objetivo levantamento de diversos modelos de cidades digitais, assim como os serviços disponíveis da cidade. Ao final serão apresentadas as simulações de duas topologias de rede, uma responsável pela segurança pública e outra pelo acesso à internet em lugares estratégicos na cidade de Santa Rita do Sapucaí - MG. Todas as simulações foram feitas no software Radio Mobile, com ajuda do Google Earth para pesquisa de coordenadas geográficas e dados topográficos.

Palavras-Chave: cidade digital, inclusão digital, segurança pública, rádio enlace.

I. INTRODUÇÃO

Este documento traz uma explicação sobre cidade digital, um levantamento dos principais modelos existentes no Brasil, e uma descrição das tecnologias e normas utilizadas para a interconexão dos setores e serviços dispostos para os municípios e prefeituras.

É apresentada também uma pesquisa sobre as soluções de softwares livre e licenciados para a gestão da cidade digital, tendo como foco a simulação das conexões feitas para o projeto de Santa Rita do Sapucaí – MG.

II. ORIGEM DO TERMO

Os primeiros projetos intitulados de Cidades Digitais tiveram sua origem nos Estados Unidos onde a América Online (AOL), detentora dos direitos sobre o termo “Digital City” no país, desenvolvia, a partir de 1985, projetos de “cidades digitais”, que proviam aos moradores recursos como notícias relevantes em nível local, entretenimento, comércio, publicidade local e ofertas de empregos [1].

Na Europa o projeto pioneiro foi o “De Digital Stad” (DDS). Desenvolvido em Amsterdam dez semanas antes das eleições locais de 1994, esse projeto teve como propósito inicial estabelecer um diálogo eletrônico entre o conselho municipal e os moradores da cidade [2], em 4 anos alcançou 80.000 usuários.

Outros projetos surgiram pelo continente, como o Helsinki Arena 2000 Project em 1996, uma iniciativa da então Companhia Telefônica de Helsinki, tinha como objetivo a implementação de uma rede metropolitana de alta velocidade, para prover uma plataforma avançada web e serviços multimídia para os municípios [3].

No Japão foi desenvolvido em 1998 o “Digital City Kyoto”. O projeto contava com sensoramento em tempo real da cidade, possibilitando aos moradores ter acesso à dados de tráfego, meteorologia e vagas em estacionamentos [1].

Cada um desses projetos visavam objetivos distintos, porém, convergiam na disponibilidade ao usuário de uma plataforma virtual das cidades em 2D ou 3D.

Uma Cidade Digital não se restringe aos serviços agregados pelos projetos citados acima, contudo, a partir desses empreendimentos que se difundiu o termo e o conceito passou a ser desenvolvido.

III. DEFINIÇÃO DE CIDADE DIGITAL

Atualmente o conceito de cidade digital tem sido empregado de diversas formas, a mais comum baseia-se em uma estrutura de distribuição ponto-multiponto do acesso internet, geralmente feito em praças ou em áreas de grande demanda.

Mas apenas isso não caracteriza um projeto pleno de cidade digital. E sim uma estrutura onde além do acesso à internet temos vários serviços agregados à rede, como a interconexão entre prefeitura, escolas, hospitais, serviços de assistência social, serviços de segurança pública e administração de recursos da união trazendo informações e processos em tempo

real. Existindo também o lado social, que permite a acessibilidade, inclusão digital e agilidade em serviços como marcar consulta médica, ou retirada de documentos online para a população através de telecentros e quiosques digitais dispostos gratuitamente.

IV. TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO PROJETO

Aqui apresentaremos as tecnologias que foram alvo de estudos por serem as mais utilizadas atualmente em um projeto de cidade digital, assim como seus parâmetros, pontos que contaram a favor e contra na escolha para a simulação.

A. Fibra Óptica

Em um projeto de cidade digital a fibra óptica é utilizada em centros onde a demanda de tráfego e confiabilidade de transmissão de dados são elevadas.

Para essa função escolhemos a tecnologia GPON (Gigabit Passive Optical Network).

Padronizada pela ITU-T (União Internacional das Telecomunicações), com uma largura de banda de 2,5 Gb/s possui transmissão bidirecional, podendo operar em modo quadro ethernet, modo célula (ATM) ou modo misto, agregando o QoS do ATM e a eficiência do Ethernet.

O alcance lógico do GPON é de 60 km, com alcance físico máximo de 20 km, sendo 10 km o limite para altas taxas de transferência. A Tabela I apresenta as principais características do GPON

TABELA I
PARÂMETROS GPON

Características	GPON
Padrão	ITU-T G.984
Capacidade de transmissão	2.5 Gb/s
Tamanho do pacote de dados	53-1518 bytes
Protocolo	ATM/Ethernet
λ downstream	1490-1550 nm
λ upstream	1310 nm
Alcance	20 km
Custo estimado	Médio
Largura e banda média por usuário	20 Mb/s

B. Tecnologia Wireless

Grande parte das conexões em uma cidade digital é feita por redes sem fio. Essa tecnologia tem a vantagem de interligar pontos sem a necessidade de meios físicos, muitas vezes inviáveis devido a inúmeros fatores, como custo, distância e geografia do local, entre outros pontos.

Os padrões adotados são Wi-Fi e WiMAX. A primeira é responsável pela distribuição do acesso à internet e os serviços disponíveis no projeto para o usuário final, já o WiMAX tem como objetivo a intercomunicação de pontos distantes entre si e distantes do centro de gerenciamento da rede.

B.1 Frequências

Quando projetamos uma rede sem fio para uso público e ou

de longo alcance, as frequências utilizadas precisam estar dentro dos padrões e normas da ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações).

Quando tratamos do Wi-Fi, não existem restrições, pois sua faixa de frequência não é licenciada e seu raio de atuação é pequeno. Já o WiMAX possui faixas que são de uso exclusivo para alguns tipos de serviços e faixas de frequência que para o uso é necessário autorização do órgão regulador evitando que haja interferência na transmissão.

A Tabela II apresenta as faixas de frequência utilizadas no projeto.

TABELA II
FAIXA DE FREQUÊNCIAS UTILIZADAS

Tecnologia	Frequência	Licença ANATEL
Wi-Fi	2.4 GHz 5.0 GHz	Não licenciada
WiMAX	4940MHz até 4960MHz	Não licenciado para serviços de defesa civil e segurança pública.
WiMAX	3400MHz até 3410MHz	Não licenciado para serviços de administração pública e inclusão digital

B.2 Wi-Fi

Tecnologia utilizada em redes locais WLAN (Wireless Local Area Network), que permite a conexão à internet com velocidade de até 74Mb/s. É subdividida em famílias, comparadas na Tabela III.

TABELA III
COMPARATIVO FAMÍLIAS Wi-Fi

Protocolo 802.11	Frequência GHz	Taxa de transmissão real	Distância indoor
a	5	23 Mb/s	35 m
b	2.4	4.5 Mb/s	38 m
g	2.4	19 Mb/s	38 m
n	2.4/2.5	74 Mb/s	70 m

V. GERENCIAMENTO DE UMA CIDADE DIGITAL

Com o projeto de uma Cidade Digital, vem a busca de soluções para a gestão das áreas administrativa, social, educativa, saúde e de planejamento através de uma ferramenta capaz de suprir necessidades de comunicação e adequação de serviços entre as secretarias da prefeitura. Essa ferramenta auxilia o gerenciamento do município através de relatórios trazendo dados importantes para a decisão de quais pontos e serviços são falhos ou tem a necessidade de ajustes, agilizando

a manutenção fazendo os serviços fluírem com maior rapidez.

Com a inserção dos dados econômico no sistema temos uma transparência sobre quais setores e localidades a verba municipal está sendo utilizada, tornando a fiscalização de impostos e gasto mais segura e fácil.

Para a população traz a comodidade da retirada de segunda via de documentos e boletos de impostos com mais rapidez e transparência além de consultas sobre o status sócio econômico perante a prefeitura[4].

A. Apresentação de algumas soluções e empresas de gestão em Cidades Digitais

Os softwares que promovem a gestão de Cidades Digitais, tem o objetivo de facilitar a administração das secretarias da prefeitura, transparecer o setor financeiro e oferecer serviços aos munícipes com baixa demanda de tempo e deslocamento.

A.1 WIZ SYSTEMS

Empresa desenvolvedora do SIGEM (Sistema Integrado de Gestão) que é formada por sete ferramentas descritas abaixo[5].

SIGEM Finanças: Responsável pelos serviços orçamentários, controle e operação de empenhos, extra - orçamentário, contabilidade pública e gestão financeira, disponibilizando criação e consulta de relatórios das áreas relacionada.

SIGEM Tributação gerencia cadastros imobiliários e de atividades através dos módulos IPTU, ISSQN, Controle de Arrecadação e Dívida Ativa, Certidões e Notificações, Taxas e Serviços, Contribuição e Melhorias e ITBI (avaliação de imóveis, registro de transações, tabela de alíquotas, emissão de guias de recolhimento, associado ao módulo IPTU para levantar mudanças de proprietários e áreas de imóveis).

SIGEM Suprimentos permite uma melhor distribuição e utilização dos recursos disponíveis, controlando processos através dos sistemas de administração de Compras e Licitações, administração Patrimonial e administração de Materiais e Movimentações.

SIGEM Saúde conta com os serviços para agendamento de consultas, controle de FAA'S (Ficha de Atendimento Ambulatorial), Autorização de Internação Hospitalar (AIH), informações de laudos de internação e vigilância à saúde. Integrando os dados dos postos e unidades de saúde com a Secretária Municipal.

SIGEM RH cuida do gerenciamento pessoal como folha de pagamento, controle de saldos financeiros e cálculo dos recursos.

SIGEM Legislativo é uma ferramenta direcionada às necessidades das Casas Legislativas, suportando dois módulos que são o Controle do Processo Legislativo e o Arquivamento e Recuperação de Documento.

SIGEM Protocolos supre a necessidade de gerenciar grandes volumes de documentos.

Com processos automatizados fornece total controle sobre protocolos garantindo acesso à informação e mais produtividade administrativa, particionado em Cadastro, Movimentação, Consultas e Relatórios.

A.2 CCANet

Em parceria com a Confederação Nacional de Municípios (CNM) criou o SiamWeb. Serviço disponível em plataforma web, não sendo necessária instalação de softwares nas estações de trabalho e possuindo seu código livre, que é repassado para o solicitante após a compra, trazendo a possibilidade de implementação de novos serviços de acordo com a demanda do município.

Atualmente o SiamWeb é utilizado para gerir as esferas, administrativa, financeira, de recursos humanos, tributária e patrimonial.

A empresa também atua com o sistema ISS (Imposto sobre Serviço) Digital.

Essas soluções trazem transparência na administração da prefeitura e agilidade em serviços básicos como consultas de protocolos, retirada de segunda via de documentos e boletos[4].

A.3 INTERCOM

A empresa conta com cinco módulos do Sistema Integrado de Administração (SIA) [6].

SIA Saúde traz um sistema informatizado para a administração da Secretaria Municipal de Saúde proporcionando um serviço online 24 horas.

SIA Assistência Social proporciona um ambiente que auxilia na administração da secretaria de Assistência Social, trazendo acesso em tempo real de informações reduzindo o tempo para atendimento e trazendo confiabilidade e maior eficiência nos serviços prestados diariamente.

SIA Agricultura reúne cadastro e controle de agricultores e dependentes, relatórios por região e geral em tempo real, trazendo dados relevantes sobre a situação agrária.

SIA Vigilância Sanitária trata da unificação dos serviços prestados nessa área como controle de alvarás, controle de atendimento e inspeção sanitária, controle de reclamações e denúncias, controles de atestado e relatórios gerenciais

VI. MÓDULO DE MONITORAMENTO POR CÂMERAS DE VÍDEO

Este módulo tem por objetivo fornecer infraestrutura de monitoramento de pontos críticos para a segurança pública por câmeras de vídeo. O monitoramento de vias públicas tem se popularizado entre as cidades brasileiras e vem apresentando resultados positivos no combate à criminalidade [7]. Neste trabalho simulamos em software um sistema de CFTV que consiste em 16 pontos estratégicos de monitoramento estipulados em parceria entre o ICC (Inatel Competence Center) e a Polícia Militar (PM) de Santa Rita do Sapucaí-MG. O sistema conta também com um servidor de monitoramento e armazenamento das imagens situado no quartel da PM.

A tecnologia escolhida para os enlaces foi o IEEE802.16e (WiMAX) operando na faixa de frequência de 4,9 MHz. A faixa de frequência escolhida se deve a Resolução nº 494, de 24 de março de 2008 da ANATEL que, considerando os resultados da Conferência Mundial de Radiocomunicações 2003 (CMR - 03), destina a faixa de radiofrequências de 4.940 MHz a 4.990 MHz para uso em aplicações de Segurança

Pública e Defesa Civil. [8].

Para o projeto foi adotado os parâmetros dos rádios da família BreezeACCESS 4900 do fabricante Alvarion cuja eficiência espectral de modulação escolhida foi de 6 b/s/Hz (64 QAM). A faixa de frequência disponível é de 20 MHz (4.940 a 4.960 MHz), que disponibiliza, teoricamente, 120 Mb/s. Para efeito prático assumiremos a metade dessa taxa considerando as variações no sistema. Para cada ponto da simulação são atribuídas três câmeras, cada uma utilizando uma taxa máxima de 3 Mb/s. Após análise da distribuição das câmeras de vigilância, dados topográficos da região e área de cobertura das antenas, o sistema foi distribuído em 3 redes sendo esse o número mínimo para o funcionamento do projeto, a cada rede é atribuído um retransmissor situado no Morro do Cruzeiro, ponto de maior elevação dentro da área urbana (conforme observado na Figura 1), tendo a função de retransmitir os dados para a central no quartel da PM.

A distribuição dos sistemas está descrita na Tabela IV.

TABELA IV
TAXA DE TRANSMISSÃO E POSSÍVEL EXPANSÃO DO NÚMERO DE CÂMERAS.

Rede	Sistema	Pontos	Câmeras	Taxa Utilizada	Pontos Disponíveis
PMP1	RX_Cruzeiro1	06	18	54 Mb/s	02
PMP2	RX_Cruzeiro1	05	15	54 Mb/s	05
PMP3	RX_Cruzeiro1	05	15	54 Mb/s	05

VII. MÓDULO DE INTERCONEXÃO À INTERNET

Com o objetivo de prover acesso à internet em locais estratégicos da cidade, esse Módulo traz uma solução com cinco enlaces trabalhando na faixa de frequências 3400 MHz até 3410 MHz, faixa escolhida por ser de uso livre para gestão de Cidades Digitais e Inclusão Digital segundo regulamentação da ANATEL.

Com a demanda da cidade de Santa Rita do Sapucaí – MG, foram escolhidos nove pontos de acesso para a distribuição do sinal de internet, sendo quatro enlaces “ponto-multiponto” e um “ponto-a-ponto” com a prefeitura, garantindo assim uma taxa de transmissão teórica (50% da taxa simulada) de 10 Mb/s por ponto.

Os parâmetros e equipamentos adotados foram os mesmos utilizados no Módulo de Monitoramento por Câmeras de Vídeo, citados na Tabela VI.

VIII. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

A simulação foi realizada no software Radio Mobile considerando os parâmetros de terreno e clima, apresentados na Tabela V, e características técnicas dos equipamentos, apresentados na Tabela VI [9][10].

TABELA V
PARÂMETROS SANTA RITA DO SAPUCAÍ.

Parâmetro	Valor
Refratividade da superfície	301 [N-Units]
Condutividade do solo	0,005 [S/m]
Permissividade média do solo	15
Clima	Subtropical continental

TABELA VI
PARÂMETROS DOS EQUIPAMENTOS.

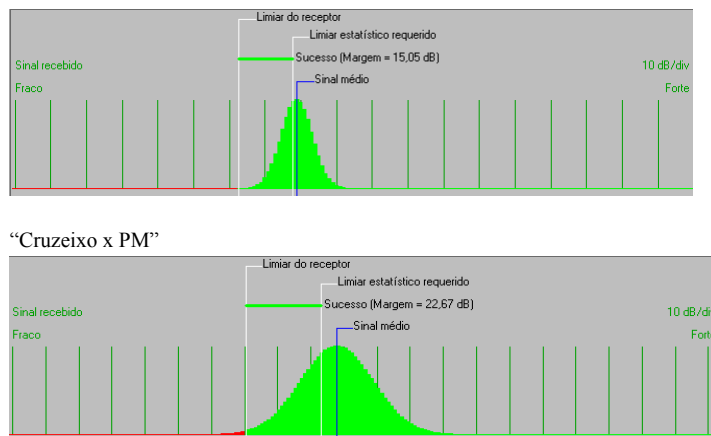
Parâmetro	Valor
Potência de transmissão	20 [dBm]
Limiar de recepção	-71 [dBm]
Perda de linha	1 [dB/m]
Antena	Corner
Ganho da antena	21 [dBi]

Para os enlaces “ponto-a-ponto”, adotamos os parâmetros reais apresentados na Tabela VII.

Tabela VII
PARÂMETROS ENLACES “PONTO-A-PONTO”

Ponto	Altura da antena [m]	Azimute* [graus]	Elevação* [graus]	Posição
Estação Cruzeiro 1	50,0	228,4	-13,02	Lat: 22,24348S
				Long: 45,69809O
PM	7,0	48,4	13,01	Lat: 22,24944S
				Long: 45,70534O
Estação Cruzeiro 2	50,0	225,8	-6,44	Lat: 22,24348S
				Long: 45,69809O
Prefeitura	7,0	48,5	6,42	Lat: 22,15219S
				Long: 45,42435O

A Simulação mostrou que, para os parâmetros adotados, os enlaces se estabeleceriam sem perdas relevantes no sinal, pois o nível do sinal recebido é superior ao limiar de recepção do equipamento conforme mostra a Figura 2.



Apresentamos no apêndice A os resultados dos níveis relativos de sinais, bem como as decisões de projeto necessárias, de todos os enlaces “ponto-multiponto”.

REFERÊNCIAS

- [1] ISHIDA, Toru; ISBISTER, Katherine. Digital Cities: Technologies, Experiences, and Future Perspective. Kyoto: Springer Verlag, 2000. Cap. 1, p. 1-16.

- [2] Rustema, R. (2001) “The Rise and Fall of DDS: evaluating the ambitions of Amsterdam’s Digital City”, PhD thesis, University of Amsterdam.
- [3] R. Linturi, M. Koivunen and J. Sulkanen, “Helsinki Arena 2000 – Augmenting a Real City to a Virtual One,” Digital Cities: Experiences, Technologies and Future Perspectives
- [4] <http://www.guiadascidadesdigitais.com.br/site/pagina/software-facilitam-a-gesto-municipal>
- [5] <http://www.wizsyst.com/>
- [6] <http://www.intercom.inf.br/paginas/sismunicipal.php>
- [7] <http://www.guiadascidadesdigitais.com.br/site/pagina/cmeras-ip-ajudam-na-segurana-pblica> (consultado em 10/2013).
- [8] <http://legislacao.anatel.gov.br/resolucoes/23-2008/259-resolucao-494> (consultado em 10/2013).
- [9] FERREIRA SILVA, Mario : Cidade Digital. Santa Rita do Sapucaí: Inatel Competence Center, 2012.
- [10] ALVARION. BreezeACCESS 4900: Broadband Wireless Access at the Frontline of Homeland Security. (Disponível em <http://www.alvarion.com/>)

Apêndice A

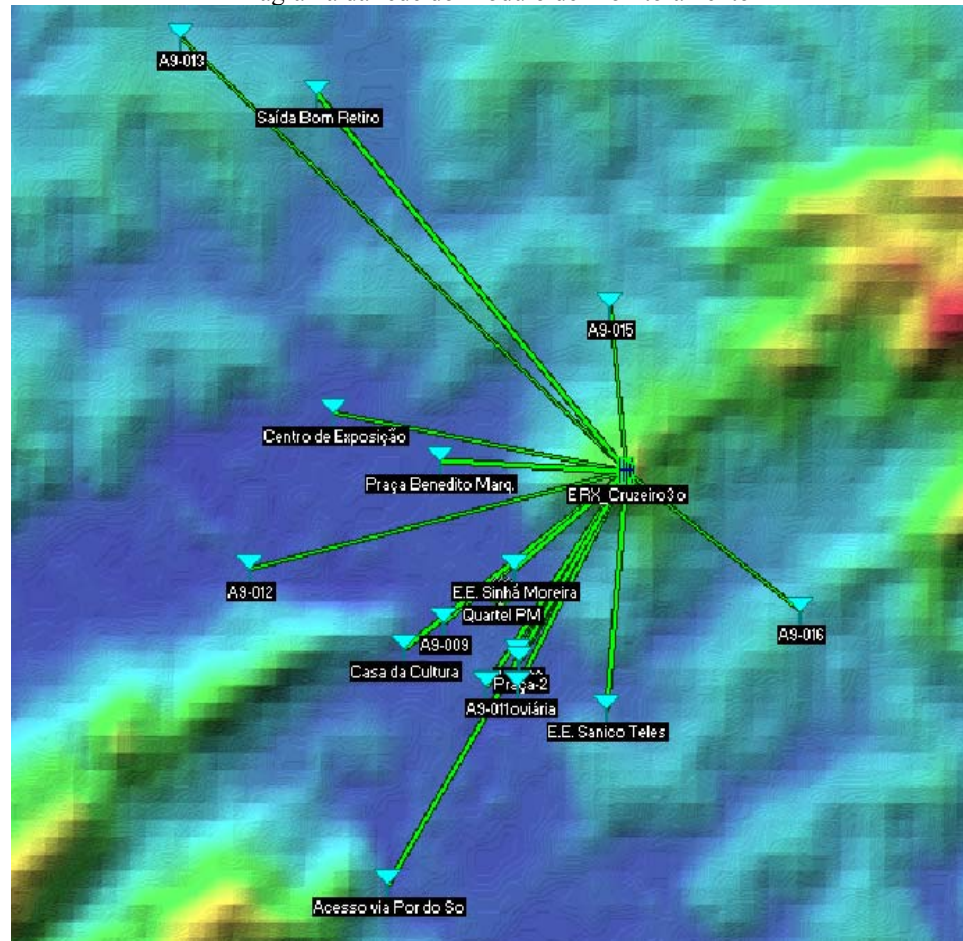
A seguir os resultados dos níveis relativos de sinais entre cada ponto de monitoramento e seu respectivo receptor, parâmetros adotados para a otimização da recepção do sinal e um comparativo das imagens reais e da simulação.

As condições de terreno e os equipamentos adotados foram os mesmos dos adotados para o enlace “ponto-a-ponto” (tabelas V e VI).

“Módulo de Monitoramento por Câmeras”

REDE	PONTO	ALTURA DA ANTENA [m]	AZIMUTE [graus]	ELEVAÇÃO [graus]	RX RELATIVO [dB]
PMP 1	RX Cruzeiro1	50,0	295,00	0,00	-----
	A9-013	7,5	132,09	2,914	8,1
	Saída Bom Retiro	7,0	138,56	4,078	8,6
	A9-015	7,0	173,67	10,686	7,2
	Centro de Exposição	7,5	100,56	7,480	7,4
PMP 2	RX Cruzeiro2	50,0	233,6	-7,99	-----
	A9-012	7,5	76,57	5,733	7,0
	Praça Benedito Marques	8,0	93,00	11,792	8,7
	A5-003	7,5	32,97	10,597	18,7
	A9-009	8,0	52,88	9,722	21,2
	A9-011	7,5	35,23	9,113	18,1
	Casa da Cultura	7,5	53,62	7,976	19,6
	Acesso via Pôr do Sol	10,0	31,91	4,903	9,0
	Praça-2	7,0	31,42	10,440	11,8
	Rodoviária	8,5	28,71	9,692	16,3
PMP 3	RX Cruzeiro3	50,0	180,00	0,000	-----
	E.E. Sanico Teles	7,5	5,16	9,738	20,5
	E.E. Sinhá Moreira	8,0	51,03	15,081	9,9
	A9-016	9,0	306,57	8,084	6,4

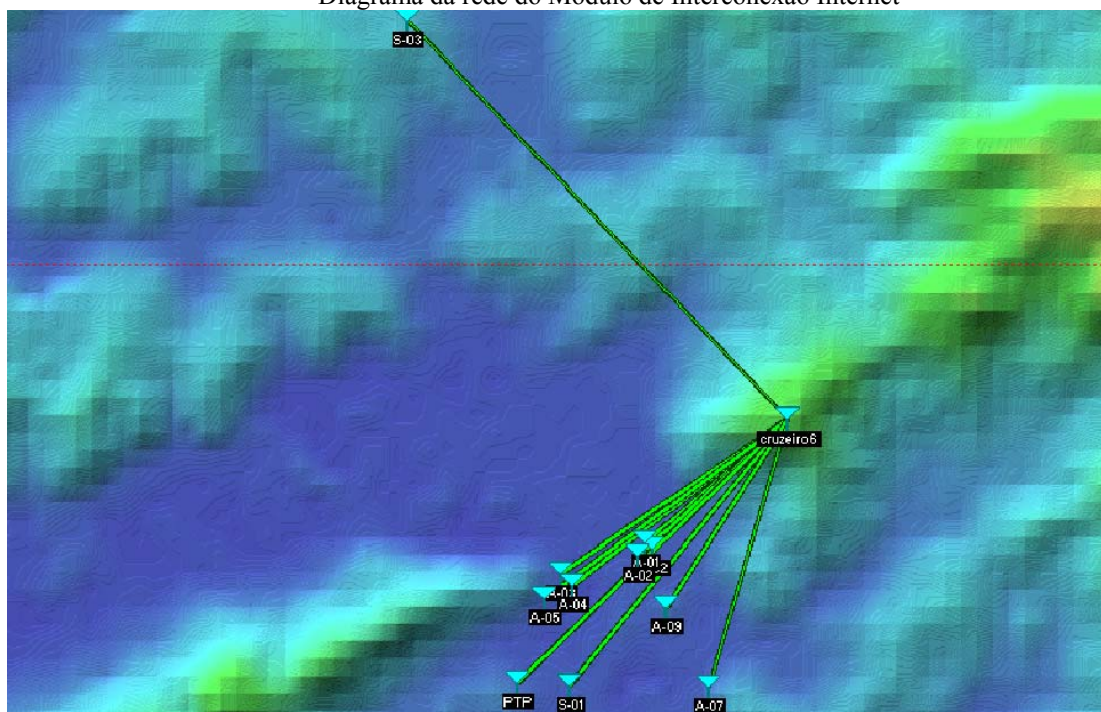
“Diagrama da rede do Módulo de Monitoramento”



“Módulo Interconexão Internet”

REDE	PONTO	ALTURA DA ANTENA [m]	AZIMUTE [graus]	ELEVAÇÃO [graus]	RX RELATIVO [dB]
PMP 4	RX Cruzeiro4	50,0	226,4	-13,10	-----
	S-02	6,0	46,4	13,09	18,1
	A-01	5,5	49,1	13,01	20,5
	A-02	5,0	47,6	12,24	20,3
PMP 5	RX Cruzeiro5	50,0	232,3	-9,28	-----
	A-03	6,0	56,0	8,98	17,3
	A-04	6,0	52,3	9,27	17,8
	A-05	5,5	53,8	8,15	16,9
PMP 6	RX Cruzeiro6	50,0	196,4	-8,74	-----
	S-01	6,0	39,5	5,87	11,2
	A-07	5	16,4	8,72	17,6
	A-09	5,5	32,9	10,64	15,0
PMP 7	RX Cruzeiro7	50,0	316,3	-3,53	-----
	S-03	4,5	136,3	3,51	10,4

“Diagrama da rede do Módulo de Interconexão Internet”



Transmissão de Sinais Digitais Utilizando Tecnologia Fotônica

Luís Antônio Ribeiro Scudeler

Antonio Alves Ferreira Júnior

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
scudeler@gee.inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
antonioa@inatel.br

Resumo—O objetivo deste trabalho inicial de pesquisa é descrever algumas técnicas de transmissão de sinais digitais utilizando a tecnologia fotônica. São apresentados os conceitos básicos de alguns formatos de modulação (BPSK e DBPSK), algumas técnicas para a transmissão destes sinais utilizando dispositivos fotônicos e optoeletrônicos, além de resultados através do diagrama de olho e da constelação, obtidos por meio de simulações considerando-se o efeito da dispersão cromática da fibra óptica no desempenho destes sistemas.

Palavras chave—comunicações ópticas, dispersão cromática, modulação digital, tecnologia fotônica.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, a tecnologia de fotônica em microondas tem um importante papel na interconexão global e muitos esforços têm sido direcionados às pesquisas e ao desenvolvimento no campo de comunicações a fibra óptica. A ampla largura de faixa e a baixa perda oferecida pela fibra óptica (0,2dB/km em 1550nm) justifica o interesse na implementação e projeto de soluções assistidas por dispositivos fotônicos e optoeletrônicos para sistemas de comunicação de alta capacidade e de longa distância. Esta demanda associada à necessidade de ampla largura faixa aumenta consideravelmente todo ano. A maioria dos serviços de comunicação é transmitida através de fibras ópticas, formando uma rede óptica global interconectada. Formatos avançados de modulações ópticas têm um papel importante no projeto dos modernos sistemas de comunicações a fibra óptica. A tecnologia de fotônica em microondas contempla a geração, o processamento, o controle e a transmissão de sinais de radiofrequência (RF) e microondas utilizando dispositivos fotônicos e optoeletrônicos. Os setores comerciais e militares são os principais demandantes desta tecnologia [1],[2].

O processo de inserir a informação no feixe de luz é conhecido como modulação óptica. Com o aumento da taxa de dados de transmissão o efeito da dispersão cromática da fibra óptica pode limitar a distância do enlace. Desta forma, há a necessidade de estudar outros formatos de modulação que apresentem mais vantagens.

Este trabalho descreve algumas técnicas de transmissão de sinais digitais utilizando a tecnologia fotônica. Apresentam-se os conceitos básicos de alguns formatos de modulação, como

a BPSK e a DBPSK, algumas técnicas para a transmissão destes sinais utilizando dispositivos fotônicos e optoeletrônicos. Os resultados foram obtidos através de simulações do diagrama de olho e da constelação, levando-se em conta o efeito da dispersão cromática da fibra óptica no desempenho destes sistemas. Ressalta-se que as não-linearidades da fibra óptica não são consideradas neste trabalho.

II. CONSIDERAÇÕES BÁSICAS SOBRE UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO DIGITAL

Um sistema de comunicação é constituído pelo transmissor, pelo canal (meio de comunicação) e pelo receptor. O papel do transmissor basicamente é converter determinada informação que se deseja transmitir em um formato adequado ao canal de comunicação. Como este trabalho envolve comunicações ópticas, o canal é representado pela fibra óptica e o transmissor deve converter a informação elétrica em um sinal luminoso que possa se propagar pela fibra. O canal, além de viabilizar a transmissão de um sinal, também pode degradá-lo comprometendo a qualidade da informação no destino. O receptor fica responsável em extrair a informação do sinal degradado pelo canal.

A Fig. 1 ilustra as formas de onda de algumas modulações digitais básicas, sendo ASK (*amplitude shift keying*), PSK (*phase shift keying*) e FSK (*frequency shift keying*). A Fig. 2(a) ilustra a densidade espectral de um sinal modulado em banda base que possui o espectro em torno da frequência nula, e o modulado em banda passante, Fig. 2(b), onde o espectro está em torno da frequência da portadora f_c . Por se tratar de um estudo inicial e por questão de simplicidade, será dada ênfase à modulação BPSK.

A. Modulação binária por chaveamento de fase (BPSK)

Cada símbolo carrega $k = \log_2 M = \log_2 2 = 1$ bit de informação. Então como $T = kT_b$, o período de bit será igual ao período de símbolo e conseqüentemente a taxa de bit é igual à taxa de símbolo nesta modulação. A forma de onda de cada símbolo em banda passante é dada por [3]:

$$s_1(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_c t) \quad \text{e} \quad s_2(t) = -\sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_c t) \quad (1)$$

onde $f_c = n_c/T_b$ para n_c inteiro e E_b representa a energia de bit. Pode ser observado que um símbolo é igual ao outro multiplicado por -1, caracterizando assim uma sinalização antipodal. Na Fig. 3 é ilustrado um sinal BPSK.

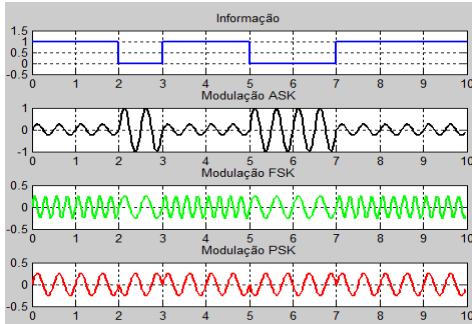


Fig. 1. Modulações digitais básicas.

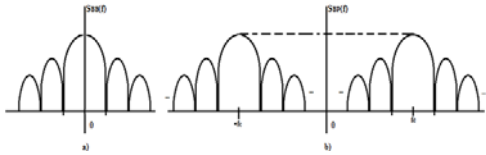


Fig. 2. Densidade espectral de potência em (a) banda base e em (b) banda passante.

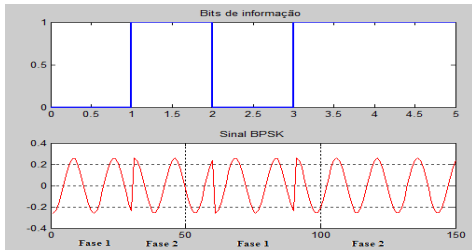


Fig. 3. Exemplo de um sinal BPSK.

Na Fig. 4 é ilustrado o modulador BPSK onde $\Phi_1(t)$ é a função base, sendo que por se tratar de uma modulação antipodal será preciso somente uma função base. Os bits de informação são convertidos em $\pm\sqrt{E_b}$ e depois multiplicados pela função base gerando assim o sinal BPSK. A Fig. 5 ilustra a constelação da modulação BPSK [3].

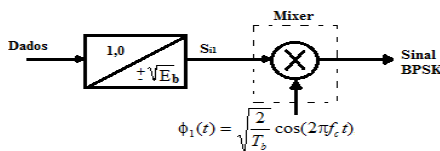


Fig. 4. Modulador BPSK.

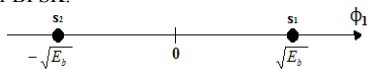


Fig. 5. Constelação BPSK.

No receptor, para detecção coerente é necessário que a função base esteja em sincronismo de fase (ou coerência de

fase) com a função base utilizada na transmissão. No demodulador (Fig. 6) será preciso apenas um bloco correlador pelo fato desta modulação utilizar uma função base (modulação unidimensional). Como a diferença de um símbolo para o outro é a polaridade, então será preciso somente determinar qual possui maior valor [3],[4]. O bloco S&H (amostragem com retenção) é usado para reter a amostra da correlação com a função base em um período de símbolo. Isso é feito para que a decisão do símbolo estimado não mude antes que o próximo intervalo de símbolo comece. Na saída do bloco S&H a amostra é comparada com zero obtendo-se o bit estimado.

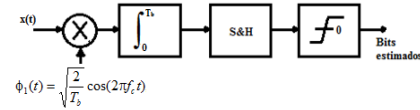


Fig. 6. Demodulador BPSK.

A maioria dos sinais modulados pode ser representada por um sinal com componentes em fase e em quadratura [3],[4]:

$$s(t) = s_I(t) \cos(2\pi f_c t) - s_Q(t) \sin(2\pi f_c t) \quad (2)$$

Nota-se que um sinal BPSK não possui a componente em quadratura e que $s_I(t)$ é uma sequência aleatória bipolar de pulsos retangulares de amplitude $\pm\sqrt{2E_b/T_b}$ dentro de um período de bit. Desta forma, o sinal pode ser escrito como $s(t) = s_I(t) \cos(2\pi f_c t)$. A densidade espectral de potência (DEP) do sinal BPSK em banda passante é ilustrada na Fig. 7 e é dada por [3],[4]:

$$S_{BB}(f) = \frac{E_b}{2} \sin^2[(f - f_c)T_b] + \frac{E_b}{2} \sin^2[(f + f_c)T_b] \quad (3)$$

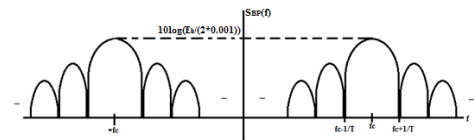


Fig. 7. DEP do sinal BPSK.

A eficiência espectral é a relação da taxa de bits pela banda ocupada, dada por bits por segundo por hertz. Assumindo que a banda ocupada por um sinal BPSK seja a banda do lobo principal da DEP então a eficiência espectral é obtida por [3]:

$$\rho = \frac{R_b}{B} = \frac{R_b}{2/T_b} = \frac{R_b}{2R_b} = \frac{1}{2} \text{ bit/s/Hz} \quad (4)$$

B. MODULAÇÃO DIFERENCIAL BPSK (DBPSK)

A detecção diferencial permite a correta demodulação sem ser preciso o estabelecimento de sincronismo de portadora. Essa técnica é bastante usada em sistemas de comunicação móvel onde o sinal recebido sofre variações aleatórias em sua fase dificultando o processo de sincronismo de portadora.

Dizer que a informação esta na fase relativa significa que a informação está na variação da fase, ou seja, se de um período de sinalização para outro do sinal recebido houver alteração na fase, o bit 0 (ou 1) foi transmitido. Se de um período para outro houve uma diferença na fase de π radianos o bit transmitido foi 1 (ou 0). A representação do sinal DBPSK com uma portadora de frequência e amplitude constante é representado por [3],[4]:

$$s_1(t) = \begin{cases} \sqrt{\frac{E_b}{2T_b}} \cos(2\pi f_c t), & 0 \leq t \leq T_b \\ \sqrt{\frac{E_b}{2T_b}} \cos(2\pi f_c t), & T_b \leq t \leq 2T_b \end{cases} \quad (5)$$

$$s_2(t) = \begin{cases} \sqrt{\frac{E_b}{2T_b}} \cos(2\pi f_c t), & 0 \leq t \leq T_b \\ \sqrt{\frac{E_b}{2T_b}} \cos(2\pi f_c t + \pi), & T_b \leq t \leq 2T_b \end{cases}$$

Na Fig. 8 é ilustrado um modulador DBPSK. Os bits de informação passam por um codificador diferencial que faz uso da operação ou-exclusivo (XOR) entre o bit de entrada e o resultado da operação XOR anterior. Em seguida, a sequência codificada diferencialmente passa por um modulador BPSK convencional. A função base do modulador DBPSK é a mesma vista para modulação BPSK [3],[4].

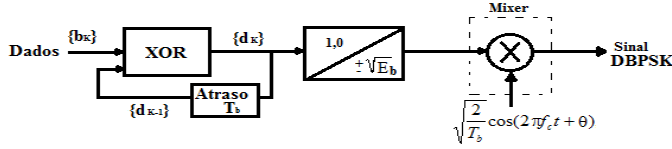


Fig. 8. Modulador DBPSK.

Na detecção não-coerente, a portadora de recepção não está em sincronismo com a de transmissão. Neste caso, pode-se dizer que a diferença de fase entre tais portadoras é uma variável aleatória uniformemente distribuída que assume valores de 0 a 2π . Se no receptor for usado somente uma função base é possível que em um momento qualquer a defasagem entre essa função base e o sinal recebido seja de $\pi/2$ fazendo com que a correlação entre esses dois sinais seja nula, impossibilitando a estimação do símbolo transmitido [3],[4].

A solução para este problema é o uso de duas funções base na recepção de forma que se a correlação do sinal com uma das funções base for baixa a correlação com a outra será alta. A operação equivalente à correlação no domínio vetorial é o produto interno. Se for feito o cálculo do produto interno no receptor entre o vetor sinal correspondente (x) em um instante e ele próprio em um instante de bit anterior, é possível através do sinal encontrado da operação, verificar se houve inversão de fase ou não, desta forma possibilitando a estimação do bit enviado [3]. A Fig. 9 ilustra o demodulador DBPSK. Observa-se que o sinal recebido passa por dois ramos correlatores cada um com uma função base de referência resultando nos componentes (x_{IK} e x_{QK}) do vetor observado (x) referente ao símbolo de índice zero ($K = 0$), ou $[x_0]^T = [x_{I0} \ x_{Q0}]$. Após T_b esse vetor observado (x_0) estará na saída dos blocos de atraso

e na saída dos correlatores estarão os componentes do próximo vetor sinal, ou seja, os elementos do vetor com índice um ($K = 1$), ou $[x_1] = [x_{I1} \ x_{Q1}]^T$. O cálculo do produto interno entre os vetores x_0 e x_1 resultará em um valor positivo caso não se tenha mudança de fase e negativo caso contrário. Então, a decisão de qual bit foi transmitido se resume em verificar se a variável y , definida na equação a seguir é positiva ou negativa [3],[4]:

$$y = x_0^T x_1 = [x_{I0} \ x_{Q0}] \times \begin{bmatrix} x_{I1} \\ x_{Q1} \end{bmatrix} = x_{I0}x_{I1} + x_{Q0}x_{Q1} \quad (6)$$

onde o operador $[\]^T$ representa matriz transposta. A eficiência espectral da modulação DBPSK é idêntica aquela apresentada para a modulação BPSK, pois a codificação diferencial feita antes da modulação não altera as características da densidade espectral de potência [3].

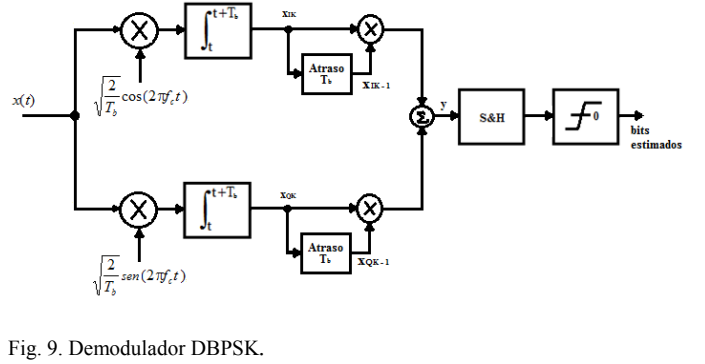


Fig. 9. Demodulador DBPSK.

III. TÉCNICAS DE TRANSMISSÃO DIGITAL COM FIBRA ÓPTICA

Serão apresentados alguns modelos de transmissores e de receptores ópticos ressaltando vantagens e desvantagens entre uma configuração e outra. Os modelos que serão discutidos são o NRZ-OOK e o NRZ-DPSK. A Fig. 10 ilustra uma visão geral dos formatos dos pulsos para as modulações que serão tratadas neste trabalho [5].

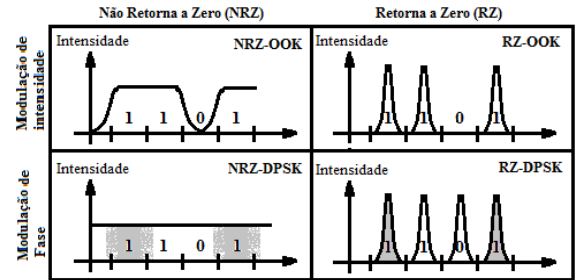


Fig. 10. Visão geral de alguns formatos de pulsos [5].

A. ON/OFF KEYING (OOK)

A demanda pelo aumento da capacidade em sistemas de comunicações implica no aumento da velocidade de transmissão de 10Gbps para 40Gbps (e esse valor continua a crescer) mantendo a qualidade do sinal. Com isso, os sistemas que utilizam modulações do tipo *on/off keying* ou simplesmente OOK (modulação de intensidade) são

fortemente afetados pela dispersão na fibra em enlaces de longas distâncias. A dispersão de modo de polarização (PMD) torna-se crítica em taxas de 40Gbps [5],[6].

B. NRZ-OOK

Esse tipo de modulação pode ser implementado de duas maneiras. A primeira consiste na variação direta da corrente do dispositivo laser para desta forma produzir uma variação na potência óptica em sua saída. A outra seria usando um modulador eletroóptico externo do tipo Mach-Zehnder (MZM), por exemplo, para alterar algumas características do sinal óptico emitido pela fonte de luz [5].

No domínio elétrico NRZ significa que o pulso não retorna a zero durante o período de bit. No domínio óptico essa definição ainda é válida, ou seja, o pulso NRZ não retorna a zero durante o slot de bit. Na Fig. 11 é ilustrado o esquema de um modulador NRZ-OOK em banda base utilizando um MZM. O receptor situado na extremidade de saída da fibra é constituído de um diodo fotodetector e um filtro passa baixas conforme ilustrado na Fig. 12 [5],[6].

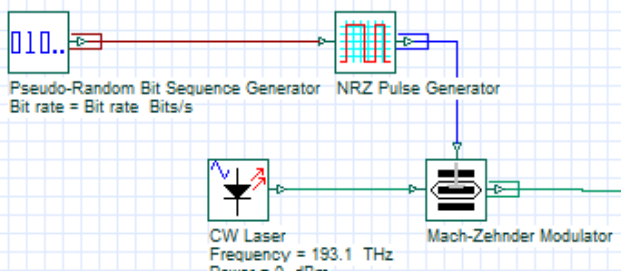


Fig. 11. Esquema do transmissor OOK em banda base com codificação de linha NRZ.

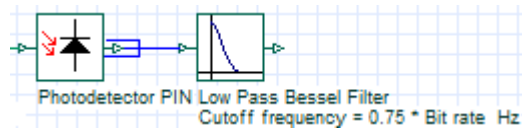


Fig. 12. Esquema do receptor OOK com codificação de linha NRZ.

Uma das formas mais simples de se implementar um transmissor óptico é utilizando o formato de modulação de intensidade NRZ-OOK. Para aplicações com taxas de 10Gbps (ou acima) em longas distâncias o modulador eletroóptico externo mais empregado é o MZM. Este modulador é polarizado em seu ponto de quadratura e deve ser controlado por um sinal que varia do mínimo ao máximo da função de transferência com uma variação de tensão de V_π como ilustrado na Fig. 13 [5]-[8].

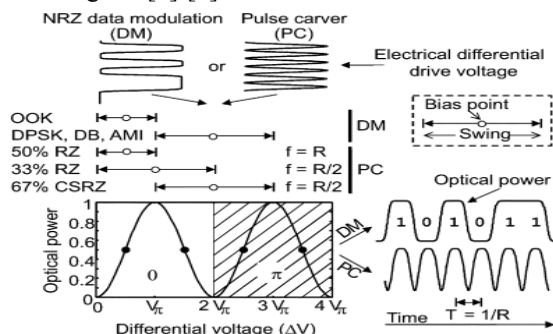


Fig. 13. Visão geral da polarização do MZM [5].

C. DPSK

A modulação DBPSK, ou DPSK, carrega a informação na mudança de fase. Os receptores de detecção direta que obedecem à lei quadrática utilizam a fase do bit precedente como referência para recuperarem a informação. Na saída do modulador existirá potência óptica em cada slot de bit. A informação será codificada nos deslocamentos de fase (0 ou π) entre os bits. Assim como a modulação OOK, a DPSK também pode ser implementada com NRZ-DPSK (a potência óptica ocupa todo o slot de bit) ou RZ-DPSK (a potência óptica ocupa somente uma parcela do slot de bit) [5]-[7].

A principal vantagem da modulação DPSK em relação à OOK é a OSNR 3dB menor requerida para atingir uma determinada BER [5],[9]. Essa menor exigência da OSNR pode ser utilizada para atingir maiores distâncias de transmissão, diminuir a potência óptica exigida, aliviar as condições de trabalho dos componentes, etc.. Existem outras vantagens de se utilizar modulação de fase diferencial. A DPSK com detecção balanceada é mais robusta para aplicações em filtragem óptica de banda estreita do que a OOK e também oferece maior tolerância a flutuação de potência do sinal no circuito de decisão no receptor. Experimentos mostraram que a DPSK é mais resistente a efeitos não-lineares se comparada com a OOK devido à potência óptica estar mais uniformemente distribuída e o pico de potência ser 3dB menor para a mesma potência óptica média [9].

A modulação DQPSK (modulação de fase em quadratura diferencial) e outros formatos multiníveis possuem alta eficiência espectral e maior tolerância à dispersão modal de polarização (PMD) e também à dispersão cromática [9].

D. NRZ-DPSK

Na Fig. 14 é ilustrado o esquema de um modulador NRZ-DPSK em banda base. Na construção do modulador foi utilizado um bloco gerador de bits aleatórios que representa os bits de informação e em seguida são aplicados na entrada do bloco do codificador diferencial (precoder) que realiza a operação XOR (ou-exclusivo) ou XNOR (não-ou-exclusivo) entre o bit de entrada e o resultado da operação XOR ou XNOR anterior. A sequência codificada diferencialmente é aplicada no bloco NRZ que converte a informação binária em informação elétrica e em seguida é aplicada ao MZM. Para criar um modulador RZ-DPSK seria necessário outro MZM para atuar como um modelador de pulso (*pulse carver*) [5],[7],[9],[10].

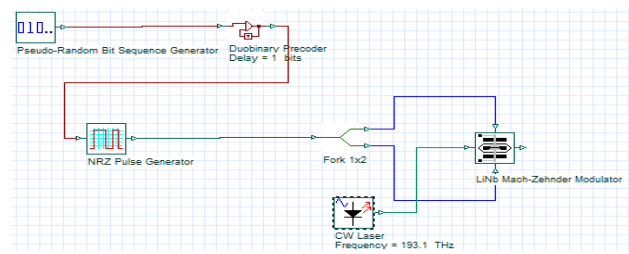


Fig. 14. Modulador NRZ-DPSK em banda base.

O sinal DPSK não pode ser diretamente recebido usando

detecção quadrática, pois um fotodetector converte a potência óptica em sinal elétrico, ou seja, ele não irá distinguir mudanças de fase do sinal. Então no receptor é utilizado um DI (*delay-interferometer*) que converte modulação de fase em modulação de intensidade. Como ilustrado na Fig. 15, no DI o sinal modulado em fase é dividido em dois percursos, e em um deles há um atraso correspondente a um período de símbolo, que neste caso é igual ao período de bit. O atraso é para que o bit atual interfira com o anterior, podendo ser uma interferência construtiva ou destrutiva [5],[9]. Na saída da porta destrutiva a interferência entre os campos ópticos é destrutiva sempre que não houver mudança de fase entre bits consecutivos, e construtivamente caso contrário. O comportamento desta porta está em concordância com a regra diferencial do modulador. A porta construtiva segue a mesma lógica da porta destrutiva, porém ela possui lógica invertida. Somente uma das portas de saída do DI poderia ser usada para recuperar o sinal DPSK. Este tipo de detecção também é chamado de detecção de extremidade única (*single-ended detection*). No entanto, uma das vantagens da modulação DPSK que é a de possuir uma melhoria na sensibilidade do receptor de 3dB é alcançada através da detecção balanceada. Por esta razão, é realizada a diferença entre a porta destrutiva e a porta construtiva [5],[7],[9]. A Fig. 16 ilustra a implementação do DI.

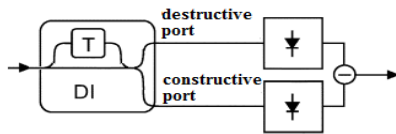


Fig. 15. Receptor balanceado DPSK utilizando DI [5].

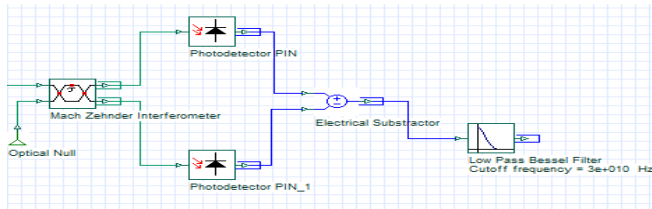


Fig. 16. Demodulador NRZ-DPSK utilizando detecção balanceada.

IV. RESULTADOS

Para a análise dos sistemas quanto a erros de bits causados pelas degradações do canal (fibra óptica) será feito o uso do diagrama de olho e da constelação. Ressalta-se que é uma ferramenta gráfica que permite a verificação da influência de ruído e de interferência inter-simbólica, sendo assim de extrema importância para avaliação de sistemas de comunicação digital [3].

A Fig. 17 ilustra o diagrama de olho para modulação NRZ-OOK a 40Gbps desconsiderando a dispersão cromática da fibra óptica. A Fig. 18 apresenta os resultados para diferentes comprimentos do enlace óptico (5km, 7km e 10km), onde verifica-se o efeito da dispersão cromática, com valor de 17ps/(nm.km). Outra maneira de visualizar o efeito da dispersão é através da análise da constelação, ilustrada na Fig. 19, considerando-se os mesmos casos.

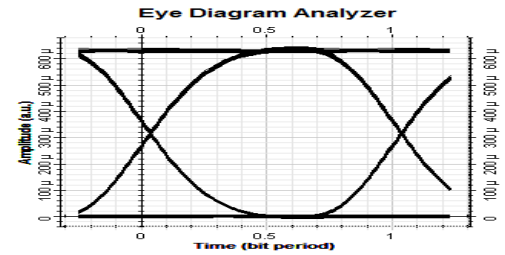


Fig. 17. Diagrama de olho de um sistema NRZ-OOK a 40Gbps sem o efeito da dispersão cromática da fibra óptica.

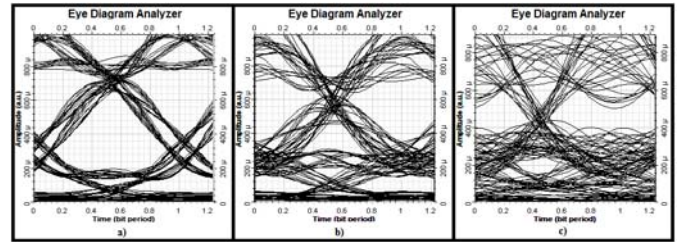


Fig. 18. Efeitos da dispersão no diagrama de olho para 40Gbps com NRZ-OOK em (a) 5km, (b) 7km e (c) 10km.

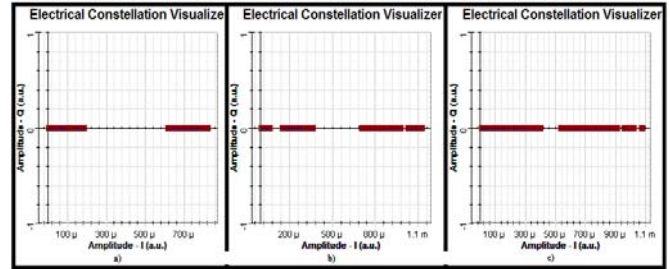


Fig. 19. Efeito da dispersão na constelação para 40Gbps com NRZ-OOK em (a) 5km, (b) 7km e (c) 10km.

Para o sistema NRZ-DPSK verificou-se o efeito da dispersão cromática utilizando uma fibra com 100km de comprimento e com dispersão de 17ps/(nm.km). A atenuação na fibra óptica foi desconsiderada. Na Fig. 20 são ilustradas três situações, onde a primeira não considera o efeito da dispersão, a segunda com o efeito da dispersão e a terceira com o efeito da dispersão e utilizando uma fibra compensadora de dispersão. O efeito da dispersão cromática também foi verificado através da constelação, para as mesmas situações (Fig. 21).

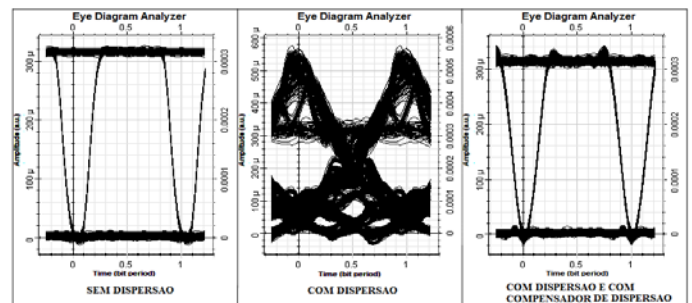


Fig. 20. Efeito da dispersão no diagrama de olho: (a) Sem o efeito da dispersão, (b) com o efeito da dispersão, (c) com o efeito da dispersão e utilizando uma fibra compensadora de dispersão.

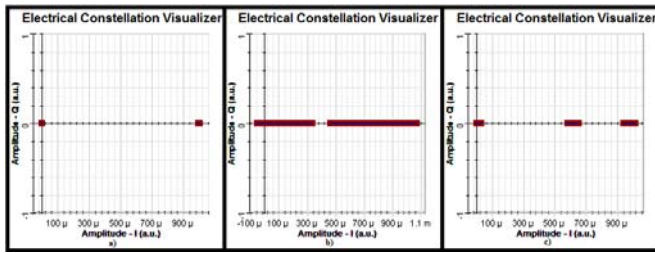


Fig. 21. Efeito da dispersão na constelação: (a) Sem o efeito da dispersão, (b) com o efeito da dispersão, (c) com o efeito da dispersão e utilizando uma fibra compensadora de dispersão.

V. COMENTÁRIOS FINAIS

Com este estudo inicial pode-se concluir que é necessária a pesquisa sobre as técnicas de modulação e as formas de implementação de enlaces para comunicações de alta capacidade. O efeito da dispersão cromática da fibra óptica compromete a qualidade do sinal e justifica-se o estudo de métodos para minimizar este efeito. Dependendo da taxa de transmissão alguns formatos de modulação são fortemente afetados pelo efeito da dispersão para longas distâncias. Através da análise do diagrama de olho e da constelação foi possível verificar a qualidade da informação recebida.

A pesquisa por novos formatos de modulação que superem as degradações que a fibra causa no sinal para altas taxas será objeto de pesquisas futuras. Por exemplo, a modulação DQPSK que possui maior eficiência espectral (pois carrega 2 bits por símbolo) e apresenta maior tolerância à dispersão por modo de polarização e à dispersão cromática. A intenção para os próximos trabalhos é apresentar maiores detalhes das

características de implementação dos transmissores e dos receptores que utilizam a tecnologia fotônica, com simulações que comprovem as vantagens e desvantagens de cada configuração.

REFERÊNCIAS

- [1] J. Yao, "A Tutorial on Microwave Photonics," *IEEE Photonics Society Newsletter*, vol. 26, no. 2, pp. 4-12, April 2012.
- [2] A. A. Ferreira Júnior, O. L. Coutinho, C. S. Martins, W. S. Fegadolli, J. A. J. Ribeiro, V. R. Almeida, J. E. B. Oliveira, "Effect of Fiber Optic Chromatic Dispersion on the Performance of Analog Optical Link with External Modulation Aiming at Aerospace Applications," *Journal of Aerospace Technology and Management*, vol. 5, no. 2, pp. 205-216, April-June 2013.
- [3] D. A. Guimarães, R. A. A. Souza, "Transmissão Digital: Princípios e Aplicações". São Paulo: Érica, 2012.
- [4] D. A. Guimarães, "Digital Transmission: A Simulation-Aided Introduction with Visim/Comm," Hidlberg: Springer-Verlag, 2009.
- [5] P. J. Winzer, R.-J. Essiambre "Advanced Optical Modulation Formats," *Proceedings of the IEEE*, vol. 94, no. 5, pp. 952-985, May 2006.
- [6] L. Zhao, H. Shankar, A. Nachum, "40G QPSK and DQPSK Modulation". Disponível: <http://www.inphi.com/technology-overview/40G-QPSK-and-DQPSK-Modulation.pdf>. Acesso: 27/02/2014.
- [7] L. N. Binh, "Guided Wave Photonics: Fundamentals and Applications with MATLAB," Boca Raton: CRC Press, 2012.
- [8] E. Lach, "Optical Fiber Technology: Modulation formats for 100G and beyond," *Optical Fiber Technology*, vol. 17, pp. 377-386, August 2011.
- [9] A. H. Gnauck, P. J. Winzer, "Optical phase-shift-keyed transmission," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 23, no. 1, pp. 115-130, January 2005.
- [10] D. D. Tran, L. N. Binh, T. L. Huynh, H. S. Tiong, "Geometrical and Phasor Representation of Multi-level Amplitude-Phase Modulation Formats and Photonic Transmitter Structures," in *IEEE TENCON 2005*, pp. 1-5, November 2005.

Análise do desempenho da técnica SLM-WHT-OFDM em canais não-lineares seletivos em frequência

Guilherme Pedro Aquino

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
guilhermeaquino@inatel.br

Túlio Santos do Amaral

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
tuliosantos@gee.inatel.br

Resumo—O objetivo deste artigo é explorar o uso da técnica de redução da PAPR intitulada SLM-WHT-OFDM em canais seletivos em frequência com ceifamento de pico. Espera-se que esta técnica apresente um melhor desempenho em canais seletivos em frequência devido ao uso da transformada de Walsh-Hadamard, enquanto que a técnica SLM assegure um menor nível de ceifamento nos canais não-lineares.

Palavras chave—OFDM, PAPR, SLM e WHT.

I. INTRODUÇÃO

A técnica de multiplexação por divisão em frequências ortogonais (OFDM – *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) [1] é utilizada em vários sistemas de telecomunicações [2]. Como exemplo, pode-se citar o uso desta técnica em sistemas como o LTE (*Long Term Evolution*) [3], WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) [4], Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) [5], entre outros [1]. Uma das maiores vantagens do OFDM está no fato que esta técnica proporciona uma maior robustez ao sistema, em situações onde o canal de comunicações apresenta desvanecimento seletivo em frequência [6].

No entanto, o símbolo OFDM pode apresentar uma alta relação entre a potência de pico e a potência média, caracterizando assim uma alta PAPR (*Peak to Average Power Ratio*) [2]. Esta alta PAPR é, hoje, uma das maiores desvantagens do OFDM [7]. Um símbolo com alta potência de pico poderá saturar o amplificador de potência causando uma não-linearidade no sinal de transmissão. Podendo causar assim, a perda da ortogonalidade entre as subportadoras do símbolo OFDM, e consequentemente, erros de detecção por parte do receptor. Uma alternativa a este problema é aumentar o recuo de potência (*back-off*) [2] dos amplificadores de potência. Porém, esta alternativa torna o amplificador mais caro, além de, diminuir a eficiência energética deste elemento. Uma segunda opção, mais atrativa, é utilizar técnicas de processamento de sinais digitais que diminua a PAPR do sinal OFDM [7].

Existem muitas técnicas de redução da PAPR. Merece destaque as técnicas de mapeamento seletivo (SLM – *Selective Mapping*) [8], as técnicas de sequência de transmissão parcial (PTS – *Partial Transmission Sequence*) [9], técnicas baseadas em distorções do sinal [10], técnicas baseadas em codificação de canal [11], técnica baseada na Transformada de Walsh-Hadamard (WHT – *Walsh Hadamard Transform*) [12], entre outras.

A técnica de redução da PAPR baseada na transformada de Walsh-Hadamard possui a vantagem de, além de reduzir a PAPR, melhorar o desempenho quanto à taxa de erro de bit (BER – *Bit Error Rate*) de sistemas OFDM em canais seletivos em frequência [13]. Contudo, a técnica WHT-OFDM apresenta um pior desempenho com relação a BER em canais não-lineares [2], que é o caso dos amplificadores de potência.

O artigo [14] traz uma forma de melhorar o desempenho da técnica WHT-OFDM em canais com ceifamento de pico (canais não-lineares). A modificação feita na técnica original deu origem a um novo esquema denominado SLM-WHT-OFDM. Em [14] é mostrado que a nova técnica apresenta bons resultado com relação ao desempenho em canais planos não-lineares, porém, não apresenta os resultados com relação ao desempenho em canais seletivos não-lineares. Portanto, este artigo tem o objetivo de analisar o desempenho, em termos de BER, da nova técnica quando o canal for seletivo em frequência com ceifamento de pico. A pesquisa foi feita com base em simulações computacionais utilizando o software MatLab®. Os canais seletivos utilizados são baseados nos modelos Brasil da ITU [15].

Para cumprir com os objetivos apresentados, este artigo está organizado da seguinte forma: A Sessão II traz um breve resumo da técnica OFDM, o problema da alta PAPR e a caracterização dos canais com desvanecimento seletivo em frequência. A Sessão III traz os princípios da técnica WHT-OFDM. Já a Sessão IV apresenta os conceitos do SLM-WHT-OFDM, enquanto que, a Sessão V apresenta os resultados das simulações de desempenho da técnica SLM-WHT-OFDM em canais não-lineares e seletivos em frequência. Finalmente, a Seção VI traz as conclusões deste trabalho.

II. MULTIPLEXAÇÃO POR DIVISÃO EM FREQUÊNCIAS ORTOGONAIS – OFDM

A técnica denominada OFDM consiste em transformar um feixe de dados seriais em N feixes paralelos que são transportados por N subportadoras ortogonais entre si. Nos sistemas de transmissão atuais, o símbolo OFDM é gerado aplicando a Transformada Rápida de Fourier Inversa (IFFT – *Inverse Fast Fourier Transform*) em um vetor de dados seriais complexos, $\mathbf{C}^T = [c_0, c_1, \dots, c_{N-1}]$, produzido pela fonte de informação [1]. Sendo assim, o sinal OFDM amostrado pode ser expresso por

$$s[m] = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} C[k] \cdot e^{j \frac{2\pi k}{N} m}, \quad m = 0, 1, 2, \dots, N-1 \quad (1)$$

onde, N é o número de subportadoras do sistema e m é o índice de tempo das amostras do símbolo OFDM. No receptor é aplicada a FFT (*Fast Fourier Transform*) no sinal recebido para recuperar a informação serial \mathbf{C} . A Figura 1 ilustra um diagrama em blocos do sistema de transmissão e recepção OFDM.

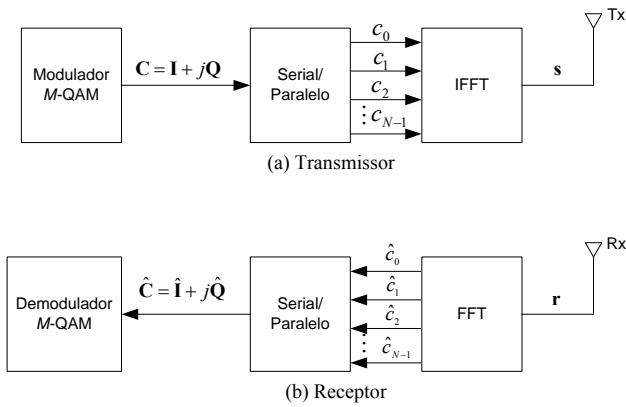


Fig. 1. Diagrama em blocos do (a) transmissor e (b) receptor do sistema OFDM.

Pela Figura 1 é possível ver que o vetor \mathbf{r} é a amostra ruidosa do sinal transmitido apresentado em (1). A versão estimada do sinal recebido é dada pela FFT, e pode ser expressa por

$$\hat{C}[k] = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{m=0}^{N-1} r[m] \cdot e^{-j \frac{2\pi k}{N} m}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, N-1. \quad (2)$$

Da maneira como foi mostrado, pode-se notar que o espectro do sinal OFDM é formado por N subportadoras ortogonais [6]. Esta característica é interessante quando o canal de comunicação apresenta desvanecimento seletivo em frequência (abordado mais a frente). Porém, de acordo com (1), é possível notar que o símbolo OFDM, no domínio do tempo, é formado por uma soma de senos e cossenos ponderados pela informação em fase e quadratura do símbolo M -QAM. Sendo assim, alguns picos elevados de amplitude podem aparecer no sinal OFDM devido às combinações em fase destas componentes senoidais e cossenoidais. Caracterizando assim, uma alta PAPR.

Os picos de amplitude do sinal OFDM podem levar o amplificador de potência à saturação, o que resulta em um ceifamento do sinal transmitido. As distorções causadas pelo ceifamento introduzem interferências dentro e fora da banda do sinal. A interferência dentro da banda causa uma interferência entre as subportadoras (ICI – *Intra Carrier Interference*) e eleva a taxa de erro de bit do sistema. Enquanto que a interferência fora da banda afeta outros sistemas que operam em frequências adjacentes.

A. Canal com Desvanecimento Seletivo em Frequência

A propagação em múltiplos percursos é um fenômeno que ocorre devido às características de propagação da onda eletromagnética no ambiente de rádio, onde componentes do sinal transmitido chegam ao receptor após inúmeras reflexões. A Figura 2 apresenta uma resposta ao impulso típica de um canal de comunicação. Pode-se notar, pela Figura 2, que existem I percursos neste canal de comunicação. O valor de β_i representa o ganho de amplitude do i -ésimo percurso, enquanto que, τ_i representa o atraso de propagação do i -ésimo percurso.

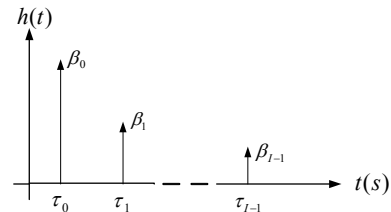


Fig. 2. Resposta ao impulso de um canal com múltiplos percursos.

Fazendo a análise da resposta em frequência do canal apresentada na Figura 2, expressa por

$$H(j\omega) = \sum_{i=0}^{I-1} \beta_i e^{-j\omega\tau_i}, \quad (3)$$

percebe-se que algumas frequências são mais atenuadas que outras, caracterizando assim, um comportamento seletivo em frequência do canal com múltiplos percursos [16]. Este comportamento do canal distorce a informação transmitida, fazendo necessário o uso de um filtro equalizador no receptor. Este equalizador possui uma resposta em frequência inversa à resposta em frequência do canal de comunicação, eliminando assim o efeito da distorção causada pelo mesmo. Porém, em sistemas de portadora única, a relação sinal ruído (SNR – *Signal to Noise Ratio*) do sinal na saída do equalizador é prejudicada em função do ganho que algumas componentes do ruído branco sofrem no equalizador [17]. Sendo assim, é correto afirmar que todos os símbolos seriais \mathbf{C} terão sua SNR prejudicada, diminuindo o desempenho do sistema quanto à BER.

O fato de transportar os símbolos M -QAM separados em subportadoras ortogonais, torna o OFDM mais robusto a este efeito. Pois, somente dos símbolos mais afetados pelo desvanecimento terão sua SNR prejudicada após a equalização. Esta característica melhora significativamente o desempenho quanto à BER dos sistemas de comunicação em canais seletivos em frequência [1].

As simulações de desempenho deste artigo foram feitas com base em alguns perfis típicos de canais de radiodifusão recomendados pelo ITU [15]. A Tabela I apresenta os canais Brasil A, Brasil C e Brasil E. Estes três canais foram escolhidos devido às suas características de seletividade em frequência. O canal Brasil A representa um cenário de radiodifusão, possui um percurso em visada direta bem definida, e os demais percursos apresentam baixa potência e atrasos pequenos. Isto caracteriza uma resposta em frequência com seletividade menos severa. O canal Brasil C apresenta amostras de sinal recebidas com atrasos relativamente pequenos e de grande intensidade. Este canal representa um cenário de propagação em ambiente sem visada direta entre receptor e transmissor. No canal Brasil E, o receptor precisa processar três percursos de mesma intensidade e atrasos diferentes. Este canal apresenta uma seletividade em frequência mais severa, e pode representar um cenário com rede de frequência única (SFN – *Single Frequency Network*) [18].

TABLE I
PERFIL DOS CANAIS USADOS NAS SIMULAÇÕES.

Canal	Descrição	Path 1	Path 2	Path 3	Path 4	Path 5	Path 6
Brasil A	Atraso (μs)	0	0,15	2,22	3,05	5,86	5,93
	Aten. (dB)	0	13,8	16,2	14,9	13,6	16,4
Brasil B	Atraso (μs)	0	0,3	3,5	4,4	9,5	12,7
	Aten. (dB)	0	12	4	7	15	22
Brasil E	Atraso (μs)	0	1	2	-	-	-
	Aten. (dB)	0	0	0	-	-	-

III. PRINCÍPIOS DO WHT-OFDM

Dentre as técnicas existentes para redução da PAPR em símbolos OFDM, merece destaque a técnica que utiliza a transformada de Walsh-Hadamard [12]. A WHT de um vetor C é dada por

$$S = \frac{1}{N} \Omega_N C, \quad (4)$$

onde Ω_N é a matriz de Hadamard $N \times N$ dada por

$$\Omega_N = \begin{bmatrix} \Omega_{N/2} & \Omega_{N/2} \\ \Omega_{N/2} & -\Omega_{N/2} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Após esta transformada, o vetor a ser transmitido S é constituído de uma combinação linear de todos elementos do vetor C . Sendo assim, o n -ésimo elemento do vetor S pode ser calculado por

$$S[n] = C[n] \times \Omega_N. \quad (6)$$

Esta combinação linear resulta em uma menor amplitude para os símbolos OFDM, reduzindo assim a PAPR média dos símbolos transmitidos. A Figura 3 mostra a CCDF (*Complementary Cumulative Distribution Function*) [7] da

PAPR dos sistemas OFDM e WHT-OFDM. Pode-se notar que a probabilidade de encontrar símbolos com alta PAPR no WHT-OFDM é menor se comparada ao OFDM convencional.

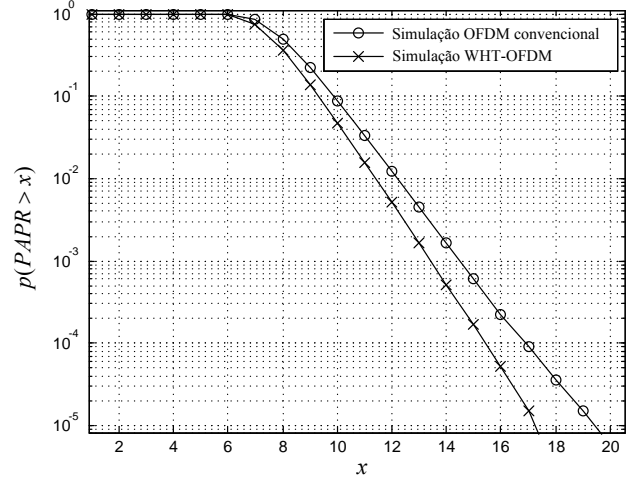


Fig. 3. CCDF da PAPR de símbolos OFDM e WHT-OFDM.

Ainda, de acordo com (6), é correto afirmar que, após aplicar a IFFT no vetor S , a informação transmitida em cada subportadora é uma combinação linear de todos os símbolos M -QAM da fonte serial. Sendo assim, diante de um desvanecimento profundo em uma dada subportadora, consegue-se recuperar a informação que seria perdida devido à presença desta em outras subportadoras [19]. Logo, em um canal seletivo em frequência, o desempenho quanto à BER de um sistema WHT-OFDM é melhor, se comparado ao desempenho do OFDM convencional. A Figura 4 mostra o desempenho quanto à taxa de erro de símbolo (SER – *Symbol Error Rate*) de um sistema WHT-OFDM, e o compara com o desempenho do sistema OFDM convencional. Nas simulações, foi utilizado o canal Brasil A, mostrado na Tabela I, modulação 16-QAM e um sistema com 2048 subportadoras. A Figura 4 apresenta, também, a curva de referência de desempenho do OFDM em um canal com ruído gaussiano branco aditivo (AWGN – *Additive White Gaussian Noise*).

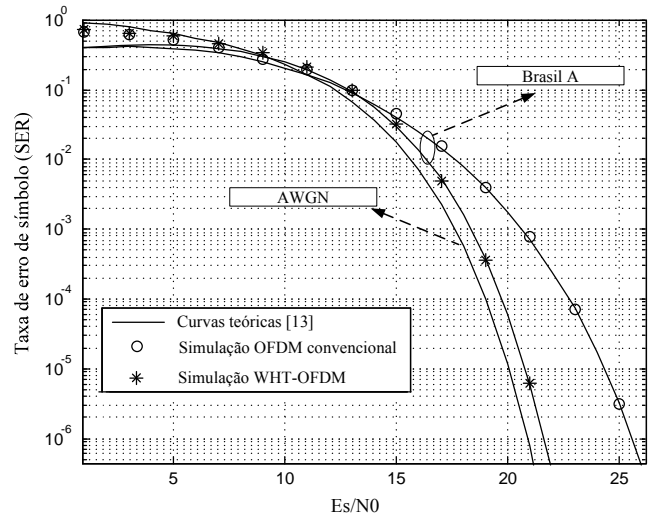


Fig. 4. Taxa de erro de símbolo do sistema OFDM e WHT-OFDM em um canal linear e seletivo em frequência.

O fato de reduzir a PAPR irá também reduzir a probabilidade de ceifamento de pico dos símbolos transmitidos por um amplificador de potência. Porém, no WHT-OFDM, quando um ceifamento ocorre em determinada componente do sinal, o erro provocado por este ceifamento é distribuído em todos os símbolos seriais que compõem o sinal WHT-OFDM, aumentando assim a taxa de erro de símbolo do sistema. A Figura 5 confirma esta afirmativa, pois, compara o desempenho quanto à SER entre o OFDM convencional e o WHT-OFDM, em um canal não-linear seletivo em frequência.

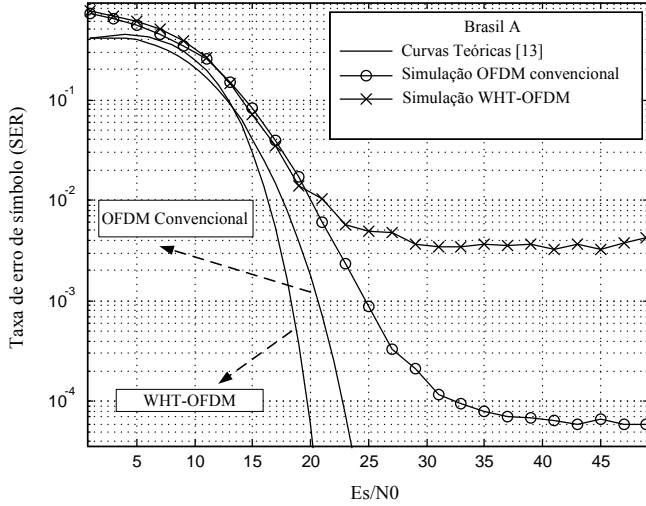


Fig. 5. Taxa de erro de símbolo do sistema OFDM e WHT-OFDM em um canal linear e seletivo em frequência.

Observa-se que o patamar de erro de símbolo para o WHT-OFDM é maior que para o OFDM convencional. Sendo assim, o uso da transformada é justificável apenas em canais lineares. Como já observado anteriormente, esta situação é conseguida aumentando o recuo de potência dos amplificadores, ou seja, uma alternativa que diminui a eficiência energética do sistema.

Para viabilizar o uso da WHT em canais não-lineares, foi proposto um novo esquema de redução da PAPR em [14], que combinava a WHT com mapeamento seletivo (SLM). Sendo assim, a nova técnica foi denominada SLM-WHT-OFDM. O desempenho desta técnica será avaliado neste artigo, uma vez que, em [14] foi analisado somente o desempenho desta técnica em canais planos não-lineares.

IV. PRINCÍPIOS DO SLM-WHT-OFDM

Na técnica de redução da PAPR conhecida como SLM são gerados U símbolos OFDM distintos contendo a mesma informação [20]. Para obter as diferentes versões, o vetor \mathbf{C} é multiplicado por cada coluna da matriz de sequências pseudo-aleatórias dada por

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & \cdots & p_{1U} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & \cdots & p_{2U} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{N1} & p_{N2} & p_{N3} & \cdots & p_{NU} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Um seletor escolhe qual versão dentre as U disponíveis possui a menor PAPR, e informa ao receptor, através de

subportadoras de controle, o índice da sequência que foi utilizada na geração deste símbolo. No receptor, esta informação será empregada para selecionar a sequência pseudo-aleatória correta para a decodificação da informação. A grande desvantagem do SLM com relação ao WHT-OFDM é que esta solução não traz ganho de desempenho em canais seletivos em frequência. Em compensação, o SLM resulta em uma maior redução da PAPR quando comparado com o WHT-OFDM [2].

A técnica SLM-WHT-OFDM, proposta em [14], consiste em empregar diferentes matrizes de Walsh-Hadamard obtidas através da permutação das colunas da matriz original. Estas permutações não alteram as propriedades de ortogonalidade entre as linhas e colunas da matriz original $\mathbf{\Omega}_N$ [15].

Nesta técnica, U matrizes diferentes, geradas através de permutações de colunas, são usadas na transformada do vetor \mathbf{C} . Sendo assim, o sinal proveniente da nova transformação tem uma estatística diferente do sinal transformado pela matriz original. A Figura 6 ilustra o diagrama em blocos do transmissor SLM-WHT-OFDM.

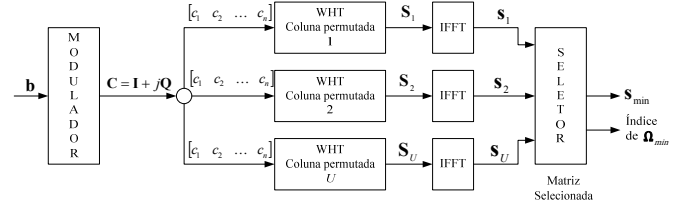


Fig. 6. Diagrama em blocos do transmissor SLM-WHT-OFDM.

Nota-se que existem U matrizes de Walsh-Hadamard diferentes, cada uma com permutações de colunas diferentes. Logo, existirão U blocos para o cálculo da IFFT, gerando assim, U sinais de transmissão que carregam a mesma informação, porém, estatisticamente diferentes. Um bloco seletor é responsável por escolher o sinal com menor PAPR (\mathbf{s}_{\min}) para transmissão. Juntamente com o sinal de transmissão é enviado o índice da matriz que gerou este sinal ($\mathbf{\Omega}_{\min}$). Este índice será usado na recepção para fazer a transformada inversa de Walsh-Hadamard. O fato de enviar o índice da matriz usada na transformada diminui a vazão do sistema, uma vez que, subportadoras devem ser alocadas para transportar esta informação. O número de subportadoras usadas para este fim é dado por

$$N_c = \lceil \log_2(U) \rceil, \quad (8)$$

onde, $\lceil \cdot \rceil$ retorna o menor inteiro maior ou igual a (\cdot) .

A Figura 7 ilustra o diagrama em blocos do receptor.

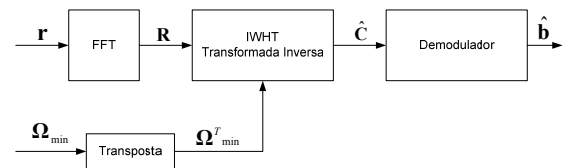


Fig. 7. Diagrama em blocos do receptor SLM-WHT-OFDM.

O sinal \mathbf{r} é a versão ruidosa do sinal transmitido \mathbf{s}_{\min} , que

ao ser recebido é inserido em um bloco FFT. Logo em seguida deve-se aplicar a transformada inversa de Walsh-Hadamard (IWHT – *Inverse Walsh-Hadamard Transform*). No caso de usar uma matriz com colunas permutadas, a IWHT utiliza a matriz transposta da matriz utilizada no transmissor [12], ou seja,

$$\hat{\mathbf{C}} = \frac{1}{\sqrt{N}} \mathbf{\Omega}_{\min}^T \mathbf{R}, \quad (9)$$

Por ser gerados U sinais com estatísticas diferentes, aumenta-se a probabilidade de se ter um símbolo com menor PAPR que o símbolo WHT-OFDM convencional. Logo, esta técnica apresenta símbolos com menor PAPR se comparada com o OFDM convencional e com o WHT-OFDM. A Figura 8 mostra a CCDF da PAPR dos sinais SLM-WHT-OFDM para diferentes valores de U , e compara com as CCDFs dos sinais OFDM e WHT-OFDM.

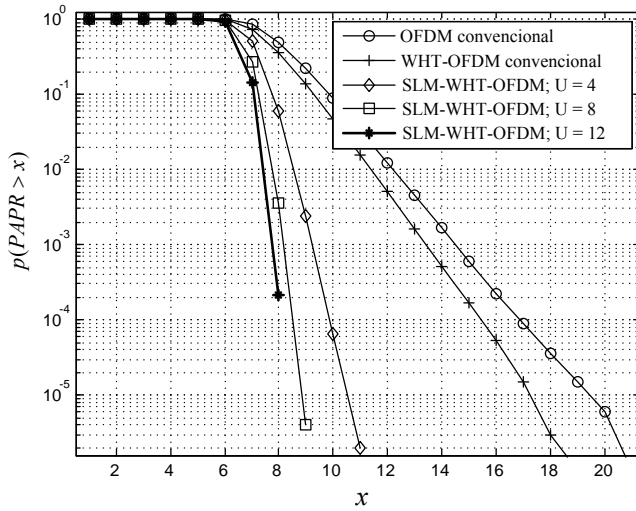


Fig. 8. CCDF da PAPR para as técnicas SLM-WHT-OFDM, WHT-OFDM e OFDM convencional.

Pode-se observar pela Figura 8 que, quanto maior for o número de diferentes matrizes empregadas, maior será a chance de se obter um símbolo OFDM com baixa PAPR. Porém, deve se ressaltar que quanto maior o valor de U empregado, mais blocos para o cálculo da IFFT serão necessários no transmissor, aumentando assim, a complexidade do mesmo. Além disso, de acordo com (8), quanto maior o valor de U , menor será a vazão do sistema.

V. DESEMPENHO DO SLM-WHT-OFDM EM CANAIS NÃO-LINEARES SELETIVOS EM FREQUÊNCIA

Como visto na Figura 8, o SLM-WHT-OFDM reduz sensivelmente os valores da PAPR dos sinais que são amplificados pelo HPA (*High Power Amplifier*). Esta redução na PAPR diminui também a quantidade de ceifamentos provocados pela saturação do HPA. Desta forma, espera-se um melhor desempenho do SLM-WHT-OFDM em canais não-lineares. Este fato pode ser comprovado pelas Figuras 9 e 10, que mostram o desempenho do SLM-WHT-OFDM para diferentes valores de U , e os compara com o desempenho do OFDM convencional e WHT-OFDM, em diferentes canais. Nas simulações, foram usados modulação 16-QAM, 2048

subportadoras e limiar de ceifamento igual 2σ . Onde, σ é o desvio padrão da amplitude da parte real do símbolo OFDM.

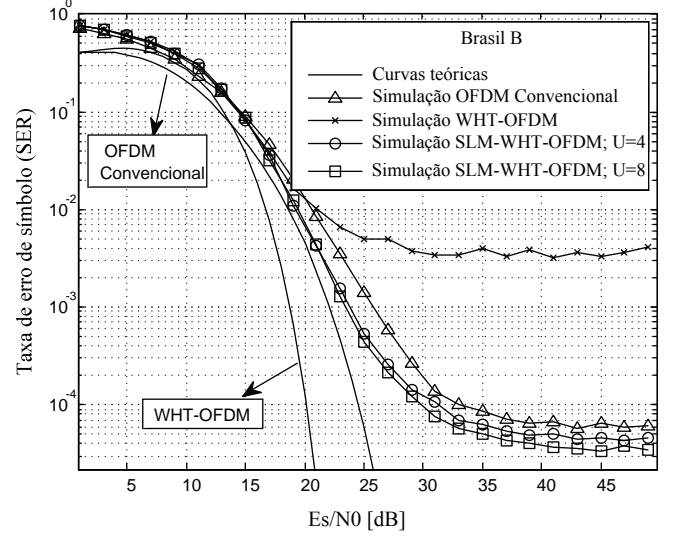


Fig. 9. Taxa de Erro de Símbolo em canal seletivo em frequência (Brasil B) para as técnicas SLM-WHT-OFDM, WHT-OFDM e OFDM convencional.

Observa-se pelas Figuras 9 e 10 que, o patamar de erro foi reduzido com o uso do SLM-WHT-OFDM. Isto foi possível devido ao uso do mapeamento seletivo, que aumenta o controle sobre a PAPR, consequentemente, sobre a quantidade de ceifamentos. Isso reflete em um melhor desempenho quanto à SER. O uso da WHT aumenta o desempenho do OFDM quando o efeito da seletividade em frequência é mais influente que o efeito do ceifamento de pico. Para a Figura 9, isto ocorre para valores de Es/N_0 menores que 35 dB.

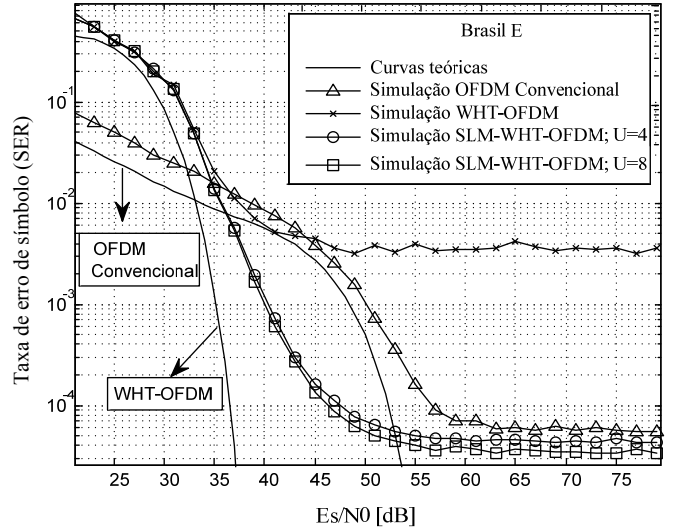


Fig. 10. Taxa de Erro de Símbolo em canal seletivo em frequência (Brasil E) para as técnicas SLM-WHT-OFDM, WHT-OFDM e OFDM convencional.

Na Figura 10 tem-se um canal mais agressivo em termos de seletividade em frequência. Sendo assim, pode-se identificar o efeito da transformada de Walsh-Hadamard de maneira mais evidente. Para valores de Es/N_0 menores que 60 dB, o efeito da seletividade em frequência do canal é mais influente que o efeito do ceifamento do canal. Para estes valores de Es/N_0 a WHT mantém o melhor desempenho do SLM-WHT-OFDM

se comparada ao OFDM convencional. Enquanto que, para valores de E_s/N_0 maiores que 60 dB, o SLM faz com que o patamar de erro de símbolo permaneça menor que o patamar para o OFDM convencional e WHT-OFDM.

A partir destes resultados, é correto afirmar que o SLM-WHT-OFDM viabiliza o uso da transformada de Walsh-Hadamard em canais não-lineares, preservando suas vantagens em canais seletivos em frequência.

VI. CONCLUSÕES

O OFDM já se mostrou uma eficiente técnica de transmissão para driblar os efeitos da seletividade em frequência de canais com múltiplos percursos. No entanto, um dos maiores problemas do sinal OFDM é sua alta PAPR. A Transformada de Walsh-Hadamard pode ser usada para reduzir a PAPR de sinais OFDM, porém, sua utilização diminui o desempenho em termos de SER para canais com ceifamento de pico. A técnica de redução da PAPR conhecida como SLM melhora sensivelmente o desempenho do OFDM em canais não-lineares. Sendo assim, conclui-se que a junção destas duas técnicas, denominada SLM-WHT-OFDM, melhora o desempenho do OFDM tanto em canais com desvanecimento seletivo em frequência quanto em canais não-lineares.

A quantidade U de matrizes usadas para fazer as WHTs no transmissor interferem diretamente nos valores da PAPR dos símbolos OFDM, além de, reduzir o patamar de erro de símbolos em canais com ceifamento de pico. Porém, o preço de um melhor desempenho em termos de SER é a diminuição da vazão do sistema, e o aumento da complexidade do transmissor.

A técnica SLM-WHT-OFDM se mostrou um esquema robusto para a redução da PAPR, viabilizando o uso da WHT em canais não-lineares. Além de manter as propriedades da WHT para canais seletivos em frequência.

REFERÊNCIAS

- [1] A. Bahai, *Multi-carrier digital communications: theory and applications of OFDM*, 2nd ed. New York: Springer, 2004.
- [2] G. P. Aquino, "Comparação entre técnicas de redução da PAPR em sinais OFDM," Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Telecomunicações - INATEL, Santa Rita do Sapucaí, 2011.
- [3] H. Holma, A. Toskala, and Wiley InterScience (Online service), *LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA based radio access*. Chichester, U.K.: Wiley, 2009.
- [4] IEEE Part 16, "Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System - Amendment2: Medium Access Control Modifications and Additional Physical Layer Specification for 2-11GHz." Jan-2013.
- [5] M. G. Rubinstein and J. F. REZENDE, "Qualidade de serviço em redes 802.11," *XX Simpósio Bras. Redes Comput. SBRC2002*, 2002.
- [6] L. Hanzo, W. Webb, and T. Keller, *Single and multi-carrier quadrature amplitude modulation*. New York: Prentice Hall, 2001.
- [7] Y. Rahmatallah and S. Mohan, "Peak-To-Average Power Ratio Reduction in OFDM Systems: A Survey And Taxonomy," *IEEE Commun. Surv. Tutor.*, vol. 15, no. 4, pp. 1567–1592, 2013.
- [8] S. H. Han and J. H. Lee, "Modified Selected Mapping Technique for PAPR Reduction of Coded OFDM Signal," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 50, no. 3, pp. 335–341, Sep. 2004.
- [9] X. Wu, J. Wang, and Z. Mao, "A novel PTS architecture for PAPR reduction of OFDM signals," in *Communication Systems, 2008. ICCS 2008. 11th IEEE Singapore International Conference on*, 2008, pp. 1055–1060.
- [10] H. Wasaff, "Adaptive Pre-Distortion for Nonlinear High Power Amplifiers in OFDM Systems," PhD Thesis, Universitat Olitecnica dCatalunya, 2004.
- [11] K. Yang and S. Chang, "Peak to Average Power Control in OFM using Standard Arrays of Linear Block Codes," *IEEE Communications Letters*, pp. 174–176, 2003.
- [12] Z. Dlugaszewski and K. Wesolowski, "WHT/OFDM-an improved OFDM transmission method for selective fading channels," in *Proc. Symposium on Communications and Vehicular Technology*, 2000, vol. 19, pp. 144–149.
- [13] L. L. Mendes and R. B. Filho, "Performance of WHT-STC-OFDM in mobile frequency selective channel," *The 7th International Telecommunications Symposium (ITS 2010)*, 2010.
- [14] G. P. Aquino, L. L. Mendes, and L. Resende, "Melhoria da técnica de redução da PAPR baseada na Transformada de Walsh-Hadamard," *XXX Simpósio Brasileiro de Telecomunicações - SBrT 2012*, Brasília, 2012.
- [15] D. A. Guimarães and G. G. R. Gomes, "Caracterização do Canal para o MI-SBTVD," *Rev. Telecomunicações Dezembro*, 2006.
- [16] M. K. Simon and M.-S. Alouini, *Digital communication over fading channels*. Hoboken, N.J.: Wiley-Interscience, 2005.
- [17] S. Haykin, *Communication system*, 5th ed. New York: John Wiley & Sons, 2010.
- [18] A. Mattsson, "Single Frequency Networks in DTV," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 51, no. 4, pp. 413–422, Dec. 2005.
- [19] M. H. Doniak, "Estudo da transformada de Walsh-Hadamard aplicada à transmissão OFDM," 2006.
- [20] H.-S. Joo, S.-J. Heo, H.-B. Jeon, J.-S. No, and D.-J. Shin, "A New Blind SLM Scheme With Low Decoding Complexity for OFDM Systems," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 58, no. 4, pp. 669–676, Dec. 2012.

Antena Impressa Banda Larga com Plano de Terra Truncado

Renan Alves dos Santos

Prof. Dr. Arismar Cerqueira Sodré Junior

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
renans@gee.inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
arismar@inatel.br

Resumo—O presente trabalho tem como objetivo apresentar um modelo de antena impressa banda larga com plano de terra truncado, desenvolvida ao final de um ano de pesquisa no programa de iniciação científica do Inatel, com aplicação no padrão de comunicação sem fio *Wi-Fi*.

Palavras chave— Antena impressa, banda larga, plano de terra truncado.

I. INTRODUÇÃO

Por sua simplicidade de construção, pequenas dimensões e baixo custo de produção [1] as antenas impressas são muito atrativas em diversas aplicações. Suas dimensões reduzidas lhes permitem serem embarcadas em naves espaciais, satélites e mísseis [2]. Seu uso nas faixas de frequência *Wi-Fi* possibilita uma redução nas dimensões dos equipamentos utilizados na rede.

Este trabalho apresenta na sua Seção II a motivação para o desenvolvimento deste trabalho e a ferramenta empregada na concepção do mesmo. Na Sessão III tem-se o projeto pelo qual foi possível desenvolver uma antena impressa banda larga. A Sessão IV exibe um comparativo do modelo simulado com o protótipo construído. Na Sessão V são mostradas conclusões e possibilidades de trabalhos futuros relacionados a este tipo de antenas.

II. PROPOSTA DO TRABALHO

A. Motivação

É de extrema importância a possibilidade de um aluno de graduação obter conhecimento extraclasse, possibilitando que o mesmo agregue um diferencial para sua formação e encontre uma certeza o caminho para a sua futura vida profissional. O trabalho de iniciação científica aqui descrita trouxe valiosos conhecimentos e possibilitou a aplicação do conteúdo absorvido na sala de aula no desenvolvimento de uma solução para um padrão de comunicação sem fio.

B. Ferramenta Utilizada

Logo após uma etapa inicial de cálculos, com auxílio da ferramenta computacional HFSS™, da empresa Ansys™, foi

realizada a construção e a otimização do modelo proposto de antena. A capacidade computacional do *software* possibilitou os ajustes necessários para construir o protótipo com as características esperadas.

III. PROJETO DA ANTENA IMPRESSA

A. Antena Impressa

As antenas impressas, também conhecidas como antenas de microfita, foram idealizadas por G. A. Deschamps por volta de 1953 [2], nos Estados Unidos da América, mas a primeira documentação patenteada que se tem notícia a respeito deste tipo de antena data-se de 1955, na França, e está em nome de H. Gutton e G. Baissiot [3]. O desenvolvimento feito por estes pesquisadores dos anos de 1950 foram apenas teóricos, as antenas primeiras impressas foram implementadas na prática por Robert E. Muson e John Q. Howell quase vinte anos depois, em 1970, em meio a Guerra Fria [4].

Um dos modelos mais simples existentes de antena impressa é o modelo no qual o formato do elemento responsável pela irradiação é retangular. Dois parâmetros básicos dimensionam as antenas deste tipo, o comprimento (L) e a largura (W) do elemento irradiador.

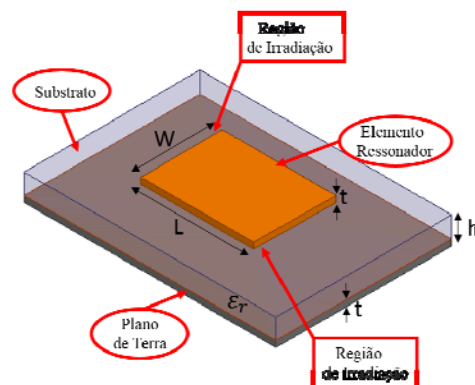


Fig. 1 – Antena impressa retangular

Na maioria dos casos práticos as antenas impressas retangulares são projetadas para operar no modo TM_{01} , por este motivo a largura W possui pouca influência no que diz respeito à frequência na qual a antena irá ressoar. Por outro lado o valor de W está diretamente ligado à impedância de

entrada da antena [8]. Para que o elemento irradiador da antena tenha uma boa eficiência a mesma deve ser projetada para valores que próximos a meio comprimento de onda guiada no substrato [5].

$$W = \frac{3 \times 10^8}{2 f_o \sqrt{\epsilon_{rea}}} \quad (1)$$

Onde ϵ_r é a constante dielétrica média do substrato.

$$\epsilon_{rea} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} \quad (2)$$

Nas antenas impressas em geral a onda eletromagnética não se propaga em um só meio, a onda parte do substrato em direção ao ar. Esta mudança de meios provoca alteração na permissividade relativa se comparada a de um material apenas e em decorrência disto há a necessidade de encontrar a constante elétrica efetiva [5]. A expressão para o cálculo da mesma está condicionada a relação W/h [9].

$$\epsilon_{ef} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W}}} \quad W/h > 1 \quad (3)$$

O comprimento L da pastilha ressonadora da antena está diretamente ligado à frequência de operação da mesma. Se as dimensões do elemento ressonador e do plano de terra fossem muito maiores do que as suas respectivas espessuras o comprimento L seria exatamente igual ao a metade do comprimento de onda guiado. Porém como nem sempre está situação é satisfeita, devido ao acúmulo de cargas que ocorre na extremidade dos condutores ocorre uma mudança na distribuição de campo nesta localidade, que por sua vez faz com que apenas uma pequena parte da energia eletromagnética seja irradiada para o espaço livre ficando assim a maior parte retida no substrato, é necessário um fator de correção para esta dimensão [7].

$$L = \frac{3 \times 10^8}{2 f_o \sqrt{\epsilon_{ef}}} - 2 \Delta L \quad (4)$$

O fator necessário para a correção do comprimento do elemento ressonador é dado por:

$$\Delta L = \frac{0,412 h (\epsilon_{ef} + 0,3) \left(0,264 + \frac{W}{h} \right)}{(\epsilon_{ef} - 0,258) \left(0,8 + \frac{W}{h} \right)} \quad (5)$$

B. Antena Impressa com Plano de Terra Truncado

Um dos fatores que podem ser usados como argumento para o não uso das antenas impressas é a banda de operação, esta classe de antenas apresenta a característica de uma banda de operação estreita. A forma pelo qual a antena é alimentada

é um fator que está ligado diretamente à largura de banda na qual a mesma é capaz de ocupar no espectro eletromagnético. Se a alimentação for feita através de linha de transmissão impressa sua banda varia de 2% a 5%, se a alimentação for por meio de cabo coaxial varia de 1% a 3%, se a excitação for por acoplamento de abertura à variação é de 1% a 4%. A maior banda que se pode alcançar é de 13% quando a antena é alimentada por acoplamento por proximidade [6].

Existe uma forma de prover o aumento significativo da largura de banda de uma antena impressa. Este aumento é obtido através da sobreposição de mais de uma antena em um mesmo plano formando a antena impressa multicamadas. Esta adição de elementos parasitas possibilita o aumento do percentual de banda para até 20% [8], todavia aumenta consideravelmente as dimensões da antena o que pode comprometer o uso em determinadas aplicações.

Estudos recentes apresentam uma forma muito eficiente de transformar uma antena impressa em uma antena ultra banda larga. Na literatura é possível encontrar modelos de antenas com largura de banda de 110% [9], 132% [10], 135% [11] e até 165% [12]. O método pelo qual é possível prover considerável mudança no comportamento da antena está diretamente ligado ao plano de terra da mesma. Este método consiste na diminuição do plano de terra de antena como mostrado Fig. 3. Não existe um equacionamento que permite encontrar dimensão ótima que resultará na maior banda possível para a antena, o dimensionamento do plano de terra é provido totalmente de modo empírico.

C. Modelo Simulado

Partindo das dimensões calculadas, realizando pequenos ajustes nestas dimensões, no tamanho do plano de terra e a forma precisa na junção linha de transmissão e elemento irradiador da antena que garantisse melhor casamento, através de simulações, chegou-se ao modelo final da antena.

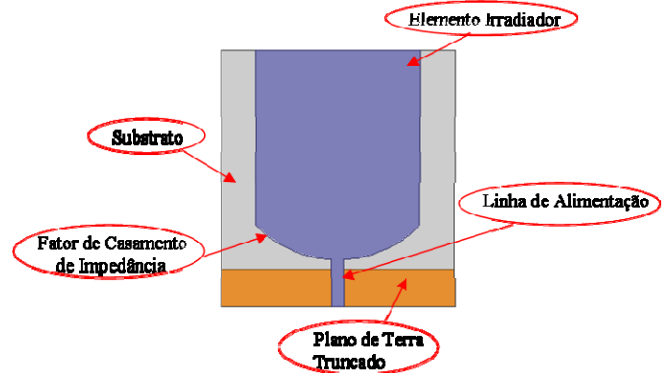


Fig. 2. Antena Impressa Simulada

Considerou-se a banda de operação da antena entre os valores de frequência nos quais a perda por retorno fosse abaixo de -10 dB . Desta forma o modelo desenvolvido apresenta duas faixas de operação aplicáveis ao Wi-Fi.

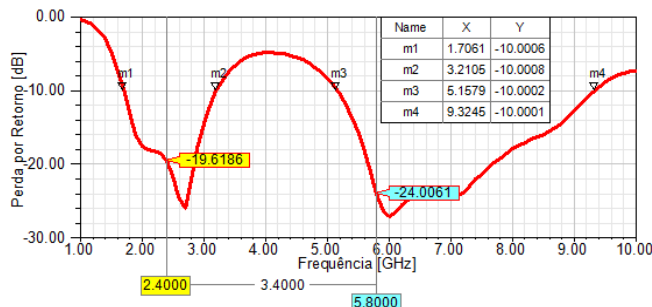


Fig. 3. Perda de Retorno da Antena Impressa Simulada

A radiação da antena é bem parecida com um dipolo de $\lambda/2$ nas frequências próximas a 2,4GHz. Um radiador onidirecional no plano perpendicular a antena.

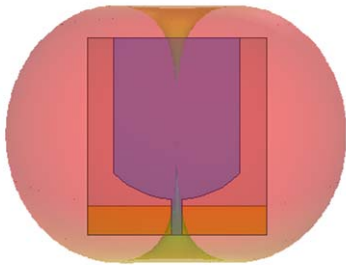


Fig. 4. Radiação da Antena Impressa Simulada em 2,4GHz

Na frequência de 2,4GHz a antena apresenta um ganho máximo de aproximadamente 2,7dBi.

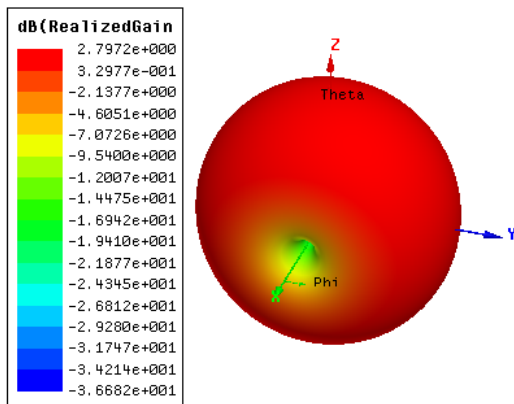


Fig. 5. Diagrama de Irradiação 3D da Antena Impressa Simulada em 2,4GHz

Nas frequências próximas a 5,8GHz a antena deixa de ter um comportamento onidirecional e passar a apresentar dois lobos bem definidos.

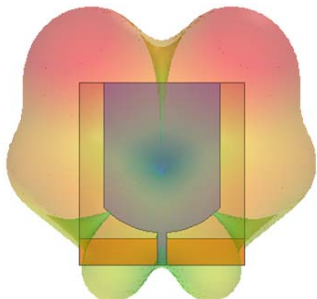


Fig. 6. Radiação da Antena Impressa Simulada em 5,8GHz

Na frequência de 5,8GHz o ganho chega a aproximadamente 6dBi nos dois lobos onde se concentra a maior energia radiada pela antena para o espaço livre.

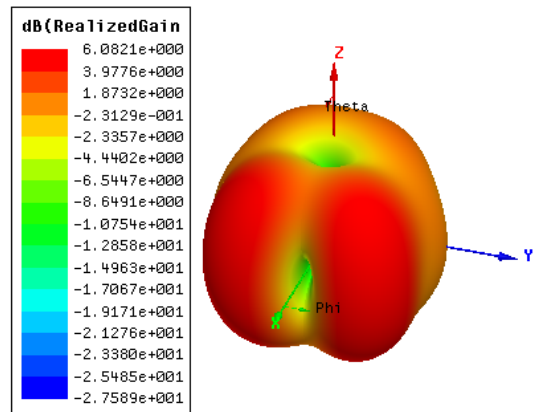


Fig. 7. Diagrama de Irradiação 3D da Antena Impressa Simulada em 5,8GHz.

IV. PROTÓTIPO

Após os resultados das simulações um protótipo foi construído com as dimensões e materiais previstos nas simulações.



Fig. 8. Protótipo construído da antena impressa

Com o protótipo em mãos, com o auxílio de um analisador vetorial de redes, foi realizado a medida da perda por retorno com o intuito de verificar a banda em que a antena está apta a trabalhar e este resultado foi comparado do com o previsto em simulação. A Figura 9 demonstra que o modelo construído, em termos de bandas de operação, está em conformidade com o simulado.

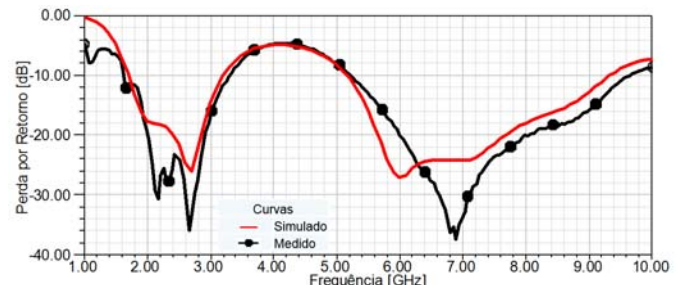


Fig. 9. Comparativo entre a perda de retorno simulada e medida

V. CONCLUSÕES

A antena impressa proposta apresenta uma possibilidade simples e eficaz de se obter um dispositivo irradiador que ocupe uma faixa larga de operação no espectro eletromagnético. Suas vantagens são a simplicidade de construção, pequenas dimensões e peso, e um custo de produção razoavelmente reduzido se comparado aos modelos de antenas faixa larga existentes no mercado hoje em dia, como as log-periódicas, tornando-as assim uma possibilidade interessante para diversas aplicações.

Como possibilidade futura, pode ser construído um arranjo desta antena com o intuito de aumentar o ganho e modificar o diagrama de irradiação em toda a faixa de operação.

REFERÊNCIAS

- [1] DOYLE, L. *Essentials of Cognitive Radio*. United States of America by Cambridge University Press, New York.
- [2] DESCHAMPS, G.; SICHAK, W. Microstrip Microwave Antennas, Proceedings of the third symposium on USAF Antenna Research and Development Program, p. 18-22, oct., 1953.
- [3] GUTTON, H.; BAISSIONOT, G., Patente Francesa, nº 703113, 1955.
- [4] MUNSON, R. E. Conformal Microstrip Antennas and Microstrip Phased Arrays, *IEEE transactions on Antenas e Propagation*, v.22, n.1, p. 74-78, jan., 1974
- [5] RIBEIRO, J. A. J. Engenharia de Antenas: Fundamentos, Projetos e Aplicações, São Paulo, Érica, 2012.
- [6] GARG, R.; BHARTIA, P.; BAHL, I. and ITTIPIBOON, A. *Microstrip Antennas Design Handbook*, Boston, Artech House, 2001.
- [7] BALANIS, C. A. *Antenna Theory: Analysis and Design*, 3rd ed., New York, John Wiley and Sons, 2005.
- [8] STUTZMAN, W. L.; THIELE, G. A. *Antenna Theory and Design*, 3rd ed., New York, John Wiley and Sons, 2013.
- [9] AHMED O. M. H.; SEBAK A. R. "A Novel Printed Monopole Antenna for Future Ultra WideBand Communication Systems," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 53, nº 8, August 2011.
- [10] KOOHESTANI M.; MOGHADASI M. N. and VIRDEE B. S., "Miniature microstrip-fed ultra-wideband printed monopole antenna with a partial plane structure," *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. 5, April 2011, pp. 1683–1689.
- [11] OJAROUDI, M.; FARAMARZI, A. "Multiresonance Small Square Slot Antenna for Ultra-WideBand Applications," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 53, nº 9, September 2011.
- [12] KSHETRIMAYUM, R. S; PILLALAMARRI, R. "Novel UWB Printed Monopole Antenna with Triangular Tapered Feed Lines," *IEICE Electronics Express*, vol. 5, nº 8, pp 242-247, April 2008.

Geração de um supercanal óptico a partir do efeito não-linear, mistura de quatro ondas - FWM

Arismar Cerqueira Sodré Júnior

Dionísio Fama Noque

Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel
Wireless and Optical Convergent Access - WOCA
arismar@inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel
Wireless and Optical Convergent Access - WOCA
dionisio@gee.inatel.br

Resumo – No trabalho aqui apresentado é proposto a construção de um gerador de ondas milimétricas utilizando a técnica de Four Wave Mixing. Esta técnica é baseada em propriedades de fibras altamente não lineares (HNLF).

Palavras chave— Four Wave Mixing, Fotônica de Micro-ondas, Rádio sobre Fibra.

I. INTRODUÇÃO

FWM (mistura de quatro ondas) é um efeito não linear resultante da não linearidade óptica de terceira ordem (descrito por $\chi(3)$), tipicamente originada em fibras monomodo que operam em sistemas WDM. O FWM pode ocorrer quando duas componentes de frequências diferentes propagam-se em conjunto por um meio não linear (fibra óptica). Neste caso, em que o FWM será estimulado para geração de ondas milimétricas em enlaces de fotônica de micro-ondas em ultra banda larga, envolve a interação de quatro sinais copropagantes diferentes, dois sinais de bombeio com potência mais elevada e mais dois sinais, sendo um de baixa potência e um intermediário.

Consegue-se transmitir com perda desprezível, sinais de ultra largura de banda de micro-ondas e ondas de frequências milimétricas através de enlaces analógicos de fibra óptica. Como consequência, os mesmos são utilizados em radar, comunicações e aplicações de sensoriamento remoto, onde não são utilizáveis linhas de transmissões convencionais. Torna-se um fator limitante desta tecnologia, a decisão em priorizar a linearidade do sinal ou a faixa dinâmica derivada dos esquemas de modulação e detecção normalmente utilizada. Uma maneira de contornar esta questão seria melhorar os dispositivos, melhorando a linearidade e eficiência dos moduladores ou a saturação de fotodetectores. Algumas pesquisas têm como proposta a utilização de não linearidades ópticas, para aumentar as bandas laterais da modulação no enlace relativo a portadora óptica como a auto modulação de fase (SPM). Se tratando da melhoria das bandas laterais da modulação no enlace relativo a portadora óptica, o

SBS tem se destacado, permitindo grandes melhorias, ganho de até 40 dB, mas é severamente limitada em funcionamento de largura de banda. Em comparação, o SPM demonstra ganho mais modesto, de 8 dB sobre grandes larguras de banda, no entanto, o funcionamento do sistema é muito complicado devido à necessidade de ajuste de atraso [1].

Neste trabalho propomos utilizar a mistura de quatro ondas (FWM) como um mecanismo para geração de ondas milimétricas.

II. FWM

De um modo geral, o índice de refração na fibra varia com a intensidade da potência óptica do campo (P), do coeficiente de índice não linear (n_2) e da área efetiva (A_{eff}).

$$n' = n + n_2 \frac{P}{A_{eff}} \quad (1)$$

A constante de propagação β é dependente do coeficiente de não linearidade e da potência óptica.

$$\beta' = \beta + \gamma \cdot P \quad (2)$$

Onde γ representa o coeficiente de não linearidade e é dado por:

$$\gamma = \frac{K_0 \cdot n_2}{A_{eff}} \quad (3)$$

O segundo termo da equação 1 e 2, determinam o comportamento dos efeitos não lineares da fibra (Auto modulação de fase – SPM, modulação de fase cruzada – XPM, Four Wave Mixing – FWM, Espalhamento Raman – SRS, Espalhamento Brillouin – SBS).[10]

O Four wave Mixing é um dos efeitos não lineares interessante que surge devido a interação entre três ondas transmitidas de uma fibra produzindo uma quarta onda, com frequência igual a soma das frequências de duas destas ondas menos a frequência da terceira onda. A eficiência dessa

interação não-linear depende fortemente do descasamento de fase, da dispersão cromática, da densidade de potência óptica e do comprimento da fibra. [9]

O fenómeno apresenta uma grande degradação para sistemas ópticos que operam com múltiplos canais, visto que portadoras com grande concentração de energia contribuem para o surgimento de outras componentes na transmissão.

III. APLICAÇÕES DE FWM

O FWM - Four wave mixing até então visto como um dos problemas dos sistemas ROF que usam Tecnologia de multiplexação por comprimento de onda (WDM e DWDM), tem sido motivo de estudo da comunidade científica, devido as suas características que possibilitam a construção de dispositivos Óptico-electrónico. A técnica é utilizada em fotônica de micro-ondas para multiplicação de harmónicos, ganho em enlaces de fotônica de micro-ondas em banda ultra larga. Estudos também são realizados para aplicações com intuito de gerar sinais de ondas milimétricas utilizando dois moduladores ópticos em cascata e efeito FWM em amplificador óptico semiconductor, dentre outros.

A. Geração de ondas milimétricas.

Se tratando de geração de sinais de ondas milimétricas, a utilização de modulação externa é uma técnica bastante aceitável para gerar sinais elétricos com elevada pureza espectral. No entanto, a geração de ondas milimétricas em fotônica de micro-ondas baseada em four wave mixing (FWM) é uma técnica de elevado potencial para geração sincronizável e multiplicação de frequência. [6]

Uma nova técnica proposta para geração de ondas milimétricas em fotônica de micro-ondas é através da multiplicação de portadoras utilizando moduladores ópticos em cascata e o processo FWM num amplificador óptico semiconductor (SOA). Este processo consiste em gerar duas ondas de bombeio a partir das técnicas de supressão de portadoras, no qual a diferença de frequência entre as duas ondas de bombeio é quatro vezes maior que a frequência da fonte de micro-ondas. As duas ondas de bombeio são introduzidas ao SOA e dois sinais ociosos são gerados por efeito FWM em SOA, com espaçamento de comprimento de onda três vezes maior que o espaçamento dos comprimentos das ondas de bombeio. Os dois sinais ociosos gerados são “batidos” por efeito FWM em SOA, com a onda milimétrica de doze vezes a frequência de micro-ondas que conduz o sinal, gerado em um fotodetector. A onda milimétrica gerada possui largura de linha estreita, determinada pela largura de linha do sinal elétrico utilizado para conduzir os moduladores [2].

Estes sinais de ondas milimétricas gerados podem ser utilizados em estação base ou operadoras de rádio frequência para transmissão downlink ou em sinais do oscilador local.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para geração de produtos de FWM, na Fig.1, apresentamos

um setup constituído por dois lasers CW operando em 193.1 THz e 193.2 THz, ambos gerando uma potência óptica de 0.1W. Após amplificada, a potência óptica dos dois lasers é acomplado, para provocar um batimento entre as duas portadoras, passando assim em um trecho de fibra HNLF, SMF e posteriormente em outro trecho de fibra HNLF. Os dois trechos de fibras HNLF são os responsáveis pela geração de produtos de Four Wave Mixing.

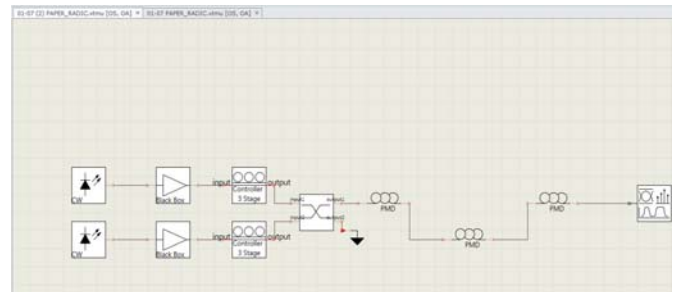


Fig. 1. Setup para geração de FWM.

Com o objectivo de analisar o comportamento de alguns parâmetros que influenciam no surgimento de efeitos não lineares nas fibras ópticas, utilizamos um simulador desenvolvido em Matlab por um professor universitário. Utilizando as equações matemáticas que regem os efeitos não lineares da fibra, o simulador gera FWM utilizando parâmetros de entrada como: Potência, comprimento da fibra, dispersão, coeficiente de propagação etc. O objectivo da simulação é de encontrar melhor relação de potência, comprimento da fibra, fator de fase e dispersão para o surgimento do Four wave Mixing, Fig. 2.

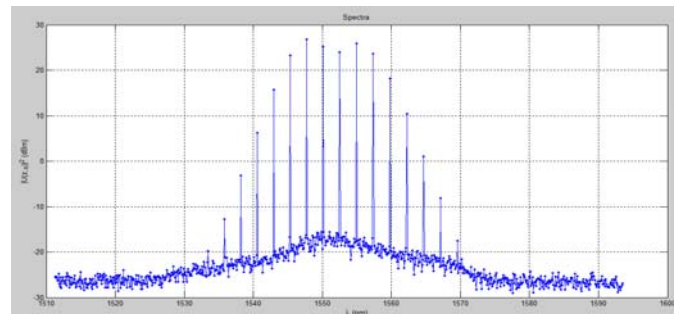


Fig. 2. Resultados de FWM, simulado no MATLAB.

Após definido os melhores parâmetros para o quisito desejado: HNLF: $L=105\text{m}$, $D=0.2\text{e-6}$; $DS=0.025\text{e3}$ ($\text{ps/nm}^2/\text{m}$); Nonlinear index = 12.9e-20 ; core area = 11e-12 ($\text{W}^{-1}.\text{m}^{-1}$)

SMF = 64 m. Tornamos a efectuar a simulação utilizando o VPI, um simulador de sistemas ópticos. Fig. 3.

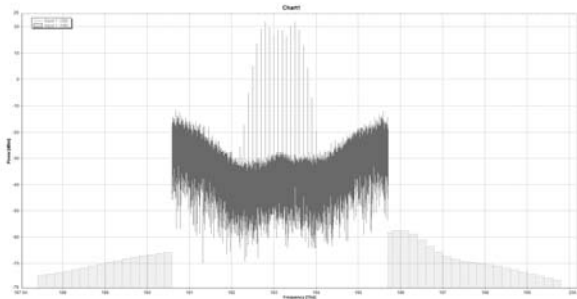


Fig. 3 Resultados de FWM, simulado no VPI.

V. CONCLUSÕES

O FWM é um eficiente mecanismo, que tem sido investigado para a construção de dispositivos (geradores de ondas milimétricas, amplificadores de ultra largura de banda etc) para atenderem as necessidades em Fotônica de micro-ondas.

Resultados apresentados, mostram a geração de produtos de Four Wave Mixing, que podem ser usados para construção de geradores de ondas milimétricas.

REFERÊNCIAS

- [1] Walter S. Wall and Mark A. Foster, Ultra-Wideband Gain in Microwave Photonic Links using Four-Wave Mixing. CLEO Technical Digest © OSA 2012.
- [2] Borja Vidal, Alexander Bockelt, and Jesús Palací, Cascaded Four-Wave Mixing for Microwave Photonic Harmonic Multiplication. IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL. 25, NO. 1, JANUARY 1, 2013
- [3] Tianliang Wang, Minghua Chen, Hongwei Chen, Jian Zhang, and Shizhong Xie, Millimeter-Wave Signal Generation Using Two Cascaded Optical Modulators and FWM Effect in Semiconductor Optical Amplifier. IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL. 19, NO. 16, AUGUST 15, 2007.
- [4] Mary R. Phillips, Member, IEEE, and Michael D. Regan, Enhancement of Microwave Optical Link Gain by Self-Phase Modulation in a Fiber Interferometer. IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL. 20, NO. 24, DECEMBER 15, 2008.
- [5] Toshiaki OKUNO, Masaaki HIRANO, Tetsuya NAKANISHI and Masashi ONISHI, Highly-nonlinear Optical Fibers and Their Applications.
- [6] Chun-Ting Lin, Po-Tsung Shih, Jason (Jyehong) Chen, Wen-Qiang Xue, Peng-Chun Peng, and Sien Chi, Optical Millimeter-Wave Signal Generation Using Frequency Quadrupling Technique and No Optical Filtering. IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL. 20, NO. 12, JUNE 15, 2008.
- [7] Montasir Qasymeh, Wangzhe Li, Student Member, IEEE, and Jianping Yao, Senior Member, IEEE, Frequency-Tunable Microwave Generation Based on Time-Delayed Optical Combs. IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, VOL. 59, NO. 11, NOVEMBER 2011
- [8] Zhichao Deng and Jianping Yao, Senior Member, IEEE, Photonic Generation of Microwave Signal Using a Rational Harmonic Mode-Locked Fiber Ring Laser. IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, VOL. 54, NO. 2, FEBRUARY 2006
- [9] Kyo Inoue, Four-Wave Mixing in an Optical Fiber in, the Zero-Dispersion Wavelength Region, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 10, NO. 11, NOVEMBER 1992 1553
- [10] Wirth A. Fibras Ópticas – Excel Books
- [11] Evgeny Myslivets, Bill P.P. Kuo, Nikola Alic, and Stojan Radic, “Generation of wideband frequency combs by continuous-wave seeding of multistage mixers with synthesized dispersion”. *Department of Electrical and Computer Engineering, University of California San Diego, 9500 Gilman Dr., La Jolla CA 92037, USA.* 30 January 2012 / Vol. 20, No. 3 / OPTICS EXPRESS 3331.
- [12] Rui Wu, V. R. Supradeepa, Christopher M. Long, Daniel E. Leaird, and Andrew M. Weiner, “Generation of very flat optical frequency combs from continuous-wave lasers using cascaded intensity and phase modulators driven by tailored radio frequency waveforms”, OPTICS LETTERS / Vol. 35, No.19 /October 1, 2010.

Medição de radiação não ionizante ambiental em São José dos Campos, SP, Brasil

Franklin Andrade da Silva

Inácio Malmonge Martin

Marcelo P. Gomes

Universidade de Taubaté - UNITAU
franklin.silva@unitau.com.br

Instituto Tecnológico de
Aeronáutica
martin@ita.br;

Instituto Tecnológico de Aeronáutica
gomesmpfis@yahoo.com.br

Resumo—O objetivo deste estudo foi realizar medidas em diferentes tempos em São José dos Campos, SP, da radiação não ionizante na faixa de 1 Hz a 1 kHz principalmente para determinar a intensidade dessa radiação presente nessa localidade. Medir as intensidades das ressonâncias de Schumann utilizando variações temporais do potencial elétrico (microV) na região. A intensidade da radiação não ionizante ambiental que possui energia menor que 12 eV (eletronsvolts), ou seja, não altera o estado dos átomos, em contrapartida podem romper ligações químicas, essas são divididas em sônicas (vibrações, ultrassom) e eletromagnéticas. Utilizaram-se então aparelhos precisos, portáteis e os mais indicados para o monitoramento dessas condições. O espectro da energia ambiental monitorada foi de 1 Hz a 1 kHz, a partir da coleta de dados construiu-se gráficos de μ volt em função da frequência em Hertz para a análise das fontes emissoras nesse intervalo de frequência e também foram monitoradas as condições climáticas nos mesmos locais(chuva e tempo seco).

Palavras chave—Radiação não ionizante, meio ambiente, radio frequência, ressonância de Schumann.

I. INTRODUÇÃO

Os seres vivos convivem com a radiação ambiental desde a sua origem na Terra, porém devido às características de serem inodoras, invisíveis e insípidas, essas partículas são imperceptíveis a olho nu, contudo se expostos a uma taxa muito elevada podem causar sérios danos à vida no planeta. A radiação é dividida em dois grandes blocos, as não ionizantes de baixa energia <12 eV (unidade de energia 1 eV = $1,602 \times 10^{-19}$ Joules), tal como a ultravioleta com comprimento de onda acima de 180 nm (nanômetros) que não causam danos instantâneos aos seres vivos, mas são capazes de romper ligações químicas. E no outro extremo há a radiação ionizante com energia > 12 eV suficiente para alterar o estado físico/químico de moléculas e átomos interagindo com o DNA causando graves danos à saúde, tal como os raios gama. A radiação não ionizante objeto desse estudo, são ondas que se propagam no interior entre a camada da ionosfera e a superfície da Terra e algumas delas são utilizadas pelos homens para transferência de informações sem fio,

transmissores na superfície da Terra que emitem ondas de rádio que são rebatidas pela ionosfera há cerca de 110 km de altura e são transferidas em longas distâncias. O espectro da energia ambiental monitorada foi de 1 Hz a 1 kHz, a partir da coleta de dados construiu-se gráficos de microvolt em função da frequência em Hertz para a análise das fontes emissoras nesse intervalo de frequência.

Os espectros das radiações ionizantes operam em diversas frequências, telefones celulares emitem micro ondas na faixa de 900MHz para o celular analógico, passando por 1.8 a 1.9GHz para o GSM (*Groupe Special Mobile*), por 2.45GHz para o 3G, e mais recentemente em torno de 3.5GHz para o *Wimax* (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), já o WI FI utilizado para a conexão com a internet sem fio opera entre 2,4 a 5 GHz. Neste estudo foi monitorado o espectro de energia ambiental de 1 Hz a 1 kHz, entre essa faixa de frequência observou-se também as ressonâncias de Schumann está na frequência de 7,83 a 33,0 Hz e que intriga os cientistas desde a sua descoberta, sabe-se que essa onda opera na mesma frequência que algumas ondas cerebrais e quando um indivíduo sai do raio de ação dessa onda, ocorrem danos ao cérebro já comprovados em astronautas. Portanto a ressonância de Schumann é considerada por cientistas, crucial para a vida no planeta. Como a intensidade de V(voltagem) e de B(campo magnético induzido) é muito pequena torna-se difícil observar através de medidas, as ondas de Schumann.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realizar as medidas da radiação ionizante entre 1 Hz a 1 kHz utilizou-se um equipamento de última geração adquiridos da Empresa alemã Aeronia AG. Esse sensor denominado Spectran NF cobre a faixa de frequência 1 Hz a 1 kHz e possui uma antena interna. O tempo de amostragem nas medidas pode ser escolhido de 5 ms até 3000 ms. A resolução da largura de banda (RBW – Resolution Band Width) pode variar de 0.3 Hz até 300 MHz. Os sensores são totalmente portáteis com baterias próprias para 8 horas de operação contínua. Um software específico desenvolvido pela Aeronia grava os dados em arquivos.ldt e gera gráficos na tela do computador que podem ser salvos em imagens. Todos os

detalhes dos parâmetros de ajustes e funcionamento do analisador de espectros em frequência podem ser consultados no site do fabricante: Aaronia AG (Aaronia, 2011) em <http://www.spectran.com>. Um PC laptop (Dell Vostro i5) foi utilizado para a aquisição e determinação desses espectros de frequência medidos com arquivos de dados .ldt. Como o sistema é compacto e portátil foi possível realizar levantamentos do campo de radiação não ionizante em diferentes locais na região e em tempos diferentes (seco e úmido).



Fig. 1. Aparelho portátil Spectran NF utilizado no estudo das radiações não ionizantes.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as medidas foram obtidas entre 01 de janeiro a 20 de fevereiro de 2014. Na figura 2 mostra-se o espectro da intensidade do campo elétrico no meio ambiente entre 1 Hz e 40 Hz, onde aparecem quase sempre as ressonâncias de Schumann, como evidenciadas na mesma figura 2, esse gráfico foi elaborado utilizando o softwares o excel e o Origin 8.5 a partir dos dados em .ldt obtidos com o Spectran NF.

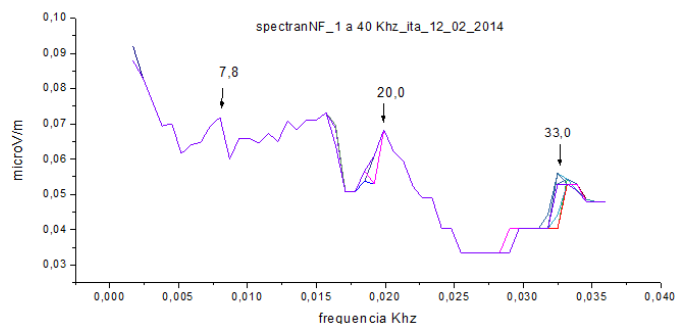


Fig. 2. Ressonâncias de Schumann em 7,8; 20,0 e 33,0 Hz.

Já a figura 3 foi obtida utilizando o monitor spectran analyzer, produto fornecido pela mesma empresa do sensor spectranNF, com esse monitor é possível obter imagens em tempo real das frequências no local, as quais só podem ser salvas por meio do *print screen*. Observa-se que o valor médio do campo elétrico entre 1Hz a 1kHz é de 40V/m.

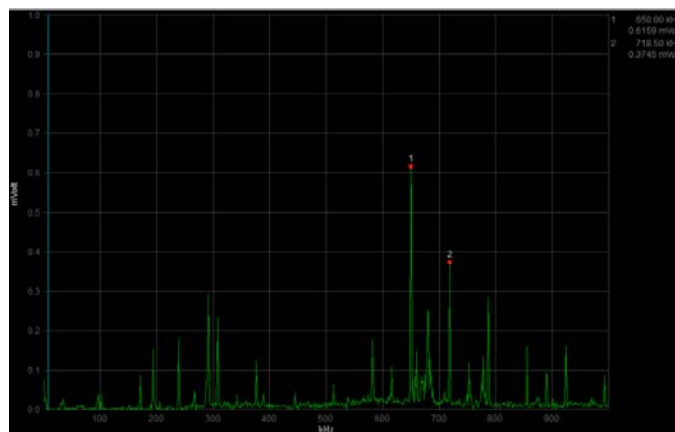


Fig. 3. Espectro de radiação não ionizante na faixa 1 a 1 000 Hz.

Um grande número de picos é observado nesse intervalo de frequência sendo possível de identificação a origem de cada um deles nesta região previsto num próximo trabalho.

IV. CONCLUSÃO

As ressonâncias da onda de Schumann medidas com o sensor SpectranNF vistas na Figura 2 são claramente observadas em 7,8; 20 e 33,0 Hz. Outras ressonâncias podem ser medidas porem com maiores dificuldades devido ao baixo sinal da tensão elétrica em microvolts. Outras medidas foram efetuadas em período chuvoso e período seco local porem sem nenhuma distinção nas ressonâncias observadas. No intervalo entre 1 Hz a 1kHz, com medidas efetuadas de 0,3 a 0,3 Hz e tempo de amostragem de 50 ms, aparecem uma grande quantidade de picos, com possíveis origem ambiental e humana, trabalho que deverá ser elaborado (origem) num próximo estudo.

REFERÊNCIAS

- [1] A. Elbern. (2011, dezembro, 28). Radiação Não Ionizante, Conceitos, Riscos e Normas, Curso de Engenharia do Trabalho. Disponível: <http://www.prorad.com.br/cursos/Cursos/rni.pdf>.
- [2] Gauss Meter & EMC spectrum analyzer Series SPECTRAN NF. Disponível em: <http://www.aaronia.com/products/spectrum-analyzers/NF-1010E-EMF-Meter/>
- [3] Miller, I., "Schumann Resonance, Psychophysical Regulation & Psi". Journal of Consciousness Exploration & Research. July 2013. Volume 4. Issue 6. Disponível em: <http://sedonomalies.weebly.com/schumann-resonance.html>
- [4] Schumann, W. O., 1952. On the characteristic oscillations of a conducting sphere which is surrounded by an air layer and an ionospheric shell (em Alemão), *Zeitschrift fur Naturforschung* 7a, p. 149.
- [5] The Discovery of Schumann resonance. Disponível em: <http://www.earthbreathing.co.uk/sr.htm>

Análise de Desempenho de Comunicação Cooperativa por meio de Simulação

José Edilson Vieira Júnior

José Marcos Câmara Brito

Rosanna Mara Rocha Silveira

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
Jose_edilson@gec.inatel.br

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
brito@inatel.br

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
rosannas@inatel.br

Resumo— Este trabalho analisa uma proposta de melhoria na alocação eficaz de *buffer*, explorando a técnica oferecida pelo algoritmo BE-ONC (*Buffer Equalized Opportunistic Network Coding*), tendo como objetivo verificar o aumento de *throughput* (vazão de dados). Para melhores resultados, são observadas também, técnicas de comunicação cooperativa em redes sem fio, que melhoram a vazão da rede através da agregação de recursos e cooperação.

Palavras chave—Telecomunicações, Redes, Cooperação.

I. INTRODUÇÃO

Com o crescimento da *Internet* e o constante crescimento da utilização das redes de comunicação é muito comum se ter redes cooperando com outras, pela necessidade de disponibilizar acesso a outras redes com o objetivo de garantir uma maior eficiência e maior agilidade na comunicação e transmissão de informações. Uma rede cooperativa consiste de duas ou mais redes interligadas, cooperando entre si, localmente ou de forma distribuída, compartilhando acessos a informações, dados, arquivos, periféricos, etc [1]. Recentemente, esse conceito de cooperação tem sido adotado, constituindo uma área importante de investigação em redes de comunicação sem fio. A idéia de utilizar a cooperação em redes de comunicação sem fio surgiu em resposta ao apoio à mobilidade do usuário, como ampliação da área de cobertura e melhor *throughput*, assim também como a economia de recursos de *hardware* e de energia, que representam desafios no desenvolvimento dessas redes, em termos de capacidade e desempenho das mesmas [2]. Para superar esses desafios, algumas técnicas cooperativas surgiram, tais como *relay*, sistemas distribuídos de antenas e coordenação multicelular. Todas estas técnicas transformaram o sistema celular tradicional em um sistema de cooperativa [3]. A idéia de empregar a cooperação em redes de comunicação sem fio surgiu em resposta ao apoio à mobilidade do usuário e recursos limitados de energia e de rádio, que representam desafios para o desenvolvimento de redes e serviços de comunicação sem fio em termos de capacidade, vazão e desempenho.

A codificação de rede surgiu como uma técnica de comunicação cooperativa, que tem mostrado ganhos notáveis em termos de atraso médio de entrega de pacotes e vazão de dados. A proposta original da codificação de rede era de, inicialmente, ser utilizada em redes tradicionais (com fio), permitindo que os *relays* (retransmissores) pudessem combinar pacotes pertencentes a um único fluxo de dados.

O modelo apresentado neste artigo envolve uma forma de cooperação, onde as partes envolvidas especificam um conjunto de interações a serem desempenhadas pelas mesmas, a fim de obter benefícios mútuos na comunicação.

Deste modo, este trabalho tem por objetivo o estudo do modelo cooperativo em redes sem fio utilizando codificação de rede, demonstrando os benefícios analisados através de resultados numéricos de simulação, que ocorrerá por meio do *software* de simulação de eventos discretos, ARENA [4] e análise dos resultados obtidos a simulação.

O trabalho será apresentado da seguinte forma: primeiramente, temos a introdução às características do algoritmo BE-ONC e da literatura relacionada, seguido da descrição de implementação do modelo, onde poderá ser observado o esquema de alocação de *buffer* proposto. Após as considerações iniciais, os resultados de simulação para o caso de dois utilizadores, serão então apresentados.

II. LITERATURA RELACIONADA

A. Codificação de redes sem fio

As redes sem fio podem sofrer uma variedade de problemas específicos, como apoio inadequado à mobilidade, baixa taxa de vazão de dados e pontos cegos na rede. Porém, suas características, tais como a diversidade espacial e a redundância de dados significativos, oferecem oportunidades para novos princípios de projetos que resolvam estes problemas. O esquema de codificação de rede permite que os nós (*relays*) intermediários da rede manipulem algebricamente os pacotes que precisam ser retransmitidos antes de encaminhá-los ao seu destino [5].

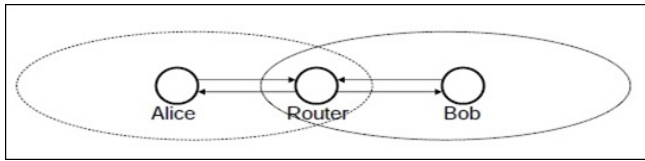


Fig. 1. Troca de pacotes entre Alice e Bob.

Considere o exemplo da Fig. 1, onde Alice e Bob desejam trocar um par de pacotes a fim de explorar a codificação de rede sem fio. Um exemplo simples, que mostra como a codificação pode melhorar a vazão de dados em uma transmissão. O alcance entre os usuários não permite que os mesmos se comuniquem diretamente. Portanto, os pacotes precisam passar por um retransmissor para que possam chegar aos seus devidos destinos. Note que, nesse projeto, Alice envia seu pacote ao *relay*, que encaminha para Bob. Bob também envia seu pacote ao *relay*, que encaminha para Alice. No entanto, através da codificação de rede, Alice e Bob podem transmitir seus pacotes para o *relay* no mesmo tempo (*slot*). No *relay* acontece a combinação dos pacotes de Alice e Bob, através da operação XOR (*eXclusive OR*), e o pacote codificado resultante é transmitido para os usuários. Alice recupera o pacote de Bob por meio da operação XOR novamente, da mesma forma que Bob recupera o pacote de Alice. O processo explora a redundância existente na rede, encaminhando dois pacotes em uma única transmissão e, por consequência, melhorando a vazão.

O modelo ONC (*Opportunistic Network Coding*) analisa o contexto de Alice-Bob explorando a codificação de rede via *relay*. Neste artigo, vamos nos concentrar no aspecto das filas de retransmissão com codificação de rede, visando melhorar a utilização dos recursos e o desempenho da rede, como vazão de dados e o tempo médio de entrega de pacotes.

B. Comunicação cooperativa em redes sem fio usando retransmissão

Como consequência da alocação do tempo de antena aos *relays* das redes sem fio (Wi-Fi IEEE 802.11), surgem as denominadas anomalias das taxas, que ocorre quando vários nós intermediários tentam transmitir pacotes em diferentes taxas de transmissão, assumindo todos os pacotes com o mesmo tamanho. Quando isso ocorre, os nós que utilizam uma taxa de transmissão menor, consomem mais tempo de antena. Este tipo de anomalia limita a vazão de dados dos nós intermediários que transmitem em taxas mais altas. Para resolver este problema, a codificação oportunista é proposta, onde o *relay* combina dois pacotes em cada retransmissão (retransmissão cooperativa) [6].

Este cenário é considerado no modelo BE-ONC, porém com algumas alterações. Há múltiplos *links* para comunicação em redes sem fio e isso deve ser levado em conta. O recurso da comunicação cooperativa só é utilizado quando o pacote não é transmitido corretamente para o seu destino (*link* direto), por isso é denominada oportunista. Para que ocorra uma melhora significativa na vazão de dados, um sistema eficiente de alocação de *buffer* é implementado, e será descrito nas seções posteriores.

III. MODELO DO SISTEMA

Para a modelagem do sistema cooperativo, devemos considerar uma rede simples, constituída de um Ponto de Acesso (*Access Point* – AP), dois usuários (utilizadores da rede) e um retransmissor (*relay*), como pode ser visto na Fig 2.

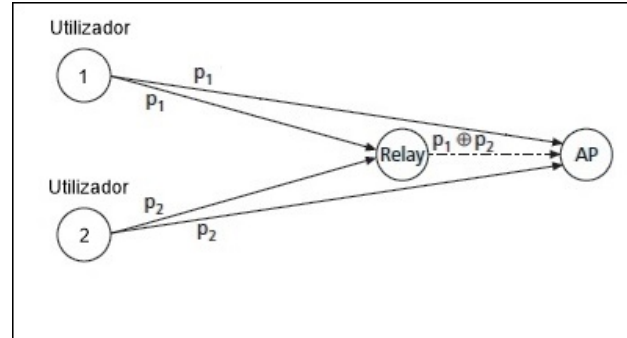


Fig. 2. Modelo do sistema cooperativo utilizando retransmissor.

No modelo observado na Fig. 2, assumimos que os pacotes chegam ao *relay* de forma randômica, de acordo com o processo de chegada de Poisson. A transmissão é feita via *wireless* pelos utilizadores, portanto, os pacotes chegam tanto ao AP quanto ao *relay*.

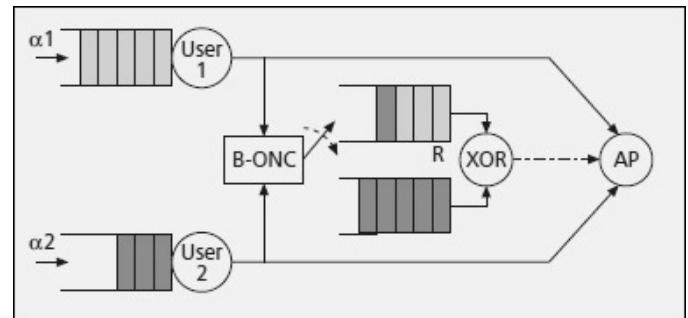


Fig. 3. Modelo do sistema com implementação de filas.

De acordo com a Fig. 3, pode-se observar uma alteração do modelo mostrado na Fig. 2, onde o modelo de fila do sistema está sendo adotado pela implementação do algoritmo BE-ONC. A alteração envolve a divisão do *buffer* real criado pelo *relay* em dois *buffers* virtuais para o armazenamento dos pacotes, ou seja, a capacidade dos dois *buffers* virtuais combinados é igual a capacidade do *buffer* real (capacidade física). A transmissão é feita em *broadcast* e a cooperação pode ser adotada pelo *relay*, de forma a combinar os pacotes p_1 e p_2 por meio da operação XOR, resultando em uma transmissão do pacote codificado. Porém, a transmissão feita pelo *relay* só ocorre quando os pacotes não chegam com total sucesso ao AP, ou seja, pacotes incorretos. Quando os pacotes chegam com sucesso ao AP, os pacotes que estavam no *relay* (transmitidos pelo modo *broadcast*) são eliminados, para que não haja duplicidade de pacotes.

No entanto, quando os pacotes chegam incorretamente ao AP, precisam ser, necessariamente, retransmitidos via *relay*. A retransmissão ocorre de forma a combinar os pacotes como foi citado acima. Porém, existem algumas condições para que a codificação possa ser feita. Se ambos *buffers* virtuais

possuírem pacotes, o *relay* combina os chamados pacotes HOL (*Head-Of-Line*) de cada *buffer* e os encaminha ao AP. Se ambos os *buffers* virtuais estiverem vazios, o *relay* se mantém ocioso. Por último, se um dos *buffers* virtuais estiver vazio e o outro possuir pacotes, o *relay* transmite o pacote HOL do *buffer* especificado “cheio”.

Os pacotes não podem exceder a capacidade física de *buffer*, denominada pelo sistema como uma variável Cf (capacidade física). Esta é a única característica no qual o sistema de fila para redes cooperativas deve atender.

Resumindo: a técnica *Buffer Equalization* (BE) funciona da seguinte maneira: quando chega um pacote, o *relay* decide - com base em uma medida de capacidade de armazenamento em *buffer* - em qual *buffer* o pacote deve ser alocado, e aguarda a transmissão de forma a minimizar o atraso médio de entrega do pacote (PDD – *Packet Delivery Delay*). O pacote original, transmitido de cada utilizador, é necessário e deve ser transmitido ao AP, de modo que, por meio da retransmissão via *relay*, os mesmos possam ser recuperados através da decodificação.

IV. O ALGORITMO BE-ONC

Observando a proposta identificada na Fig. 4, pode-se descrever o funcionamento do algoritmo BE-ONC. Primeiramente, há a inicialização do parâmetro Cf (capacidade física de *buffer*), onde a capacidade dos *buffers* virtuais não pode ultrapassá-lo. O algoritmo é desenvolvido para que possa ocorrer a transmissão dos pacotes de apenas dois utilizadores, por isso a variável k pode assumir os valores 1 ou 2.

O algoritmo tem sua funcionalidade enquanto os pacotes chegam ao *relay*. As verificações de capacidade de armazenamento são feitas, averiguando se os *buffers* estão vazios ou fazendo comparação entre os mesmos e a devida urgência de entrega dos pacotes, observada no algoritmo pela variável Mi (0 = pacote não urgente e 1 = pacote urgente).

```

Input: Cf //capacidade de armazenamento do buffer
1 Initialization: p(k) //onde p refere-se à pacote e k pertence aos usuários 1 e 2
2   Mi //variável referente a urgência do pacote (0 ou 1)
3 while(p(k) chega ao relay)
4   if(ambos os buffers virtuais estão vazios)
5     Enfileirar p(k) no buffer k //enfileira pacote em seu respectivo buffer
6   else
7     if(buffer 1 > buffer 2 && Mi == 1)
8       Enfileirar p(k) no buffer 2 //enfileira pacote no buffer mais vazio
9     else if(buffer 2 > buffer 1 && Mi == 1)
10      Enfileirar p(k) no buffer 1 //enfileira pacote no buffer mais vazio
11    else
12      Enfileirar p(k) no buffer k //enfileira pacote em seu respectivo buffer
13    end
14  end
15 end

```

Fig. 4. Proposta do algoritmo BE-ONC.

Após a análise da proposta do algoritmo BE-ONC, simulações foram feitas no *software* computacional ARENA a fim de comprovar os resultados.

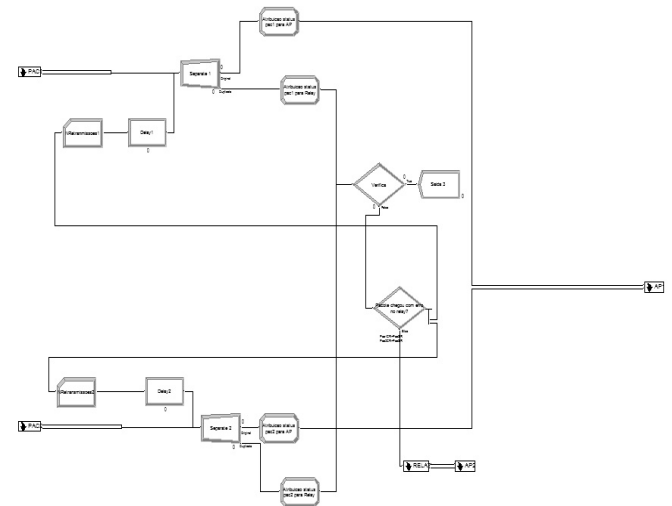


Fig. 5. Simulação do Algoritmo BE-ONC.

Na Fig. 5, podemos identificar o projeto simulado no ARENA. A simulação conta com 2 utilizadores (transmissores), 1 *relay* e um AP. Os pacotes são enviados pelos utilizadores à uma taxa exponencialmente distribuída e são atendidos à uma taxa constante. A simulação retrata fielmente a proposta do algoritmo BE-ONC, avaliando o atraso médio de entrega de pacotes e a taxa de entrega de pacotes da rede por meio da implementação de filas e retransmissão oportunista.

A. Medidas de desempenho analisadas

A proposta de implementação do algoritmo BE-ONC tem como objetivo analisar as seguintes medidas de desempenho:

- Atraso médio de entrega de pacote ou *Average Packet Delivery Delay* (PDD), que é definido como o tempo médio utilizado para que um pacote seja entregue com sucesso, partindo da transmissão do utilizador até o AP;
- Taxa de entrega de pacote ou *Packet Delivery Ratio* (PDR), definida como a razão entre o número de pacotes entregues com sucesso ao AP pelo número total de pacotes transmitidos.

V. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

O sistema proposto foi avaliado através de simulações a fim de verificar os ganhos em termos de benefícios de *delay* (atraso). O algoritmo BE-ONC explora os chamados *links* diretos, ou seja, transmissão direta do utilizador para o AP, bem como as ligações entre os utilizadores e o *relay*, denominada retransmissão oportunista.

No ARENA, foi utilizado um tempo de simulação de 1440 minutos, computando um total de cinco reaplicações, com um período de *warm-up* de 144 minutos.

Através da simulação pode-se observar ganhos notáveis nas medidas de desempenho analisadas, como PDD (Fig. 6) e PDR (Fig. 7) aproximados, respectivamente, de 38,2712 minutos e 0,84186 pacotes/minuto, identificando o modelo como uma forma viável de comunicação cooperativa utilizando codificação de rede, diminuindo o atraso médio de entrega de pacote e aumentando a taxa de entrega de pacote em redes sem fio.

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
pac1	7.3545	0.55	6.6545	7.8205	0.00	55.0000
pac2	7.5696	0.46	7.0741	7.9664	0.00	55.0000
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
pac1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pac2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
pac1	33.6537	22.56	22.6849	65.8861	0.00	251.49
pac2	28.2093	13.23	18.4162	42.6528	0.00	616.43
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
pac1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pac2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
pac1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pac2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
pac1	40.9150	22.78	29.8193	73.5106	0.00	261.49
pac2	35.6274	13.39	25.8626	50.5446	0.00	631.43

Fig. 6. Dados coletados para o cálculo do atraso médio de entrega de pacote (PDD), em minutos, observado no relatório gerado pelo ARENA.

O atraso médio de entrega de pacote foi calculado através da média do tempo total dos pacotes transmitidos pelos utilizadores (pac1 e pac2) e recebidos com sucesso pelo AP.

A taxa de entrega de pacote foi calculada através da razão da soma do número total de pacotes transmitidos com sucesso dos utilizadores ao AP, pelo número total de pacotes transmitidos na rede (transmissões e retransmissões).

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Lote recebido com sucesso pelo AP via relay	6.8000	8.35	2.0000	18.0000
NRetranmissoes1	12.8000	5.37	7.0000	18.0000
NRetranmissoes3	2.4000	3.24	0.00	6.0000
NRetranmissoes4	27.6000	5.52	21.0000	33.0000
NRetranmissoes2	9.6000	4.35	6.0000	13.0000
NTransmissoes1	126.20	4.92	120.00	130.00
NTransmissoes2	123.80	8.71	112.00	130.00
Numero de pacotes recebidos com sucesso via link direto	193.00	13.49	177.00	203.00
Pacotes recebidos com sucesso pelo AP via relay	50.0000	7.55	42.0000	55.0000

Fig. 7. Dados coletados para o cálculo da taxa de entrega de pacote (PDR) observada no relatório gerado pelo ARENA.

VI. CONCLUSÕES

A codificação de rede surgiu como uma forma de cooperação, onde nós intermediários são utilizados para cooperar voluntariamente. A alocação eficiente de recursos em tais nós intermediários (*relays*) é necessário para direcionar um objetivo comum dentro da rede (minimização do custo total de energia, por exemplo) utilizando a codificação. Neste artigo, foi demonstrada uma técnica de alocação de recursos eficazes para uso, especificamente, no *relay*, em uma rede sem fio cooperativa (Wi-Fi IEEE 802.11). Em particular, uma técnica denominada *Buffer Equalized Opportunistic Network Coding* (BE- ONC) foi analisada e simulada para lidar com o problema de alocação de pacotes no *buffer* do retransmissor. Através de simulações, a técnica proposta foi mostrada para se obter uma melhora no atraso de entrega de pacote e taxa de entrega de pacote.

REFERÊNCIAS

- [1] Y. Zhang, H. H. Chen, M. Guizani, "Cooperative Wireless Communications", CRC Press, 2009.
- [2] W. Zhuang and M. Ismail, "Cooperation in Wireless Communication Networks", *IEEE Communications Magazine*, April 2012.
- [3] X. Tao, X. Xu, Q. Cui, "An Overview of Cooperative Communications", *IEEE Communications Magazine*, June 2012.
- [4] ARENA Simulation Software (Student version), versão 14.50.00 [Online]. Disponível: <http://migre.me/hPtRl>
- [5] F. Christina, K. Dina, M. Athina, M. Muriel, R. Hariharan, "Wireless Network Coding: Opportunities & Challenges", unpublished.
- [6] C. Surachai, H. Ekram, "Cooperative Relaying in Wi-Fi Networks with Network Coding", *IEEE Wireless Communication*, April 2012.
- [7] K. Sachin, R. Hariharan, H. Wenjun, K. Dina, M. Muriel, C. Jon, "XORs in The Air: Practical Wireless Network Coding", unpublished.
- [8] Q. Zhang, J. Jia, and J. Zhang, "Cooperative Relay to Improve Diversity in Cognitive Radio Networks", *IEEE Commun. Mag.*, vol. 47, no. 2, Feb. 2009, pp. 111–17.
- [9] A. Ibrahim et al., "Distributed Energy-Efficient Cooperative Routing in Wireless Networks", *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 7, no. 10, Oct. 2008, pp. 3930–41.
- [10] G. Kramer, I. Maric, and R. D. Yates, "Cooperative Communications", *Foundations and Trends in Networking*, vol. 1, no. 3, Aug. 2006, pp. 271–425.
- [11] P. Parag and J. F. Chamberland, "Queuing Analysis of A Butterfly Network", *Proc. IEEE Int'l. Symp. Info. Theory*, July 2008, pp. 672–76.
- [12] W. Chen, K. B. Letaief, and Z. Cao, "Opportunistic Network Coding for Wireless Networks", *Proc. IEEE ICC*, June 2007, pp. 4634–39.
- [13] L. Pei, T. Zhifeng, P. Shivendra, "A Cooperative MAC Protocol for Wireless Local Area Networks", unpublished.
- [14] L. Pei, T. Zhifeng, P. Shivendra, E. Elza, "Cooperative Wireless Communications: A Cross-Layer Approach", *IEEE Wireless Communications*, August 2006.
- [15] I. Krikidis, J. Nicholas Laneman, J. S. Thompson, S. McLaughlin, "Protocol Design and Throughput Analysis for Multi-User Cognitive Cooperative Systems", *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 8, no. 9, September 2009.

Estudo de Transmissão de Sinais dentro de uma instituição de Saúde utilizando o protocolo de comunicações ZigBee

Fábio Emiliano Leite

Jéssica Amaro Maglioni Ribeiro

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
fabio.leite@get.inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
jessicaa@gee.inatel.br

Resumo—O projeto consiste no monitoramento periódico de pacientes, nos leitos hospitalares, para rastrear indicadores específicos (sinais vitais, pressão sanguínea, nível de glicose) e identificar o andamento da doença.

O ZigBee é um protocolo de comunicação wireless, que tem baixo custo de implantação e baixa potência de operação. Ele será o responsável pela transmissão dos dados do enfermo para o computador.

Palavra-chave – Protocolo de comunicação sem fio ZigBee.

1. INTRODUÇÃO

O cabeamento pode ser um problema na instalação de dispositivos de controle e sensoriamento, pois estão sujeitos a cortes, degradação e interferências. De fácil manuseio, e de grande variedade de aplicações, o padrão ZigBee IEEE 802.15.4 traz consigo todas as camadas de segurança necessárias para aplicações onde a confiabilidade e custos são critérios muito importantes.

Com base nisso, o protocolo faz a comunicação wireless do equipamento que monitora o paciente para o computador de controle. O dispositivo foi projetado para realizar comunicação sem fio confiável, de baixo consumo e baixas taxas de transmissão.

ZigBee é um padrão que foi definido pela aliança de empresas de segmentos diferentes de mercado, chamada "ZigBee Alliance".

As principais características deste tipo de rede são baixa latência, baixo consumo de energia, implementação de redes com um grande número de dispositivos e pequena complexidade dos nós de rede.

A figura abaixo mostra o posicionamento do padrão ZigBee no mercado de tecnologia "Wireless".

Nessas redes, o tempo de acesso é muito pequeno, tipicamente 30ms. Outra característica importante é o tamanho reduzido dos pacotes de dados que trafegam nela. Do estado inativo para o estado ativo da rede, gasta-se 15ms, um tempo record para a tecnologia sem fio.

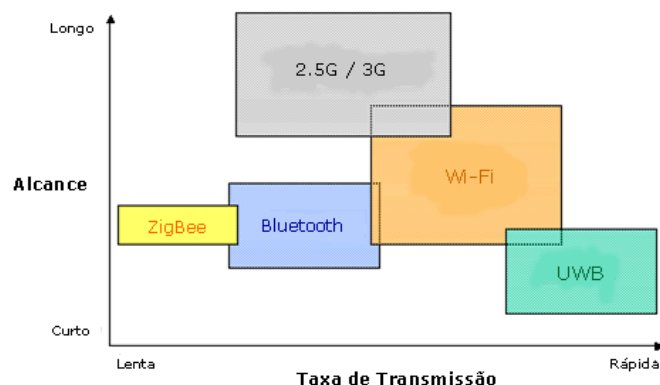


Fig. 1. Tecnologias Wireless

O protocolo ZigBee permite comunicações robustas e opera na frequência ISM (Industrial, Scientific and Medical), sendo na Europa de 868 MHz, 915 MHz nos Estados Unidos e 2,4 GHz em outras partes do mundo e não necessitam de licença para o funcionamento. As redes oferecem uma excelente imunidade contra interferências e com taxas de transferências de dados variando entre 20Kbps a 250Kbps.

Os módulos RF padrão ZigBee foram criados para economizar energia ao máximo e com isso, é possível criar dispositivos sensores remotos alimentados com pilhas ou baterias comuns, que durarão meses ou anos sem precisarem ser substituídas. Isso porque, os módulos ZigBee quando não estão transmitindo/recebendo dados, entram num estado de dormência [1].

O conforto do paciente em seu leito é fundamental e por esse motivo, a diminuição de fios sob o enfermo e do hospital são necessários.

O projeto tem a finalidade de facilitar a comunicação paciente/enfermaria/médico e isso é conseguido através do dispositivo ZigBee Transmissor que recebe as informações vitais do doente, envia-os ao receptor que os exibirá no computador que estará localizado no local onde se encontra o responsável pelo paciente. O sistema é composto por dois itens principais: o hardware, responsável pela coleta, envio de dados e o software que por sua vez é responsável por receber os dados lidos, tratá-los e exibi-los.

A figura 2 mostra o diagrama em blocos do projeto.

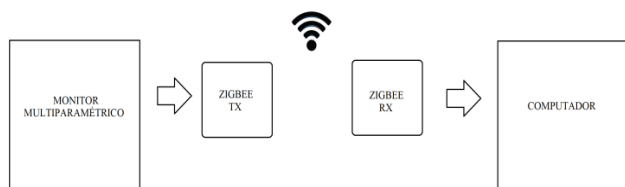


Fig. 2. Visão Geral do Projeto

II. HARDWARE

O Monitor Multiparamétrico mede simultaneamente ECG-eletrocardiograma, SpO2-oxigênio no sangue, pressão não invasiva, pressão invasiva, temperatura e capnografia e envia os dados lidos no enfermo através de uma entrada USB do aparelho ao Zigbee, o qual fará toda comunicação.

Foi escolhido um equipamento de fácil implantação e mobilidade, alta precisão e reduzido custo de aquisição, o MSP430 eZ430-RF2500 Development Tool para uso no projeto [2].

O MSP430 eZ430-RF2500 é um dispositivo sem fio que inclui todo hardware e software necessário para desenvolver um projeto wireless inteiro com o MSP430 inserido em uma USB conveniente. A ferramenta inclui um emulador alimentado por USB para programar e depurar seu aplicativo no sistema e duas placas-alvo sem fio de 2,4 GHz com o MSP430F2274 ultra-low-power MCU altamente integrado. O projeto pode ser desenvolvido e imediatamente implantado usando a placa de expansão bateria incluída.

Todo o software necessário está incluído, como um completo ambiente de desenvolvimento integrado e SimpliciTI, uma pilha de propriedade de rede em estrela de baixa potência que permite as redes sem fio possuírem um grande alcance.

A interface do emulador pode ser usado para baixar e depurar seus aplicativos de destino e pode transmitir dados seriais para qualquer computador, enquanto dentro ou fora de uma sessão de depuração.

A figura 3 mostra o dispositivo ZigBee sem fio.



Fig. 3. Msp430 eZ430-RF2500 Development Tool

O kit Dev. Tool é composto pelo processo de encontrar e reduzir defeitos num aplicativo de software ou mesmo em hardware via USB, 21 pinos de desenvolvimento

disponíveis altamente integrado, ultra-low-power MSP430 MCU com o desempenho de 16 MHz, dois pinos de I/O digitais ligados aos LEDs verde e vermelho para visualizar qual está sendo usado e um botão interruptível para o controle do usuário [3].

III. SOFTWARE

A parte lógica do projeto se resume na programação em linguagem C. Os dados provenientes do Monitor Multiparamétrico são lidos e interpretados pelo ZgBee Tx previamente programado, logo em seguida são enviados para o ZigBee Rx, também previamente programado, a uma distância máxima em visada direta de 100 metros, que recebe as informações, trata-as e as exibe em um computador.

O MSP430 eZ430-RF2500 possui a tarefa de tratar os sinais provenientes do monitor, executar a conversão do sinal analógico para digital e obter os dados finais para a transmissão. Na recepção é o processo inverso, as informações são convertidas em sinal analógico para serem interpretadas pelo leitor do computador [4].

A figura 4 mostra o diagrama do projeto

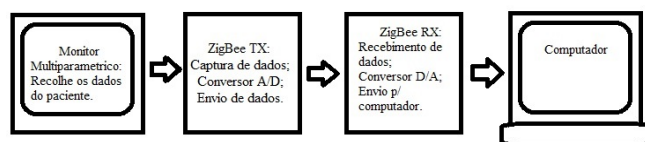


Fig. 4. Diagrama em Blocos do Projeto

IV. CONCLUSÃO

O principal motivo para o desenvolvimento do projeto foi à busca de uma alternativa para melhorar o leito do enfermo juntamente com a diminuição da fiação dos hospitais. Unindo as versatilidades de aplicações dos circuitos integrados, foi possível interligar as áreas de computação, elétrica e biomédica em um mesmo projeto.

Este projeto pode ser modificado para qualquer quantidade de dados que se desejar transmitir e a qualquer distância dentro de 100 metros, bastando para isso modificar a programação dos dispositivos e a sua localização.

REFERÊNCIAS

- [1] http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialzigbee/pagina_2.asp (acesso em 28/10/2012).
- [2] http://www.gta.ufrrj.br/grad/10_1/zigbee/aplicacoes.html (acesso em 28/10/2012)
- [3] <http://portaldocoracao.uol.com.br/exames/oximetria-de-pulso> (acesso em 27/10/2012)
- [4] Losso, Ezequias. Atividade empresarial de telefonia de radiofrequência e inclusão social. 1ª Edição. Curitiba, 2008.
- [5] Torres, Silvio Henrique Maria. Estudo de tecnologias futuras e comparativo entre as redes industriais. Santa Rita do Sapucaí: INATEL, 2010.

Projeto de Cabo Irradiante

Glauco Pereira Cunha

Instituto de Estudos Superiores da
Amazônia - IESAM
elglauco@yahoo.com.br

Júlio Kosaku Nagai

Instituto de Estudos Superiores da
Amazônia - IESAM
julio_nagai@hotmail.com

Vinícius da Silva Monteiro

Instituto de Estudos Superiores da
Amazônia - IESAM
vinic_monteiro@hotmail.com

Edson S. Cardoso Silva

Instituto de Estudos Superiores da
Amazônia - IESAM
edson@prof.iesam-pa.edu.br

Resumo — Este trabalho descreve a elaboração de um projeto de cabos irradiantes, em ambientes onde a cobertura dos sinais wireless, é fraca ou deficiente, explicando seu funcionamento, desde a arquitetura até os componentes presentes visando um serviço de boa qualidade com boa relação custo/benefício.

Palavras-chaves — cabo irradiante, radiofrequência, *access point*.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente sistemas RF (Radiofrequência) estão presentes em praticamente todos os lugares. A dependência da eficiência e da segurança de transmissão nas redes de dados pode ser classificada como o ingrediente principal em um projeto de rede bem-sucedido. Dessa forma, variações no ambiente ou interferências externas podem afetar a qualidade do serviço [1][2].

Uma solução de cobertura bastante usual é a instalação de antenas próximas ao AP (*Access Point*). Kits contendo os componentes necessários estão amplamente disponíveis no mercado e são relativamente simples de instalar.

Para áreas pequenas, as soluções com antenas são ideais, mas há algumas situações onde um sistema passivo de antenas distribuídas provê uma solução de cobertura mais sofisticada, cobrindo uma área maior do que é normalmente realizável com um único AP [3].

O sistema de cabo irradiante vem proporcionando uma solução alternativa aos APs existentes, fornecendo uma área de cobertura maior e homogênea, facilitando a comunicação de rádio, onde a propagação do espaço livre usual das ondas eletromagnéticas é dificultada, como em túneis, minas, edifícios, centros de convenções, ou aeroportos [4].

II. MATERIAL

☐ 01(um) computador com sistema operacional windows;

- ☑ Software Vistumber e Heatmapper ;
- ☑ 01(um) *access point*;
- ☐ 01(um) *pigtail* tipo N para SMA (*SubMiniature A*);
- ☐ 01 (um) cabo irradiante de 50 Ohms, 1/2 polegada com conector tipo N;
- ☐ 40 (quarenta) abraçadeiras para fixação;

III. DESENVOLVIMENTO

A. Princípio de Funcionamento

Nos casos onde a capacidade do sistema não é um fator limitante, um sistema passivo de distribuição pode ser utilizado para atender a área de cobertura sem fazer uso de outro AP. Este sistema pode utilizar um conjunto de antenas para uma cobertura pontual, através de cabos coaxiais conectados à fonte principal de rádio frequência [3].

Alternativamente, cabos irradiantes podem distribuir o sinal de RF por milhares de aberturas ao longo de sua extensão, permitindo a extensão da área de cobertura, racionalizando o sinal de RF vindo de uma única fonte de sinal, através de um número maior de pontos de emissão [3].

Os sistemas WLAN (*Wireless Local Area Network*) nesses ambientes requerem APs múltiplos para atingir a cobertura e a capacidade exigidas para o funcionamento adequado do sistema [3].

B. Aplicação

A utilização do cabo irradiante é ideal em ambientes confinados como: Túneis (rodoviários, ferroviários, metrô e minas), prédios corporativos, aeroportos, shopping centers, parques de exposição, em veículos como: navios, plataformas marítimas, trens, etc. [4].

C. Cabo coaxial x Access point x Cabo irradiante

1) Cabo coaxial

Cabo coaxial comum de RF sem abertura em seu condutor externo é utilizado para transportar um sinal de um ponto a outro, como ilustra a Fig. 1 [6].

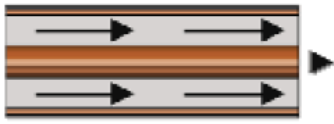


Fig. 1. Cabo coaxial sem abertura no condutor externo.

2) Access point

Access point ou ponto de acesso é um dispositivo que permite interligar duas redes sem fio entre site ou uma rede a vários dispositivos. Em geral, o *access point* se conecta a uma rede cabeada, e fornece acesso sem fio a esta rede para dispositivos móveis no raio de alcance do sinal de rádio. A figura 2 abaixo apresenta uma analogia da distribuição do sinal pelo AP.

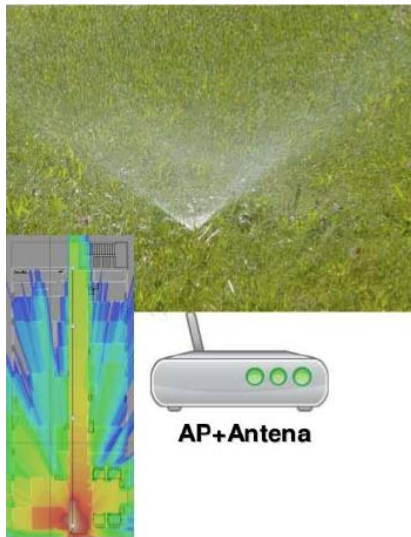


Fig. 2. Analogia do sinal somente com a utilização do AP.

3) Cabo irradiante

Cabo Irradiante RF é um cabo coaxial rígido contendo pequenas aberturas, denominadas slots, localizadas em seu condutor externo, onde através destes o sinal de RF é transmitido e recebido pelo cabo, como ilustra a figura 3. Esta solução faz com que o sinal de RF seja conduzido uniformemente ao longo do cabo, permitindo assim percorrer uma distância maior em comparação às antenas dos APs existentes e distribuindo o sinal de forma homogênea.

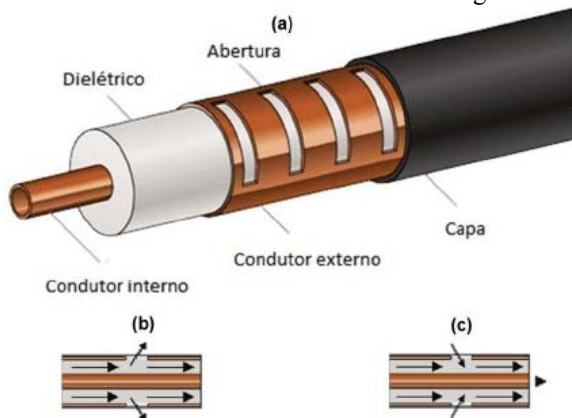


Fig. 3 (a) Estrutura do cabo irradiante. (b) Ilustração da transmissão do sinal de RF pelo slot do cabo. (c) Ilustração da recepção do sinal de RF pelo slot do cabo.

A figura 4 a seguir apresenta uma analogia da distribuição do sinal, com a utilização do cabo irradiante.

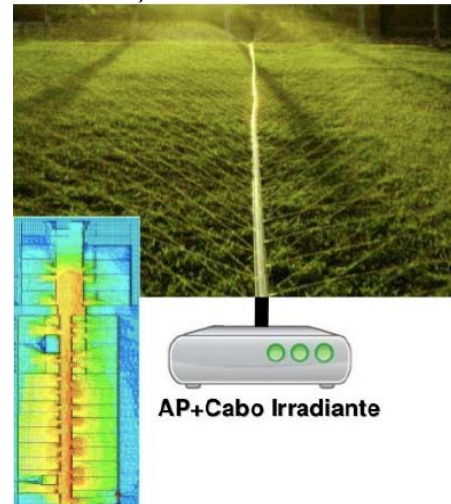


Fig. 4 Analogia do sinal com a utilização do cabo irradiante.

D. Características do Cabo irradiante

1) Maior Flexibilidade e menor custo efetivo de *upgrading*

☐ Um único cabo irradiante pode transmitir um grande número de serviços: AM, FM, GSM, UMTS, Wi-Fi, WiMAX e outros.

☐ Serviços adicionais podem ser alocados mais tarde, sem novos custos de instalação de cabos;

☐ Usando antenas, cada novo serviço necessita de um novo sistema de antenas, possibilidade de combinar vários APs por área;

2) Maior segurança

☐ Segurança do equipamento: os APs podem ficar confinados dentro de *hacks*, salas, CPDs, *shafts*, entre outros;

3) Menor impacto visual

☐ Existe um grande interesse em esconder antenas, para evitar uma agressão visual, comum em estações de metrô, centros comerciais, etc;

☐ Cabos irradiantes podem ser facilmente escondidos, atrás de forros, fundo falso, coberturas, etc;

E. Local proposto para a instalação

As Figuras 5, 6 e 7 ilustram os principais locais a serem beneficiados com a melhoria do sinal.



Fig. 5. ENEE – Laboratório de ensaios especiais.



Fig. 6. DEAM - Laboratório de desenvolvimento de sistema de automação e Monitoramento



Fig. 7. DEAM - Laboratório de desenvolvimento de sistema de automação e monitoramento.

Na figura 8 abaixo, a linha em vermelho ilustra o local da instalação do cabo irradiante em relação à planta do prédio.

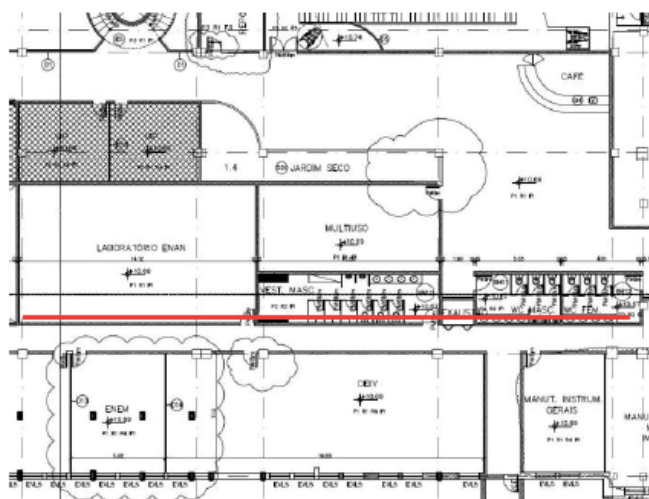


Fig. 8. Planta baixa com detalhe do cabo irradiante.

F. Funcionamento técnico

O cabo radiante é formado em seu interior por um condutor de cobre sólido, revestido por um dielétrico de espuma de polietileno. No seu exterior uma camada de fita de cobre, reveste o dielétrico e este, revestido por um polietileno preto resistente ao tempo.

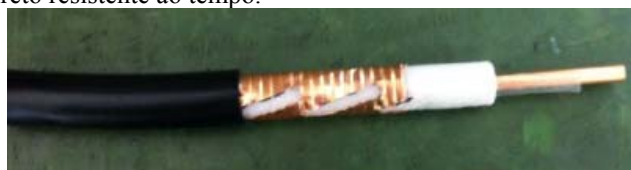


Fig. 9. Cabo irradiante.

As principais características elétricas do cabo irradiante são:

- ☐ Faixa de frequência;
- ☐ Perda longitudinal;
- ☐ Perda por acoplamento;
- ☐ Perda do sistema;

1) Faixa de frequência

Para determinar o cabo certo para uma aplicação, devemos considerar as faixas de frequências utilizadas (Fig. 10). O projeto das aberturas no condutor externo influencia na gama de frequências para a qual o cabo é otimizado [6].

☐ Serviços de emergência e segurança (75-150 MHz). Ex.: Polícia e bombeiro;

☐ Rede de celular analógico (400-900 MHz). Ex.: NMT, AMPS;

☐ Serviço de radiodifusão Analógico: FM, VHF, UHF e Digital: DAB, DVB;

☐ Rede celular digital (380-2650MHz). Ex.: CDMA/TDMA, GSM, UMTS/W-CDMA;

☐ Rede de transmissão de dados sem fio (2,4 GHz e 5,0 GHz). Ex.: Wireless, IEEE 802.11x e Bluetooth.

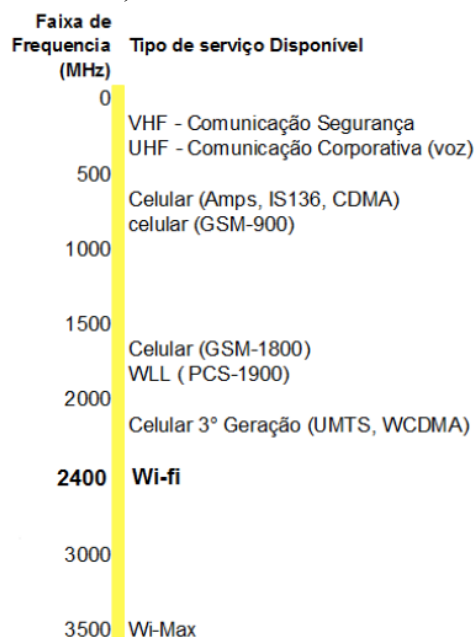


Fig. 10. Faixa de frequência

2) Perda longitudinal

A característica mais importante de um cabo irradiante é a perda longitudinal (ou perda de atenuação). Sua atenuação se dá em função da frequência. Quanto maior a frequência, maiores as perdas de atenuação. O tipo de dielétrico, o comprimento do cabo e a disposição das aberturas no condutor externo, também influenciam na atenuação longitudinal [6].

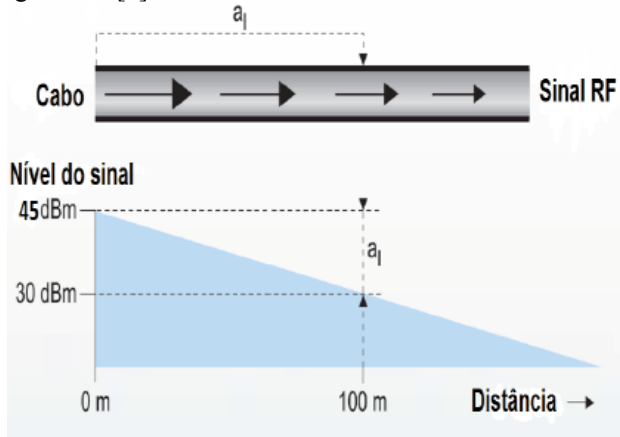


Fig. 11 Atenuação longitudinal.

Em relação à abertura no condutor externo, os principais cabos irradiantes conhecidos são os apresentados os ilustrados na Fig. 12 [7].

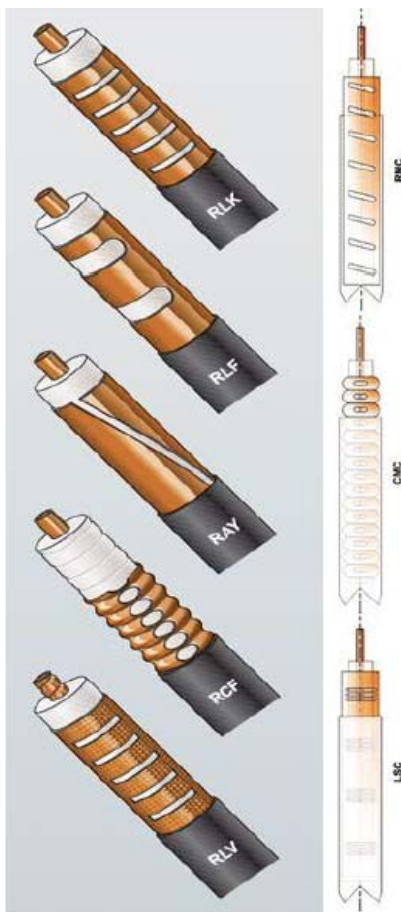


Fig. 12 Tipos de abertura no condutor.

▣ RLK (*Radiating Leakage*): Cabo irradiando com baixa perda de acoplamento para túneis e construção;

▣ RLF (*Radiating Lean Form*): Cabo irradiante pesados, de banda larga, para aplicações multiuso em túneis de todos os tipos;

▣ RAY (*Radiating Dry Form*): Otimizado para alta frequência e sistemas digitais, com aplicação em construção e aplicações de túnel, onde a baixa perda de acoplamento é necessária;

▣ RCF (*Radiating Curve Form*): Pequeno raio de curvatura, com ondulações no exterior, com aplicações em edifícios e minas subterrâneas;

▣ RLV (*Radiating Leaky Variable*): Cabo com perda de acoplamento variável, que fornece para o sistema uma perda total quase constante e de baixa variação de amplitude;

▣ RMC (*Radiated Mode Cables*): Projetado para uma faixa de frequência de até 6 GHz, podendo ser de banda larga, ou para específicas faixas de frequência ou aplicações. O formato de sua abertura cria algumas frequências ressonantes. Estas frequências ressonantes são bem escolhidas, para não interferir nas utilizadas atualmente em sistema de comunicação;

▣ CMC (*Coupled Mode Cables*): Estes cabos são projetados para construções onde o comprimento do sistema é tipicamente menor do que 100 m;

▣ LSC (*Leaky Section Cables*): Ideal para frequências até 1 GHz. Embora este cabo possa ser usado em frequências mais altas, o aumento acentuado de suas perdas longitudinais geralmente limita seu uso acima de 1 GHz.

3) Perda por acoplamento

A perda de acoplamento descreve a perda de sinal entre o cabo e um receptor, sendo definido como a razão entre a alimentação recebida, a uma certa distância, para a potência no cabo. Devido à reciprocidade, as considerações são análogas para a transmissão a partir de uma antena para o cabo. A perda de acoplamento é afetada pela organização das aberturas, bem como por interferências e reflexões do cabo circundante [8].

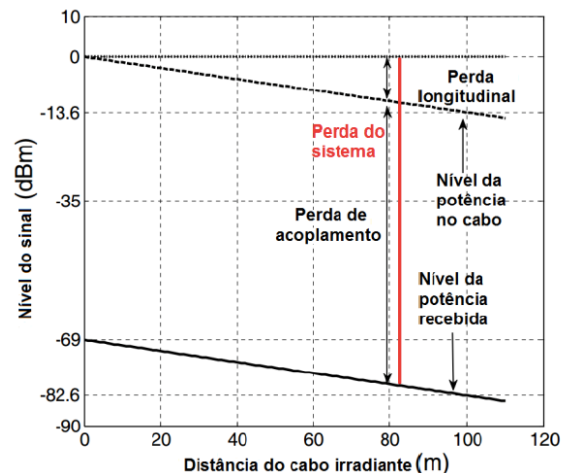


Fig. 13. Perda por acoplamento.

Há dois modos de transportar a energia do cabo para o ar: o modo de acoplamento e modo radiante [8].

4) Perda do sistema

Perda do sistema, nada mais é que a perda total do sistema, como pode ser visualizado na Fig. 13.

G. Condições do teste

1) Premissas:

- ☐ Prover cobertura wireless WLAN (Wi-Fi) em 2,4 GHz;
- ☐ O primeiro andar do prédio foi utilizado para o teste;
- ☐ Cabeamento instalado sobre o forro, no corredor principal do andar;
- ☐ Apenas um AP utilizado como fonte de RF;
- ☐ A área de cobertura deveria estar restrita apenas as áreas internas do prédio;

2) Dados técnicos do AP utilizado:

- ☐ Potência de transmissão < 100 mW (20 dBm) em 2,4 GHz;
- ☐ Protocolo de Transmissão IEEE 802.11b, com taxa máxima de 11 Mbps;

- ☐ Antena omnidirecional;

3) Dados técnicos do cabo irradiante utilizado:

- ☐ 50 Ohms e 1/2 polegada;
- ☐ Raio máximo de curvatura 300 mm;
- ☐ Resistência à tração 1000 N;
- ☐ Faixa de operação 75~6000 MHz;
- ☐ Para 2400 MHz o sinal é atenuado em 15 dBm a cada 100 m.

H. Instalação do cabo irradiante

As figuras 14 e 15 apresentam detalhes da instalação dos cabos e conexão com o AP.

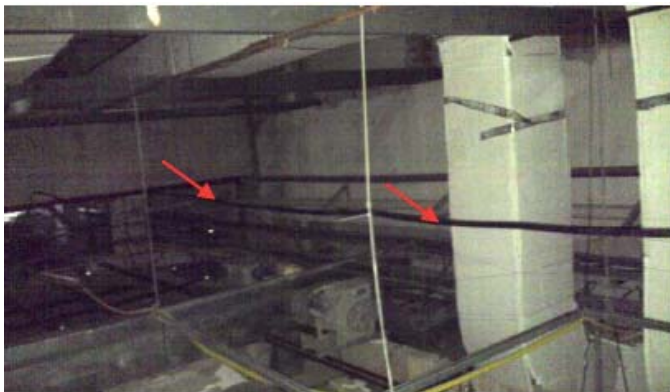


Fig. 14. Vista do cabo fixado no estirante de fixação do forro.



Fig. 15. Detalhe da conectorização do cabo no AP.

I. Teste de medição do nível do sinal

- ☒ 0 dBm a -60 dBm: Boa ou excelente cobertura;
- ☒ 60 dBm a -80 dBm: Conecta, mas não necessariamente alcança as mais altas velocidades possíveis;
- ☒ 80 dBm a -100 dBm: Conectividade fraca, espera-se cortes, lentidão, e problemas de desempenho com vídeo e áudio.
- ☒ Potência do sinal acima e abaixo (0 dBm-100 dBm) raramente são vistos com pelo AP.

Legenda

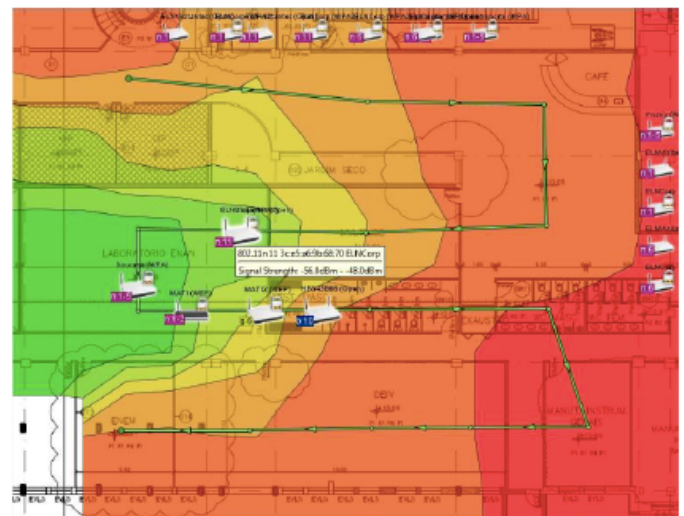
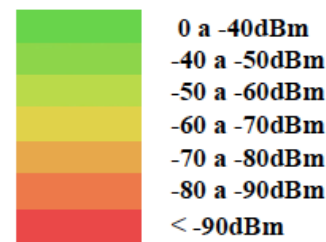


Fig. 16- Mapa de potência do sinal antes da instalação do cabo irradiante.

Desenvolvimento de um Sistema Embarcado para Reconhecimento de Locutor

Alessandra Adami Pinto

Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel
alessandra@gec.inatel.br

Carlos Alberto Ynoguti

Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel
ynoguti@inatel.br

Resumo—O presente artigo descreve um sistema de identificação de locutor baseado em modelos de misturas de gaussianas (GMM), que opera em tempo real em computador pessoal e de maneira *offline* em plataforma embarcada. Estudos sobre o número ótimo de gaussianas também foram realizados, levando em consideração a quantidade de material de treinamento, o desempenho na taxa de reconhecimento e o tempo de processamento.

Palavras chave—biometria, GMM, reconhecimento de locutor.

I. INTRODUÇÃO

A identificação de pessoas através de suas características físicas e comportamentais é chamada de Biometria, e está se tornando cada dia mais presente em nossa vida corriqueira. Hoje a biometria é usada na identificação criminal, controle de acesso, e em várias outras aplicações.

A origem da palavra Biometria é grega, *bios* (vida) e *metron* (medida). Apesar de sua própria procedência já ser capaz de defini-la, seu significado formal pode ser obtido em [1] como "Ramo da ciência que estuda a mensuração dos seres vivos" e, ainda, a Biometria estatística, que é a "Parte da estatística que investiga atributos biológicos quantitativos pertinentes a uma população de seres vivos".

Há duas formas de classificação biométrica, uma baseada nas características físicas do indivíduo e outra, baseada em seu comportamento. Dentre as características físicas humanas, o reconhecimento da íris, do formato do rosto, da posição de veias, de retina, do DNA e do formato da mão, são alguns exemplos. As particularidades comportamentais dizem respeito à maneira como as pessoas se expressam: o jeito de andar, a forma de digitação e a grafia representam essa categoria. Sendo que a voz possui características de ambas as formas.

Os sistemas biométricos não são totalmente precisos, pois os seres humanos são inconstantes, o que significa que as suas características físicas e comportamentais mudam naturalmente com o tempo, doenças, fatores emocionais, dentre outros, e portanto, tais sistemas devem ser capazes de aceitar essas mudanças.

Neste trabalho é proposto um sistema biométrico por voz,

onde são utilizadas as características físicas da pessoa para sua identificação. Este é baseado em modelos de misturas de gaussianas e parâmetros mel-cepstrais, e pode operar em tempo real na maioria dos computadores pessoais disponíveis atualmente.

O artigo está organizado da seguinte maneira: na seção II será feita uma breve introdução sobre biometria, seus aspectos e formas principais. A biometria por voz é apresentada na seção III, e os modelos de misturas de gaussianas são apresentados na seção IV. A metodologia utilizada é mostrada na seção V e os experimentos desenvolvidos são apresentados na seção VI, juntamente com os testes de desempenho. A seção VII exhibe o desenvolvimento do projeto em plataforma embarcada. Por fim, as conclusões são apresentadas na seção VIII.

II. BIOMETRIA

Existem dois problemas principais na biometria: identificação e verificação [3].

No primeiro, a identificação, procura-se responder à pergunta: "quem é você?". Neste caso, após recolher a amostra biométrica (voz, impressão digital, etc.) o sistema a compara com os vários padrões armazenados (pessoas que podem ter acesso a um determinado sistema, por exemplo), atribuindo a identidade da pessoa ao padrão mais próximo.

Já na verificação, procura-se responder à pergunta: "você é quem diz ser?". Neste caso, o sistema biométrico já possui a identidade proclamada da pessoa. A tarefa consiste então em validar ou não esta identidade. Para isso, deve comparar a característica sendo medida com um padrão armazenado. Se estas forem próximas o suficiente, então o sistema decide que esta pessoa é realmente quem diz ser. Este trabalho refere-se especificamente sobre esta forma de biometria.

Há dois tipos de erros que os sistemas de verificação podem cometer: o de falsa aceitação e o de falsa rejeição. A falsa aceitação ocorre quando um impostor consegue ludibriar o sistema, ou seja, ele é aceito como se fosse a pessoa que está tentando se passar; por outro lado, a falsa rejeição ocorre quando a própria pessoa é classificada como uma impostora.

Os sistemas de verificação em geral têm o seu desempenho avaliado segundo a Curva DET (Detection Error Tradeoff) [4]. Nessa curva são plotadas a probabilidade de falsa aceitação

(miss probability) contra a probabilidade de falsa rejeição (false alarm probability).

Fica claro que estes dois parâmetros dependem de um limiar de aceitação definido pelo sistema: se este for muito alto, então a probabilidade de falsa aceitação diminui, mas a probabilidade de falsa rejeição aumenta, e vice-versa. Portanto, deve-se encontrar um ponto de equilíbrio entre eles, chamado de *Crossover Error Rate*, também chamado de ponto de operação, onde estas duas probabilidades são próximas. É fácil verificar que quanto menor for o CER, mais preciso será o sistema biométrico [5].

A curva DET é plotada variando-se esse limiar e quanto melhor o desempenho do sistema, mais próxima da origem (ponto no canto inferior esquerdo do gráfico) tem-se sua curva. Na Figura 1, é possível observar três curvas DET para avaliação de reconhecimento de locutor. Os CER's de cada curva são identificados com círculos.

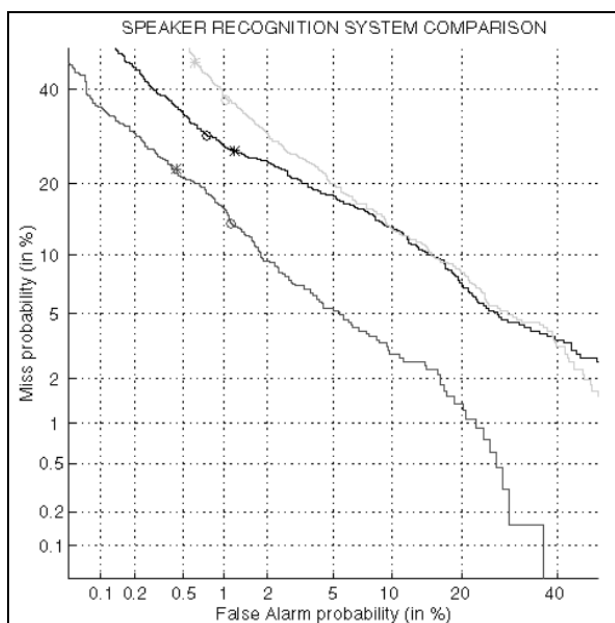


Figura 1: Exemplo de curva DET [4].

A seguir serão apresentadas as questões relevantes para a implementação de um sistema biométrico por voz.

III. BIOMETRIA POR VOZ

Há dois tipos de informação que se pode extrair de um sinal de voz: as de baixo nível e as de alto nível. As de alto nível são as características que também são utilizadas pelos humanos para distinguir uma pessoa de outra. O dialeto, o sotaque, a maneira de falar e o conteúdo da fala são alguns exemplos. Já as de baixo nível são as mais utilizadas em sistemas automáticos de biometria, e como exemplo tem-se o ritmo, a frequência, o timbre e a magnitude espectral.

Conforme mencionado anteriormente, a voz apresenta características tanto físicas quanto comportamentais: quando se avaliam as características acústicas da fala, esta se classifica como uma característica física do indivíduo. Por outro lado, o ritmo da fala, e as formas dialetais utilizadas pelo indivíduo, são classificadas como características comportamentais.

Entretanto, algumas eventualidades podem modificar a voz de uma pessoa, uma vez que essa pode variar de acordo com seu estado físico - resfriados, perda de dentes - ou emocional - estresse, tristeza. E ainda, a voz muda à medida em que a idade aumenta. Além disso, há variações de entonação na pronúncia de uma mesma palavra até quando repetida pelo mesmo indivíduo.

O reconhecimento de locutor pode ser dependente de texto, que requer a pronúncia de sentenças específicas, geralmente as mesmas usadas para treinar o sistema; ou independente de texto, em que o locutor sob teste pode falar qualquer coisa. Obviamente o primeiro caso é muito mais simples, e também leva a resultados melhores, embora sua aplicabilidade seja menor. Este trabalho foca na segunda abordagem.

Embora estes aspectos da voz tornem sua identificação mais complexa quando feita por sistemas automáticos, é uma forma não intrusiva e de baixo custo (somente é necessário um microfone para aquisição do sinal).

Para entender melhor como funciona a biometria por voz, um entendimento básico tanto do sistema auditivo como do aparelho fonador se faz necessário, e isto é feito a seguir.

A. O aparelho auditivo

O ouvido humano é capaz de perceber sons na faixa de frequências de 20Hz a 20kHz, entretanto, vale ressaltar que ela diminui à medida em que o indivíduo envelhece e apesar de ser extensa, a maior quantidade de informação útil perceptível aos humanos se encontra entre 300Hz e 3400Hz.

Uma particularidade deste sistema é que processa os sons em sub-bandas, chamadas de bandas críticas. A largura de cada banda difere de acordo com a faixa de frequência. Em geral, até 1kHz, as bandas críticas têm largura constante de aproximadamente 100Hz; depois disso, elas vão ficando cada vez mais largas, sendo que a largura de cada uma delas é 20% maior que a anterior. Este fato inspirou a criação dos parâmetros mel-cepstrais [7], amplamente utilizados na área de processamento de voz, e também neste trabalho.

B. O aparelho fonador

Para a produção da fala, vários músculos e órgãos que constituem o aparelho fonador (pulmões, laringe e boca, por exemplo) são acionados. A posição, forma e tamanho desses elementos definem as propriedades físicas da voz e variam de indivíduo para indivíduo. Na Figura 2 tem-se uma ilustração do aparelho fonador humano [2].

A dimensão e forma do trato vocal são diferentes para cada pessoa, e estas diferenças é que fazem com que cada pessoa tenha uma voz única. Desta forma, pode-se dizer que um sistema automático de biometria tenta inferir como é o trato vocal de cada pessoa através do sinal acústico que este produz.

Com base nestas informações é possível agora ver como funciona um sistema de biometria por voz:

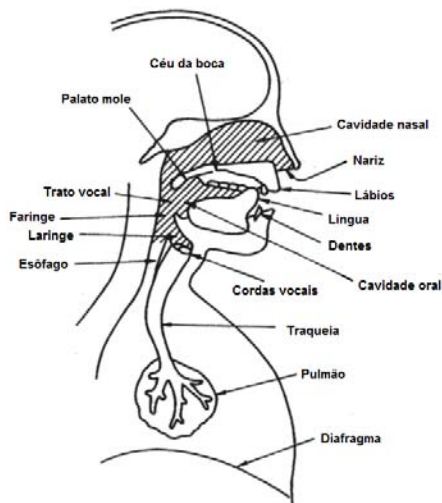


Figura 2: Aparelho fonador humano apresentado por [2] e traduzido em [12].

C. Sistema reconhecimento de locutor

O diagrama em blocos da Figura 3 mostra esquematicamente como funciona um sistema de reconhecimento de locutor: o sinal de voz é inicialmente parametrizado através de vetores mel-cepstrais, e depois inserido no módulo de decisão. Este compara o sinal de entrada com o modelo da pessoa de quem a voz supostamente pertence, e apresenta na saída a decisão de aceitar ou rejeitar o locutor.

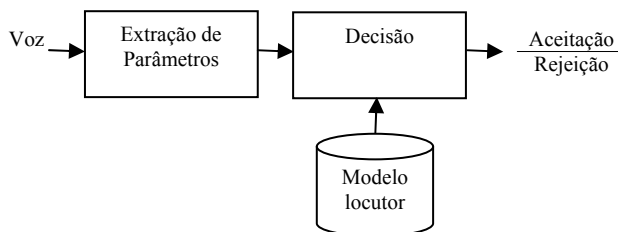


Figura 3: Diagrama em blocos de um sistema reconhecimento de locutor.

A seguir, cada um destes blocos é explicado com maiores detalhes.

1) Extração de parâmetros

A escolha da representação dos dados acústicos é uma tarefa importante em qualquer sistema de reconhecimento de locutor. Esta tem como objetivos: comprimir os dados da fala em um conjunto menor de informações para diminuir o tempo de processamento e representar os sinais em um espaço que permita uma maior discriminação entre os locutores. Neste trabalho foram utilizados parâmetros mel-cepstrais, pois estes conseguem representar a voz da forma como a ouvimos [7].

Os coeficientes mel-cepstrais são obtidos segundo o algoritmo de Mermelstein [7], a saber:

- Cálculo da FFT (*Fast Fourier Transform*) das amostras pertencentes a janela de análise;
- Cálculo do quadrado do módulo da FFT (equivalente à energia);
- Filtragem do módulo acima pelo banco de filtros na escala mel, obtendo-se a energia por filtro;

- Cálculo do logaritmo da energia por filtro;
- Cálculo da transformada inversa, obtendo-se os coeficientes mel-cepstrais (isto é implementado calculando-se a DCT: *Discrete Cosine Transform*)

2) Decisão

O resultado final, de aceitação ou rejeição, é feito pelo bloco de decisão. Neste, há a comparação entre a nota obtida pelo locutor e um valor estipulado como limiar. Assim sendo, caso a nota obtida pelo locutor seja maior do que o limiar, ele é aceito pelo sistema, mas rejeitado caso contrário.

3) Modelo do locutor

Um elemento importante no reconhecimento de locutor é o modelo que representa o próprio. Foram utilizados para esta tarefa os modelos de misturas de gaussianas (*Gaussian Mixture Models*, GMM) [8], descritos na seção a seguir com mais detalhes.

IV. GMM

Uma densidade de misturas de gaussianas é uma soma ponderada de M densidades componentes [8]:

$$p(x|\lambda) = \sum_{i=1}^M p_i b_i(x) \quad (1)$$

onde:

- x é um vetor aleatório D dimensional,
- $b_i(x)$, $i=1,2, \dots, M$ são as densidades componentes,
- p_i são os pesos da mistura,
- λ é o modelo correspondente ao locutor.

Na Figura 4, tem-se uma representação gráfica deste conceito.

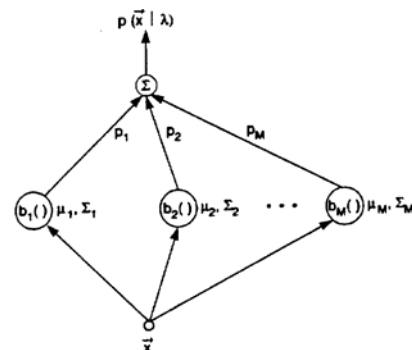


Figura 4: Forma visual para a obtenção de $p(x|\lambda)$ como uma soma ponderada das probabilidades calculadas por cada gaussiana [8].

As gaussianas são utilizadas pois conseguem representar os parâmetros extraídos anteriormente. Ver Figura 5.

A Figura 5 foi adaptada de [8] para ilustrar esse comportamento: a partir de um histograma como mostrado em 5a, pode-se tentar modelá-lo com apenas uma gaussiana, como em 5b. Contudo, o resultado obtido não corresponde com fidelidade ao histograma inicial. Na Figura 5c, tem-se o mesmo histograma representado por 10 gaussianas. Pode-se ver que esta segunda configuração já corresponde melhor ao histograma da Figura 5a. Dessa forma, mais gaussianas conseguem, aparentemente, modelar mais corretamente este histograma.

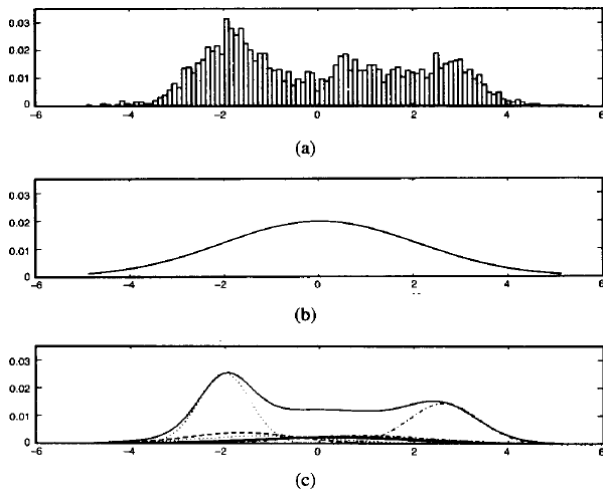


Figura 5: Ilustração de como o número de gaussianas afeta a representação de um locutor ou de um grupo deles [8].

V. MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de reconhecimento de locutor é dividido em duas etapas: treinamento e teste.

Inicialmente é criado um GMM denominado UBM (Universal Background Model), treinado com locuções de várias pessoas. Com este modelo pretende-se uma representação de toda a variabilidade possível das características acústicas de todas as pessoas [9].

Na etapa de treinamento é gerado um GMM para o locutor, com base em suas locuções e no UBM. O processo consiste basicamente em adaptar os coeficientes de ponderação, médias e matrizes de covariância do UBM para melhor representar o locutor em questão. Um algoritmo baseado no critério MAP é usado para este fim [10].

Uma vez criados os modelos (GMM e UBM), uma locução desconhecida é aplicada e, para cada um, calcula-se o valor de $p(x|\lambda)$ (visto na Eq. (1)) correspondente. Na Figura 6, tem-se o diagrama em blocos que ilustra as fases do sistema.

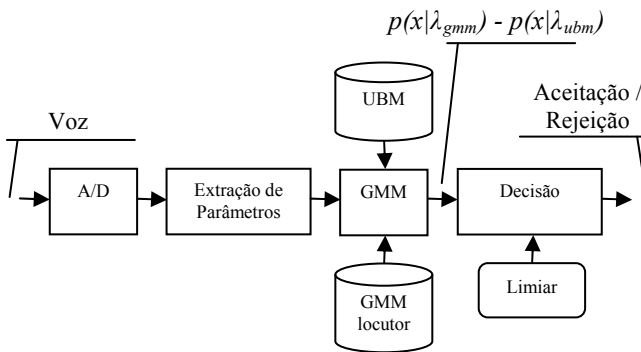


Figura 6: Diagrama em blocos do sistema implementado.

A. Base de dados

Os modelos descritos previamente (GMM e UBM) foram treinados com locuções provenientes da mesma base de dados utilizada em [14].

Essa base possui quarenta locutores adultos divididos igualmente entre homens e mulheres nascidos em diferentes estados brasileiros, como São Paulo, Pernambuco, Ceará,

Paraná e Amazonas. Todos com pelo menos o segundo grau completo e boa parte também com nível superior. Cada locutor pronunciou um total de quarenta frases escolhidas de acordo com [13], onde foram criadas vinte listas com dez frases foneticamente balanceadas segundo o português falado no Rio de Janeiro.

Ainda segundo [14], as gravações foram realizadas em ambiente relativamente silencioso, com um microfone direcional de boa qualidade, utilizando uma placa de som SoundBlaster AWE 64, taxa de amostragem de 11025 Hz, e resolução de 16 bits. Os dados foram armazenados em formato Windows PCM (WAV).

B. GMM, GMM locutor e UBM

Estes três blocos correspondem a modelos que identificam determinados locutores ou grupos de locutores. Na Figura 6, o bloco GMM corresponde ao modelo que é treinado a partir da locução entrante no sistema, o que significa que este treinamento ocorre em tempo de execução e representa as características de um locutor desconhecido. Vale lembrar que não necessariamente trata-se de um locutor realmente desconhecido, pois esse pode ser o indivíduo que corresponde ao bloco GMM locutor. O bloco GMM locutor representa o locutor para o qual o sistema foi treinado para identificar. Já o UBM é treinado para representar todo o universo restante de locutores. Estes dois últimos modelos já estão treinados quando um usuário utiliza o sistema.

C. O funcionamento geral de um sistema de reconhecimento de locutor

Quando a voz de um indivíduo incógnito, entra no sistema para testá-lo, ela é, primeiramente, convertida de um sinal contínuo no tempo para um sinal discreto, o que é feito através de conversores AD (análogo/digital). Em seguida, há a extração dos parâmetros mel-cepstrais como definido na seção III item 1.

A partir dos parâmetros, tem-se o treinamento do GMM e este fica baseado nas características do locutor solicitante. Então, o sistema é capaz de calcular a diferença entre o $p(x|\lambda_{gmm})$ e o $p(x|\lambda_{ubm})$ e uma nota final é, finalmente, gerada.

De posse da nota, o bloco de decisão é o responsável por dar uma resposta de aceitação ou não ao usuário. É neste bloco em que as informações sobre todos os modelos treinados anteriormente são analisadas de forma a obter uma conclusão. Como explicado sucintamente na seção III item 2, a decisão final envolve uma comparação entre os modelos: caso o GMM entrante seja "parecido" o suficiente com o GMM locutor, tem-se uma resposta positiva, do contrário, o usuário é um impostor. A comparação é feita com base no valor do limiar e na nota final. Quando a nota final for maior que o limiar, tem-se a aprovação do usuário, isto significa que o locutor entrante é o mesmo para o qual o GMM locutor foi treinado. Por outro lado, se a nota final for menor que o limiar, há um impostor tentando enganar o sistema.

VI. EXPERIMENTOS

Foram realizados três conjuntos de testes. O primeiro deles, consistia em verificar o desempenho do sistema quando esse

fosse submetido a quantidades diferentes de gaussianas. O segundo consistia em, em tempo real, refazer experimento anterior utilizando o número de gaussianas que se saiu melhor. E o último conjunto de testes foi realizado com o objetivo de mostrar o funcionamento do primeiro experimento em um protótipo embarcado, o qual é detalhado na próxima seção.

A. Experimento 1

Dentre todos os locutores, escolheu-se, ao acaso, um que tornou-se aquele para o qual o sistema foi treinado para identificar. Este locutor é referenciado como F01, pois tratava-se da primeira locutora contida no banco. Dessa forma, suas locuções de treinamento e teste já estavam gravadas, não sendo adquiridas em tempo de execução.

Os modelos mencionados na seção V, GMM e UBM, foram treinados três vezes cada. Em cada uma das vezes, o número de gaussianas utilizado para treino foi alterado para que fosse possível perceber se o desempenho final melhorava ou não. O primeiro treino foi feito com quatro gaussianas, o segundo com oito, o terceiro com dezesseis e a cada treino o sistema era testado novamente.

Os resultados dos testes para essas três configurações podem ser vistos na curva DET da Figura 7. É possível observar que o desempenho é afetado de acordo com o número de gaussianas utilizadas, pois como visto previamente, quanto mais próxima da origem do plano a curva se encontra, menos sujeito a erros é o sistema. Entretanto, proporcionalmente ao aumento de gaussianas, aumentam também o tempo para o treinamento dos modelos e o esforço computacional necessário. A Figura 7 mostra o resultado para os testes feitos com locuções que estavam na base de dados, mas não haviam sido utilizadas para o treinamento.

B. Experimento 2

O sistema utilizado na experiência anterior foi adaptado para que, ao invés de utilizar gravações previamente realizadas, fosse capaz de gravar em tempo real uma locução entrante. Em seguida, testá-la e exibir o resultado de aceitação ou rejeição previamente explicados.

A partir dos resultados obtidos no item A, o treinamento do modelo GMM foi realizado com dezesseis gaussianas a partir de locuções de frases de [13] gravadas em ambiente sem controle de ruídos pela locutora responsável por fazer os testes. Por questões de otimização de tempo, o UBM de 16 gaussianas utilizado no item A, foi reutilizado nessa experiência.

Os testes em tempo real consistem em calcular a nota a partir de uma locução entrante no sistema durante a execução do programa, ou seja, a grosso modo é como se esse ficasse "ouvindo" até um usuário entrar com um áudio e confirmar seu envio ao sistema. A partir desses testes, foi possível definir um valor de limiar ótimo.

É cabível expor que o sistema implementado, tanto no item A como neste, foi desenvolvido em linguagem Ansi-C para Linux, pois este sistema operacional possui a biblioteca de áudio ALSA (Advanced Linux Sound Architecture), que foi utilizada no código.

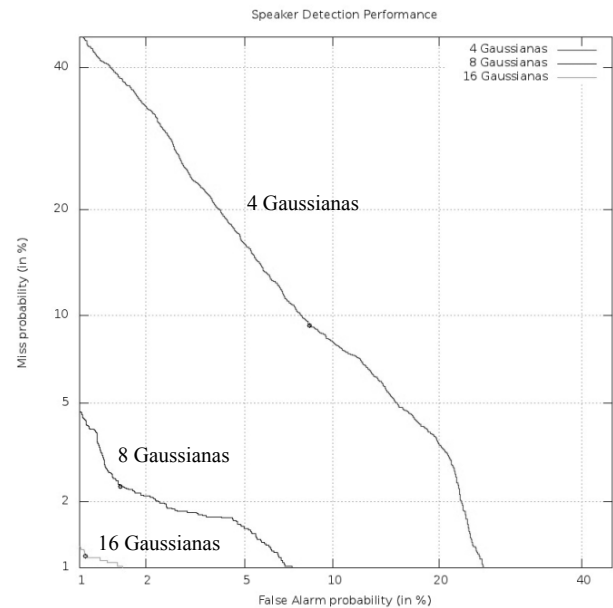


Figura 7: Curva DET para os resultados preliminares.

VII. PROTÓTIPO EMBARCADO

De posse dos conhecimentos adquiridos nos Experimentos 1 e 2 - número de gaussianas mais adequado e escolha do valor de limiar - descritos na seção anterior, foi possível, então, iniciar a migração do sistema de um PC doméstico para uma plataforma embarcada. Para facilitar a distinção entre os experimentos realizados, este último será referenciado como Experimento 3.

Os sistemas embarcados possuem em sua essência os mesmos componentes de um computador de propósito geral, como processador, memória e barramentos. Entretanto, executam tarefas específicas, ou seja, funcionam de maneira dedicada e mesmo assim tais tarefas podem ser as mais variadas: desde *videogames* portáteis a controladores de tráfego aéreo. De forma a atender essa diversidade, há no mercado uma vasta gama de fabricantes dessas plataformas com *chips* adequados a aplicações igualmente diversas.

Nesse experimento, utilizou-se a placa LPCXpresso, com microcontrolador LPC1769 ARM Cortex-M3 da NXP para aplicações embarcadas com baixa dissipação de potência. Essa plataforma possui 64kB de memória RAM, interfaces Ethernet e Serial, *Timers*, Conversores AD/DA (8kHz e com resolução de 8 bits), *slot* para cartão de memória SDCard, etc. e ainda, permite o uso de um compilador baseado no ambiente de desenvolvimento (IDE) Eclipse desenvolvido pela empresa Code Red.

A primeira alteração fundamental no código utilizado nos experimentos anteriores em comparação com este, foi na maneira como os modelos treinados eram armazenados. Ao invés de o GMM locutor e o UBM estarem salvos no sistema de arquivos do PC, estes foram gravados em um SDCard. No entanto, esses modelos com dezesseis gaussianas, ocupavam boa parte da memória RAM ao serem carregados pelo sistema, o que impedia a realização de outras tarefas. Como resultado, foi necessário utilizar os modelos treinados com quatro gaussianas.

O SDCard também é responsável por armazenar a locução entrante no sistema, seja de um locutor desconhecido ou

aquele que a placa deve ser capaz de identificar. Dessa forma, os testes aconteciam de maneira *offline*, o que significa que o usuário não entra com sua voz em tempo real, assim como nos testes do segundo experimento. Com essa leitura estática da locução em teste, a biblioteca ALSA (exclusiva para Linux) não era mais necessária para captura do áudio, já que a IDE era utilizada em ambiente Windows e a leitura do áudio era feita utilizando comandos de leitura de arquivos comuns a linguagem C.

Outras alterações indispensáveis na adaptação do código para a plataforma embarcada em questão foram apenas de relevância sintática. Além disso, foram utilizados os modelos (GMM e UBM) treinados com quatro gaussianas no item A da seção anterior. Por alto, trata-se do mesmo código com o mesmo funcionamento do Experimento 1.

Apesar das semelhanças nos códigos, o desempenho do sistema foi diferente entre o primeiro e último experimentos. Não no que diz respeito a precisão, pois mesmo na plataforma embarcada, quando se escolhia um valor de limiar ótimo, os erros de falsa aceitação e rejeição aconteciam com pouca frequência; mas sim, no tempo de processamento.

VIII. CONCLUSÕES

Foi possível perceber, no Experimento 1, que a medida que o número de gaussianas utilizadas aumenta, o desempenho melhora, pois um número maior dessas consegue um melhor mapeamento da voz de um indivíduo. É notável a melhoria ao ver a Figura 7, já que as curvas DET foram se aproximando da origem do plano.

No Experimento 2, ficou evidente que mesmo com dezesseis gaussianas - valor que mostrou resultados satisfatórios na primeira experiência - os erros de falsa rejeição e aceitação aconteciam com uma probabilidade maior do que a exibida na curva correspondente na Figura 7. É provável que esses erros ocorram porque, nessa etapa, o UBM conhece, como representação de um universo de locutores, apenas locuções sem ruído, e todas as locuções de teste em tempo real, possuem algum nível de ruído de fundo. Para estudos futuros, seria indicado refazer esse experimento treinando o UBM também com locuções ruidosas ou que contenham apenas o ruído (além das locuções limpas) para que pudesse ser verificado se o desempenho é afetado.

No terceiro experimento ficou evidente que a migração de um sistema implementado inicialmente em PC para uma plataforma dedicada não é uma atividade trivial. O maior limitador é, sem dúvidas, a escassez de memória RAM, o que não é, definitivamente, um problema para os computadores pessoais atuais. A carência de memória de trabalho fez com que além de ser utilizado um número de gaussianas menor do que aquele estipulado como ideal nas experiências anteriores, o sistema se tornasse lento demais (aproximadamente 5min para alguma conclusão). Assim como na segunda experiência, faz-se necessário posterior estudo sobre o emprego de outra placa com suporte a DSP (Processador Digital de Sinais, do inglês *Digital Signal Processor*) que são especializados em processar sinais de áudio tanto em tempo real (como no caso do Experimento 2) quanto em sistemas *offline* (visto no Experimento 1 e 3).

REFERÊNCIAS

- [1] FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa/ Aurélio Buarque de Holanda Ferreira; coordenação Marina Baird Ferreira, Margarida dos Anjos. - 4. ed. - Curitiba: Ed. Positivo; 2009.
- [2] FURUI, Sadaoki. "Digital Speech Processing, Synthesis, and Recognition". Signal Processing and Communications Series. 2. ed. 2001. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=X6mZGqZmcBgC&printsec=frontcover&dq=Digital+Processing+of+Speech+Signals&client=firefox-a#v=onepage&q=Digital%20Processing%20of%20Speech%20Signals&f=false>>. Acesso em: 24 fev. 2013.
- [3] PARREIRA, Wemerson D. e Carrijo, Gilberto A.. "Reconhecimento de locutor pela voz usando o classificador polinomial e quantização vetorial". Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional. Disponível em: <http://www.sbm.org.br/eventos/cnmac/cd_xxviii_cnmac/resumos%20estendidos/wemerson_parreira_ST_20.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2013.
- [4] MARTIN, A. et al. "The DET curve in assessment of detection task performance". Eurospeech. 1997.
- [5] MAGALHÃES, Paulo Sérgio e Santos, Henrique Dinis. "Biometria e autenticação". Atas da 4ª Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação". Porto, Portugal. 15-17/10/2003. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/2184/1/capsi.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2013.
- [6] FURUI, Sadaoki. "Fifty years of progress in speech and speaker recognition". Proc. of 148th Acoustical Society of America Meetings, San Diego, 1pSC7 (2004-11). Disponível em: <<http://www.furui.cs.titech.ac.jp/publication/2005/SPCOM05.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2013.
- [7] DAVIS, Steven B.; MERMELSTEIN, Paul. "Comparison of Parametric Representations for Monosyllabic Word Recognition in Continuously Spoken Sentences". IEEE Transactions on acoustics, speech, and signal processing, vol. aspp-28, no. 4, agosto 1980.
- [8] REYNOLDS, Douglas A.; ROSE, Richard C.. "Robust Text-Independent Speaker Identification Using Gaussian Mixture Speaker Models". IEEE Transactions on speech and audio processing, vol. 3, no. 1, janeiro 1995. Disponível em: <<http://www.cs.toronto.edu/~frank/csc401/readings/ReynoldsRose.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2013.
- [9] REYNOLDS, Douglas A.. "Universal Background Models". MIT Lincoln Laboratory - Lexington, MA/EUA. Disponível em: <http://www.ll.mit.edu/mission/communications/ist/publications/0802_Reynolds_Biometrics_UBM.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2013.
- [10] REYNOLDS, Douglas A.; QUATIERI, Thomas F.; DUNN, Robert B.. "Speaker Verification Using Adapted Gaussian Mixture Models". Digital Signal Processing 10, 19-41 (2000).
- [11] RABINER, Lawrence; JUANG, Biing-Hwang. "Fundamentals of Speech Recognition". Prentice Hall, 1993.
- [12] CARVALHO, Guilherme Pires Sales de; SANTOS, Thiago Monte dos. "Biometria - Impressão vocal". Trabalho teórico da disciplina Redes de Computadores I, Orientado pelo prof. Otto Carlos Muniz Bandeira Duarte, UFRJ. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/09_1/versao-final/impvocal/propdosinal.html>. Acesso em: 24 fev. 2013.
- [13] ALCAIM, A.; SOLEWICZ, J. A.; MORAES, J. A., Frequência de ocorrência dos fones e lista de frases foneticamente balanceadas no português falado no Rio de Janeiro. Revista da Sociedade Brasileira de Telecomunicações. 7(1):23-41. Dezembro, 1992
- [14] YNOGUTI, Carlos Alberto. "Reconhecimento de Fala Contínua Usando Modelos Ocultos de Markov". 1999. 153 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Departamento de Comunicações, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

Alessandra Adami Pinto nasceu em Santa Rita do Sapucaí, MG, em 18 de setembro de 1988. Kursou o Ensino Médio na Escola Técnica de Eletrônica "FMC", onde recebeu o título de Técnica em Telecomunicações em 2006. Após dois anos do final do curso técnico, ingressou no Inatel, onde foi monitora de redes de computadores por quatro semestres. Este artigo é resultado de seu projeto de iniciação científica que teve duração de dois anos.

Treinamento para Maratona de Programação

Dâmi Henrique Pelegrino

Engenharia da Computação
Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
damihenrique@gec.inatel.br

Luciano do Vale Ribeiro

Engenharia de Telecomunicações
Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
lucianoribeiro@get.inatel.br

Jonas Lopes de Vilas Boas

Engenharia da Computação
Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
jonasb@gec.inatel.br

Marcelo Henrique Gonçalves da Silva

Engenharia da Computação
Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
marcelo_silva@gec.inatel.br

Resumo—Este artigo apresenta o funcionamento, o formato e as regras da Maratona de Programação, assim como os métodos de treinamento utilizados pela equipe de competidores do Inatel, que participam de um projeto de iniciação científica, além de mostrar motivos e vantagens de existir tais competições e treinamentos.

Palavras chave— Competição, Programação, Treinamento.

I. INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico nos mais variados setores a programação tornou-se uma habilidade muito requisitada no mercado de trabalho.

Dessa forma, milhares de jovens estudantes de todo o mundo formam equipes para participar de competições de programação, como a Maratona de Programação da SBC, a fim de aprimorarem suas técnicas e serem reconhecidos, em âmbito nacional e internacional, pela sua habilidade em programação.

Este documento tem o objetivo de expor a Maratona de Programação e seu funcionamento assim como os métodos de treinamento utilizados pela equipe do Inatel.

II. MARATONA DE PROGRAMAÇÃO

A Maratona de Programação é um evento da Sociedade Brasileira de Computação que existe desde o ano de 1996. Desde o ano de 2006 o evento vem sendo realizado em parceria com a Fundação Carlos Chagas.

A. A Maratona

A Maratona nasceu das competições regionais classificatórias para as finais mundiais do concurso de programação da ACM, o ACM International Collegiate Programming Contest, e é parte da regional sulamericana do concurso.

Ela se destina a alunos de cursos de graduação e início de pós-graduação na área de Computação.

B. Regras

De acordo com o comitê Diretor da Maratona de Programação, os times são formados por um coach e três alunos de uma instituição de ensino superior. Os times da escola deverão ser inscritos na sede da primeira fase definida para sua região geográfica pelo Comitê Diretor do concurso. Um time só é elegível se cada competidor, antes desta competição, tiver participado de no máximo uma final mundial do concurso da ACM, de no máximo quatro vezes do concurso da Maratona de Programação e deve ter iniciado seus estudos universitários a no máximo quatro anos anteriores contando do início do primeiro curso universitário do aluno, ou ter de 23 anos para menos.

Na fase nacional, cada instituição pode ter no máximo 2 times e só participa desta fase se resolvidos pelo menos 2 problemas. A prova da etapa nacional é redigida em inglês.

Durante a prova, quando um time julgar que tem um programa que resolve um problema, ele pode submetê-lo à correção dos juizes, que compilam e executam este programa para uma bateria de testes desconhecida dos times. O time vencedor é aquele que resolve a maior quantidade dos diversos problemas nas 5 horas de competição. 25% das vagas são destinadas aos times com melhor desempenho, 65% aos times vencedores das vagas de cada sede e os 10% restantes as sedes com definição de critério de acordo com o Comitê. O time campeão da Maratona de Programação garante vaga nas finais mundiais do concurso de programação da ACM.

III. TREINAMENTO

A equipe do Inatel em treinamento conta com quatro alunos bolsistas de Iniciação Científica e dois voluntários, sob a orientação de um ex-aluno do Inatel e ex-competidor da maratona.

O treinamento é dividido em tópicos e a cada mês um novo tópico é abordado e algumas metas de resolução de problemas

são definidas. É feita uma reunião semanal para discussão dos temas e para compartilhamento das técnicas usadas na resolução dos problemas propostos. Os tópicos vão de problemas para iniciantes, Ad-hoc e Strings até Programação Dinâmica e Grafos.

São usados sistemas de correção online como o URI Online Judge, o SPOJ e o Uva para a submissão dos problemas propostos. Duas vezes no mês são feitos simulados, um individual e outro em equipe, e para isso são utilizados simuladores de competições como o Virtual Online Contest.

Além do treinamento de programação e lógica, são feitos treinamentos de táticas para a competição. Esse treinamento é feito durante os simulados. Uma tática citada é sobre manter a sincronia com a equipe. Para isso é recomendado que o time mantenha uma tabela indicando quem já leu quais problemas, se possível, com o assunto do mesmo (grafo, geometria computacional, etc.) e que cada competidor siga essa tabela e sempre procure ler um problema que ninguém tenha lido. Os autores do livro *Programming Challenges*, Steven Skiena e Miguel Revilla, dão algumas dicas de táticas no seu livro. São algumas delas:

- Observar os limites definidos para as entradas dos problemas, às vezes, limites pequenos sugerem solução por força bruta;
- Se possível, tente visualizar o ranking e descobrir quais problemas estão sendo resolvidos com mais frequência. Geralmente esses são os mais fáceis e vale a pena tentá-los;
- Faça mais testes além daqueles disponíveis como exemplo, perder uns minutos testando é melhor do que mandar uma solução errada e receber 20 minutos de penalidade;
- Sempre que submeter uma solução, solicite a impressão. Alguém vai precisar usar o computador depois de você e a solução pode estar errada, e você poderá analisar o código no papel.

Como material de consulta, além do livro *Programming Challenges*, são usados outros livros como o *Competitive Programming* e o *Introduction to Algorithms* e materiais criados por outros competidores e universidades.

Anualmente é realizada a Olimpíada Interna de Programação do Inatel para incentivar novos alunos a melhorarem suas habilidades de programação e lógica e para os mais interessados, é feito o convite para participarem dos treinamentos para a maratona.

IV. CONCLUSÕES

A Maratona de Programação vem, desde sua criação, despertando o interesse sobre a programação dos alunos das áreas de tecnologia. Ela ambienta os competidores em situações semelhantes às encontradas no cotidiano de uma empresa.

A competição promove nos alunos participantes a criatividade, a capacidade de trabalho em equipe, a busca de novas soluções de software e a habilidade de resolver problemas sob pressão. De ano para ano as instituições e principalmente as grandes empresas da área têm valorizado os alunos que participam da maratona.

REFERÊNCIAS

- [1] Maratona de Programação – O que é? [Online] Disponível em: <http://maratona.ime.usp.br/info13.html>. Acesso em 14 de fevereiro de 2014, as 8:50.
- [2] Maratona de Programação – Regras. [Online] Disponível em: <http://maratona.ime.usp.br/regras13.html>. Acesso em 14 de fevereiro de 2014, as 08:50.
- [3] SKIENA, Steven S. REVILLA, Miguel A. *Programming Challenges: The Programming Contest Training*. Springer, 2003. Ed. May 14, 2003.
- [4] CORMEN, Thomas H. LEISERSSON, Charles E. RIVEST, Ronald L. *Introduction to Algorithms*. MIT Press/MacGraw Hill, 1990.
- [5] HALIM, Steven. HALIM, Felix. *Competitive Programming*. Lulu, 2010.
- [6] CORMEN, Thomas H., LEISERSON, Charles E., RIVEST, Ronald L. e STEIN, Clifford. *Algoritmos Teoria e Prática*. Campus, 2002.

Fundamentos Básicos para Desenvolvimento de Interfaces Gráficas (Software) para Circuitos Microcontrolados

Rodrigo Otávio Rocha Cardoso

Faculdade de Ciências Sociais
Aplicadas de Extrema – FAEX
engenharia2@faex.edu.br

Tiago de Almeida Carneiro

Faculdade de Ciências Sociais
Aplicadas de Extrema – FAEX
engenharia@faex.edu.br

Samuel Felipe Moreira

Faculdade de Ciências Sociais
Aplicadas de Extrema – FAEX
samuelfmoreira@gmail.com

Resumo - objetivo deste artigo é apresentar informações a respeito de desenvolvimento de interfaces gráficas (software) para circuitos Microcontrolados. Para exemplificar os assuntos discutidos neste trabalho, nós citamos um projeto já desenvolvido e testado, que consiste em um módulo de teste (denominado Microsistem) para um Kit de desenvolvimento (PICGenios, da Microgenios) de microcontroladores. O Microsistem baseia-se em um sistema que envia e recebe informações para um microcontrolador, PIC18F4520 da Microchip, ao qual está conectado em vários periféricos de entrada e saída (displays de 7 segmentos, ventoinha, LED's, buzzer, sensor de temperatura, entre outros). O PIC e os periféricos utilizados fazem parte do kit de desenvolvimento citado acima. A linguagem de programação que utilizamos para desenvolver o Microsistem foi o C#.

I. INTRODUÇÃO

Desenvolver interfaces gráficas para circuitos microcontrolados torna-se fácil quando se usa ferramentas apropriadas. Atualmente, existem vários recursos tecnológicos na área de software e hardware que você pode utilizar em suas aplicações.

Todo projeto com microcontroladores e software como interface gráfica, deve respeitar alguns parâmetros fundamentais que irão proporcionar no futuro, o sucesso do seu trabalho. No decorrer do texto, você vai encontrar o detalhamento desses parâmetros.

Neste artigo, nós não detalhamos 100% as instruções de como desenvolver um projeto com microcontroladores e interfaces gráficas, no entanto serão apresentados os fundamentos essenciais para começar a criar um trabalho desta categoria.

II. PONTOS IMPORTANTES PARA SEREM ANALISADOS NO PROJETO DE UMA INTERFACE GRÁFICA (SOFTWARE) PARA CIRCUITOS MICROCONTROLADOS:

Para desenvolver sistemas com interfaces gráficas, três pontos são fundamentais de serem observados/analísados no seu projeto, são eles:

A. Escolha do microcontrolador

A escolha da marca/modelo do microcontrolador é extremamente importante, pois todo o seu projeto será atrelado às tecnologias compostas pelo mesmo.

Como neste artigo nós iremos trabalhar com interfaces gráficas, devemos estar atentos aos recursos de comunicação com outros dispositivos que o microcontrolador possui. No

nosso caso, iremos comunicar ao PC, então o microcontrolador deve ser compatível com um canal/protocolo de comunicação que o computador trabalha. Exemplo: Serial RS-232, USB, entre outros.

Nosso projeto, maiores detalhes no tópico 03, utilizou o PIC18F4520 (figura 01) da Microchip.

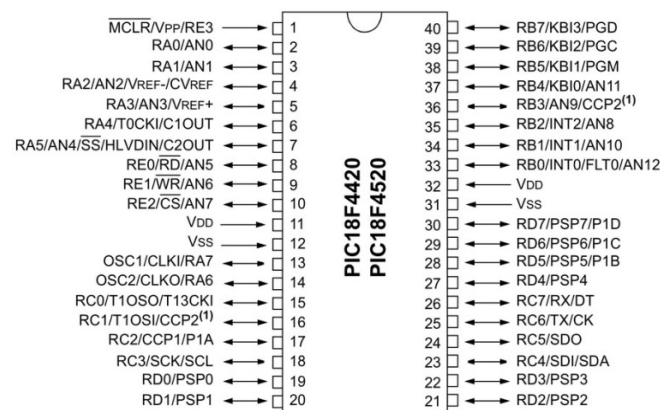


Fig. 01 – PIC18F4520

O PIC18F4520 é um excelente microcontrolador para você desenvolver seus projetos. Ele possui comunicação Serial (pela UART) onde você pode trabalhar com RS-232 ou RS-485, além de uma infinidade de portas de entradas e saídas. Este PIC também trabalha com comunicação via protocolo I2C e SPI (caso você necessite conectar outros circuitos integrados no seu projeto) além de muitos outros recursos.

Se preferir, você pode optar por um microcontrolador da Atmel (AVR) ou até mesmo usar um Arduino (ele utiliza um AVR), no entanto eles devem trabalhar com UART, caso você deseje desenvolver um projeto semelhante ao nosso exemplo.

Portanto estude muito bem as tecnologias de comunicação do seu microcontrolador antes de seguir com o seu projeto.

B. Escolha da Linguagem de Programação

A linguagem de programação que você escolher para desenvolver o software deve possuir recursos para trabalhar com hardware independentemente se ela é orientada a objeto ou não.

O envio/recebimento das informações para um microcontrolador torna-se uma tarefa impossível quando a linguagem de programação não possui ferramentas que possibilitam comunicação com hardware. Um exemplo disso é o JAVA.

O JAVA é uma poderosa linguagem de programação, porém a sua JVM (Java Virtual Machine), que interpreta a linguagem, não possui recursos de comunicação com hardware.

Uma excelente linguagem de programação disponível no mercado que trabalha com hardware, é o C#, da plataforma .NET da Microsoft.

A Microsoft desenvolveu tanto a linguagem C# quanto a IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado), que é o VISUAL STUDIO. Unindo essas duas ferramentas, a linguagem mais o ambiente de desenvolvimento, fica fácil de construir seu projeto, pois:

— A linguagem possui objetos (classes) prontos para se comunicar com hardware. O Visual Studio fornece uma classe pronta para trabalhar com comunicação serial utilizando RS-232. A única dificuldade para o programador seria de “instanciar” essa classe no código principal e chamar as rotinas de envio/recebimento de informações e configurações da porta de comunicação (Porta COM);

— Como a proprietária da linguagem é a Microsoft, os aplicativos desenvolvidos nessa linguagem somente serão compatíveis com o Sistema Operacional (SO) Windows, no entanto o gerenciamento de informações entre o seu aplicativo e o sistema operacional fica mais simples, pois ambos (aplicativo em C# e SO) estão suportados pela plataforma da mesma empresa;

— Todo código desenvolvido em C#, quando compilado, gera um aplicativo que será interpretado por um Framework .NET, ou seja, todos os dados deste aplicativo serão gerenciados e tratados (tratamento de exceção). Isso facilita muito a programação, pois o programador não precisa se preocupar com alguns determinados comandos que são de responsabilidade do sistema operacional em conjunto com o Framework. A figura 2 representa um diagrama de como esta linguagem funciona.

Outro benefício desta linguagem, é que a Microsoft disponibiliza gratuitamente a versão do Visual Studio Express (figura 3), que é suficiente para desenvolver os mais diversos aplicativos, inclusive o nosso projeto utilizou esta versão para desenvolvimento.

Outra linguagem de programação que pode ser usada para projetos de interface gráfica, é o Visual Basic.NET. O ambiente de desenvolvimento também é o Visual Studio e você pode utilizar a versão gratuita, Express. Além disso, você pode encontrar no Visual Basic.NET a mesma classe de comunicação serial que o C# obtém.

Tanto o C#, quanto o Visual Basic, são linguagens recomendáveis para se programar. O que vai diferenciar a utilização será a preferência do programador, pois algumas sintaxes são diferenciadas em cada linguagem.

Além do RS-232, também há possibilidade de se trabalhar com comunicação USB no C#.NET ou no Visual Basic.NET.

A única dificuldade do projeto com USB é que na versão Express do V.S. não há uma biblioteca pronta para gerenciar um protocolo desta categoria. Uma dica, caso você queira usar este canal de comunicação, seria trabalhar com o PIC18F4550 da Microchip, pois a fabricante do mesmo fornece uma DLL para gerenciamento do protocolo HID

(um dos protocolos que gerencia o canal USB) que você pode estar adicionando ao seu projeto e “instanciando” no seu código. Trabalhar com USB é um caso mais complexo do que o RS-232, no entanto segue a dica caso você queira se aprofundar.

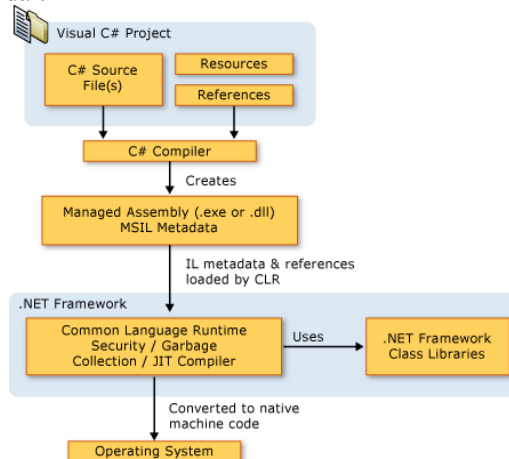


Fig 2 – Diagrama da Arquitetura da plataforma .NET (Framework)

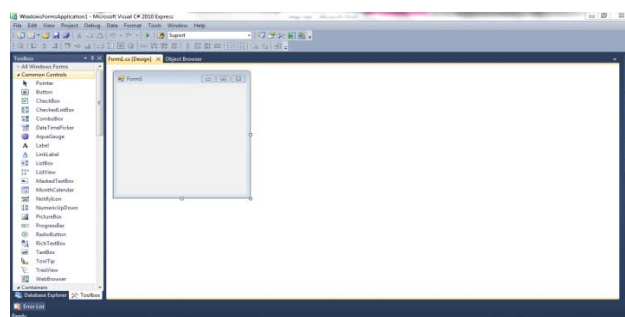


Fig 3 – Tela Inicial do Visual Studio – C#

Um ponto importante que não podemos esquecer e que deve ser considerado no Visual Basic ou no C#, são os objetos gráficos (figura 04A e 04B) que irão compor o seu projeto de software. Geralmente, quando você desenvolve uma aplicação para controlar uma máquina ou um processo industrial, costuma-se inserir desenhos de válvulas, motores, tubulações, dial, entre outros. Você mesmo pode desenvolver seus objetos gráficos, ou comprá-los de empresas especializadas. A única dificuldade que o programador vai encontrar, caso queira desenvolver os objetos, é a criação do desenho. Para criá-los, ele deverá conhecer softwares que trabalham com artes gráficas (CorelDRAW, Fireworks, Photoshop, entre outros).



Fig 4A – Objetos Gráficos

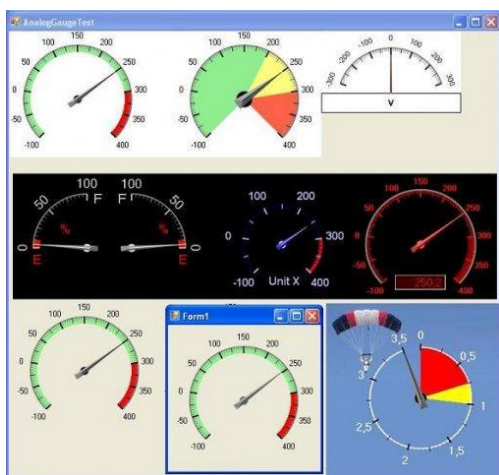


Fig 4B – Objetos Gráficos

C. Escolha do canal/protocolo de comunicação

O software e o microcontrolador nunca irão se comunicar se não houver um canal e um protocolo. Diante disso, é importante você analisar os recursos e ferramentas disponíveis tanto no seu microcontrolador quanto na linguagem de programação, pois o seu protocolo deve se enquadrar nestes recursos.

No nosso projeto exemplo (tópico 03), utilizamos o protocolo RS-232, que utiliza um canal Serial. Tanto o PIC18F4520 (este PIC possui um módulo para se trabalhar com a UART) quanto o C# possui recursos prontos para trabalhar com este protocolo.

Um ponto importante é que os microcontroladores costumam trabalhar com TTL e o RS-232 não trabalha com os mesmos níveis de tensão. Devido a isso é necessário colocar um circuito conversor entre o seu PIC e o computador. Este circuito é baseado em um circuito integrado chamado MAX232. Veja um exemplo deste circuito na figura 05:

Se você deseja usar USB nos seus projetos, além do caminho que nós citamos anteriormente, também é possível você utilizar uma metodologia de comunicação USB que é designada de CDC. A lógica desta comunicação é simplesmente a conversão de dados em RS-232 para protocolos USB. Você pode desenvolver seu aplicativo em C# para trabalhar com RS-232 e no seu microcontrolador receber as informações em formato USB.

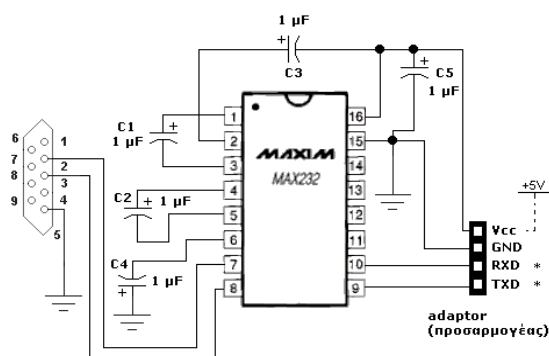


Fig 05 – Circuito com MAX232

Fique atento também ao seu compilador (para programação de microcontroladores). Verifique se ele possui bibliotecas prontas para trabalhar com o protocolo de comunicação desejado pois sempre fica mais fácil utilizar

códigos prontos. Uma dica seria usar os compiladores da MikroElektronika (microC for PIC, micro C for AVR, entre outros) ou os compiladores da CCS.

Basicamente, os pontos fundamentais são esses três que foram apresentados. Para você obter um conhecimento mais detalhado deste assunto, pesquise na internet ou em livros voltados para essa área.

O próximo capítulo irá citar um projeto que nós desenvolvemos. Ele está de total acordo com o artigo e é um bom exemplo de projeto que utilizou os recursos/fundamentos citados.

III. DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE MICROSISTEM (PROJETO EXEMPLO)

O Microsistem (figura 06), software desenvolvido através da linguagem de programação C#, consiste em um módulo de teste para a placa PICGenios (figura 07), comercializada pela empresa Microgenios. Este software é capaz de testar os dispositivos de entrada e saída da placa e ainda informar ao usuário o resultado da bateria de testes.



Fig 06 - Microsistem

O Microsistem foi totalmente customizado para o uso em laboratórios de teste e desenvolvimento, no entanto, as tecnologias utilizadas para desenvolvimento do mesmo podem ser aplicadas na construção de outro sistema como interface para microcontroladores.

A. Algoritmo utilizado para desenvolvimento do Software

A lógica que utilizamos para o desenvolvimento do software é basicamente voltada para o envio e recebimento de informações do canal serial.

A placa PICGenios possui vários periféricos sendo eles de entrada de dados e saída de dados. O software se encarrega de enviar informações para o microcontrolador e o mesmo enviar informação para o PC.

Para os dispositivos de saída de dados como LED, Buzzer, ventoinha, resistor de aquecimento, display de sete segmentos e display alfanumérico é direcionado um botão no software que ao ser clicado envia uma informação para o microcontrolador que entende e aciona o dispositivo. Para entender melhor essa lógica, observe a figura 08:

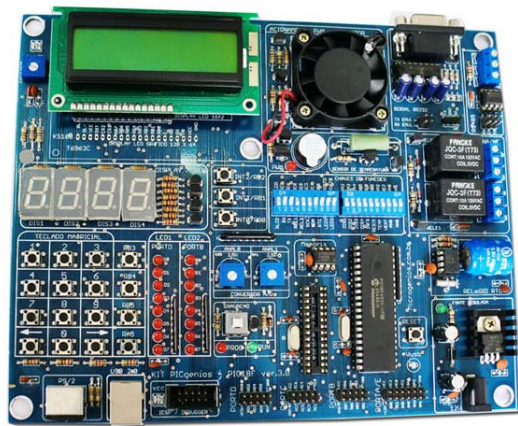


Fig 7 - Placa PIC Genius

O software somente informa ao usuário se um dispositivo foi acionado ou não quando ele recebe a resposta do PIC.

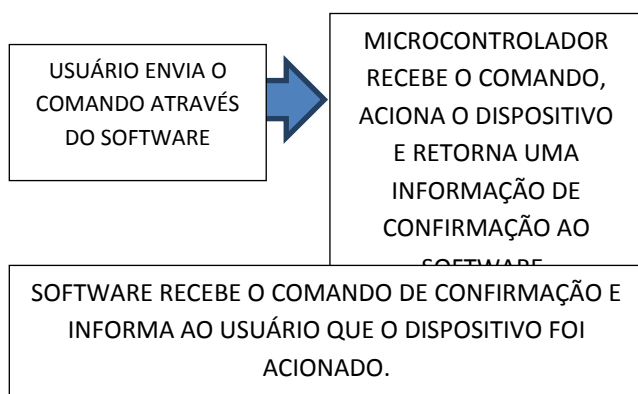


Fig 8 – Lógica de funcionamento do Software

Para os dispositivos de entrada de dados como o sensor de temperatura, botões e canais analógicos o microcontrolador envia as informações para o software e o mesmo apresenta essas informações em um dial e em um gráfico.

B. Canal/Protocolo de comunicação utilizado

No projeto, utilizamos o protocolo RS-232. Um protocolo serial que utiliza a porta COM e o conector físico DB9 (figura 09).

Todas as informações de recepção e transmissão feitas no software foram programadas por uma ferramenta pré-definida (objeto) dentro do C#, bastando somente dar comandos de leitura e envio de dados ao buffer. As configurações padrões do canal serial também estão acopladas a essa ferramenta, podendo descrevê-las rapidamente em uma linha de comando para cada tipo de configuração da porta (Baudrate, ComPort, paridade, Stop Bits, entre outros).



Fig 9 - Conector fêmea DB9 de nove pinos

C. Interfaces Gráficas (Telas)

Apresentamos logo em seguida, as diversas telas que foram desenvolvidas no projeto do Microsistem.

D. Tela Principal

Nesta tela (figura 10) o usuário pode abrir o módulo de teste da Placa PICGenius tester ou o terminal serial. Basta somente clicar no botão e abrir a tela desejada.

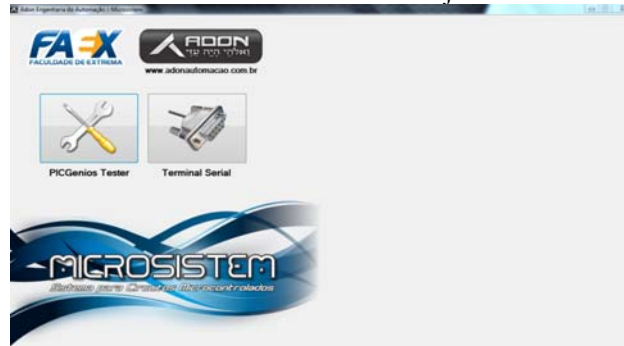


Fig 10- Tela Principal

E. Tela: Saída de dados

Nesta tela (figura 11) o usuário pode acionar os dispositivos da placa. Para isto, basta somente clicar no botão desejado e o dispositivo será acionado.



Fig 11 - Tela de dispositivos de saída de dados

F. Tela: Entrada de dados

Nesta tela (figura 12) o software informa os dados vindos dos canais analógicos, botões e sensor de temperatura (informações que são enviadas pelo microcontrolador). Os dados do sensor são mostrados no gráfico, dos canais analógicos AN0 e AN1 no DIAL e os dados dos botões são mostrados no desenho do teclado.

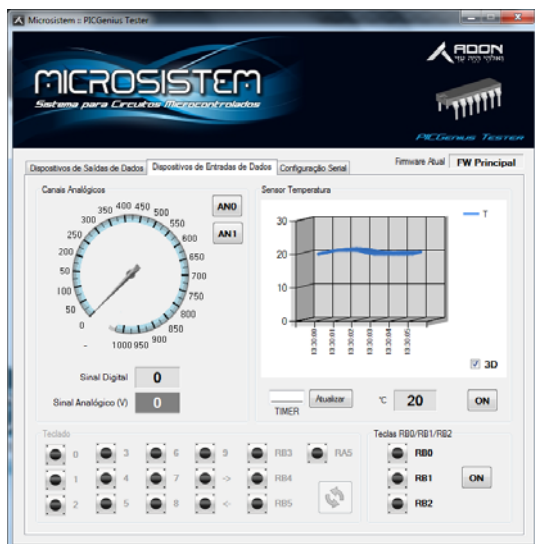


Fig 12 - Tela de dispositivos de entrada de dados

G. Tela: Configuração do Terminal Serial

Nesta tela (figura 13) o usuário pode conectar o software a placa, fazendo as configurações necessárias conforme a porta serial presente.

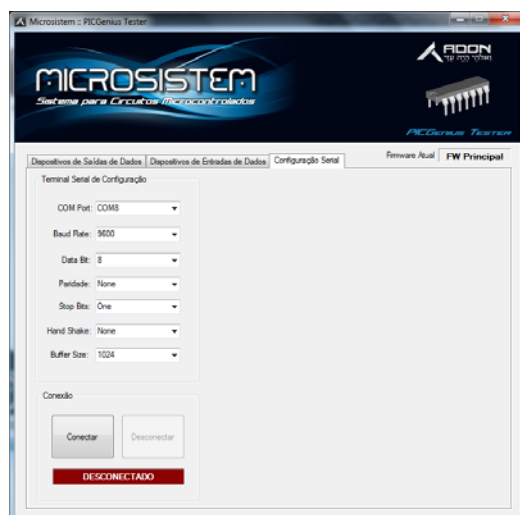


Fig 13 - Tela Configuração Serial

H. Tela: Terminal Serial

Nesta tela (figura 14) o usuário pode enviar e receber as informações do buffer serial. Esse terminal pode ser conectado com qualquer dispositivo que trabalhe com RS-232.

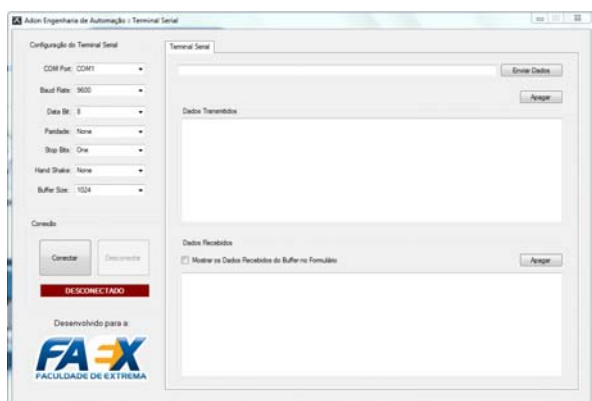


Fig 14 - Tela Terminal Serial

I. Hardware utilizado no projeto

Como já foi dito anteriormente, a placa que é testada neste software é a PICGenios (figura 07), desenvolvida pela empresa Microgenios (www.microgenios.com.br).

J. Compilador Utilizado

O Compilador que utilizamos para desenvolvimento do firmware é o PIC C Compiler (figura 15).

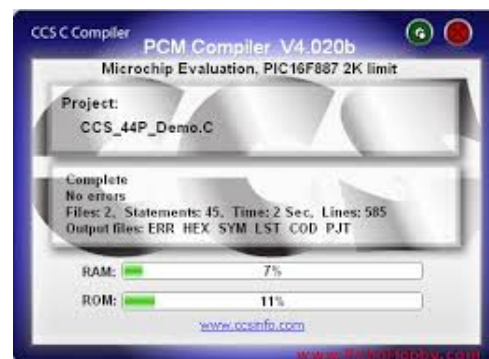


Fig 15- PIC C COMPILER

A linguagem de programação utilizada para desenvolvimento do firmware é a C padrão ANSI.

O microcontrolador utilizado (figura 01) foi o PIC18F4520, da Microchip.

O canal de comunicação de comunicação utilizado foi o Serial utilizando o protocolo RS-232 (figura 09).

IV. CONCLUSÃO

Neste artigo descrevemos, de forma mais objetiva, os pontos mais importantes a serem observados para quem desejasse desenvolver uma interface gráfica para circuitos microcontrolados. É necessário atentar-se principalmente na escolha do microcontrolador que será utilizado, no tipo de linguagem de programação que será aplicada e na escolha do canal/protocolo de comunicação.

Verificamos que o C#.NET e o Visual Basic.NET possuem ferramentas prontas para gerenciar comunicação via RS-232, porém, também há possibilidade de você trabalhar com outros protocolos, inclusive o USB.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Souza, Daniel Rodrigues de e Souza, David José de. Desbravando o Micro Controlador PIC 18. Edição 19, 2012.
- [2] Souza, David José de e Lavinia, Nicolas César. Conectando o PIC – Recursos Avançados. Edição 4, 2007.
- [3] Zanco, Wagner da Silva. Microcontroladores PIC – Técnicas de Software e Hardware dos Projetos de Circuitos Eletrônicos. Edição 2, 2008.
- [4] Souza, Vitor Amadeu. Projetando com os Microcontroladores da Família PIC 18. Edição ano 2007.
- [5] Luz, Carlos Eduardo Sandrini. Criação de Sistemas Supervisórios Em Microsoft Visual C# 2010 Express. Edição 1, 2012.
- [6] Sharp, John. Microsoft Visual C# 2010 Passo a Passo. Edição 1, 2011.
- [7] Mendes, Douglas Rocha. Programação Java - Com Ênfase Em Orientação a Objetos. Edição 1, 2009.
- [8] Andrade, Maria Ângela Serafim de. Coreldraw X5. Edição 1, 2010.
- [9] Primo, Lane. Estudo Dirigido de Adobe Photoshop Cs4 Em Português - Para Windows. Edição 1, 2009.
- [10] Halvorson, Michael. Microsoft Visual Basic 2010 - Passo a Passo. Edição 1, 2011.

PyHunterProcess: Software para Perícia Forense de Memórias Voláteis

Jonatas Fonseca Passos

Faculdade de Tecnologia Professor Waldomiro May
jonatas.fonseca@gmail.com

Ana Lúcia Magalhães

Faculdade de Tecnologia Professor Waldomiro May
almchle@gmail.com

Luiz Carlos Rosa Junior

Faculdade de Tecnologia Professor Waldomiro May
lcarlosrjr@gmail.com

Aline Marques Marino

Centro Universitário Salesiano de São Paulo
alinemarinoadv@gmail.com

Resumo - O presente trabalho tem como tema a perícia forense computacional, mais especificamente o estudo de métodos capazes de identificar nos pormenores a análise dos sistemas, com o fim de interferir na produção probatória do processo penal. Assim, o objetivo é demonstrar os métodos técnicos da informática que garantam o máximo de eficiência probatória possível, tendo em vista o aumento da utilização da tecnologia e a consequente necessidade de identificar mecanismos periciais adequados a cada caso. Para tanto, utilizar-se-ão, principalmente, as obras de Farmer, Freitas e Moura, na fundamentação teórica, bem como elaborar-se-á um aplicativo prático, desenvolvido de forma a obter dados mais concretos com relação a prática da perícia forense de memória volátil. Este mesmo aplicativo será testado através de um pseudo-programa, denominado “spy key”, a fim de aferir a qualidade dos testes. Os resultados baseiam-se na utilização do método que menos interfira no material objeto de estudo, com o fim de aproximar o máximo da verdade real e, assim, auxiliar nos trabalhos forenses.

Palavras chave – computadores, perícia forense, memória volátil.

I. INTRODUÇÃO

Uma análise acurada na história da humanidade mostra evidências da ligação do humano com o desenvolvimento de tecnologias que permitissem a ela viver com maior conforto.

Estas inovações, resgatando o conceito de tecnologia desde os exordiais e rústicos instrumentos criados para facilitar o cultivo, os trabalhos campestres, tinham por objetivo atenuar o desgaste em sua luta cotidiana e propiciar a obtenção de resultados mais precisos e mais volumosos.

Essas tecnologias, com o decorrer dos séculos, enraizaram-se na cultura humana, metamorfoseando-se e passando por inúmeros processos estocásticos, tornando-se cada vez mais volátil em seu desenvolvimento.

Uma parte peculiar destes processos evolutivos, derivados de estudos matemáticos, visto o desenvolvimento do histórico ENIAC com o objetivo de aperfeiçoar cálculos bélicos,

culminaram na computação e consequentemente nos sistemas de informação, tão comuns à rotina do homem moderno, submersa em um mundo de bases de dados, ambientes gráficos, formulários, vídeos, músicas, redes sociais entre tantos outros artifícios.

II. HISTÓRIA E ESTADO DA ARTE

Os computadores surgiram conforme Ascencio & Campus [2], da necessidade natural do homem de realizar cálculos de forma apurada e ágil. E mesmo tendo passado por inúmeros aperfeiçoamentos, os computadores continuam a desempenhar a função de calcular com agilidade e precisão. Contudo, ainda que enraizado nas ciências matemáticas, o estudo da computação permitiu ao homem transcender ao universo do papel, originando essas novas máquinas de calcular a capacidade de desempenhar uma vasta gama de operações.

Basicamente, ainda segundo Ascencio & Campus [2], as funções básicas de um computador são: receber, manipular e armazenar dados, funções essas desempenhadas por intermédio dos programas ou softwares, que basicamente constituem-se de conjuntos de instrução que realizam a ponte inteligível entre usuário e máquina.

Os tipos de recursos existentes dentro deste universo são incontáveis (textos, músicas, vídeos, jogos etc.), especialmente se considerarmos o quão potencializado foram tais tecnologias pela criação da grande rede de computadores, a famosa Internet. Contudo nem tudo são flores, segundo Castells [5]: a revolução proporcionada pelo explosivo desenvolvimento destas tecnologias remodelou a base material da sociedade de forma acelerada. Contudo a própria criminalidade, e até mesmo organizações mafiosas se adaptaram a este contexto de inovações e fizeram do universo digital um novo ambiente para seus delitos.

O enfoque deste trabalho está justamente neste ponto, pois no novo contexto de contravenções, em um universo ainda escasso de parâmetros jurídicos, surge uma nova ramificação da Ciência da Computação, a Perícia Forense Computacional.

A. Perícia Forense Computacional e Embasamento Legal

Antes da abordagem específica relativa à perícia computacional forense faz-se necessária a conceituação mais abrangente do processo pericial, tema central de nosso estudo.

Segundo Michaelis [15], a palavra perícia pode ser compreendida como: “Exame de caráter técnico, por pessoa entendida, nomeada pelo juiz, de um fato, estado ou valor de um objeto litigioso”. Tornaghi (apud Silva, [10]) alude ao termo perícia como o ato de consolidar-se a constatação de um fato por meio de análise criteriosa e científica, tornando clara a verdade. Ferreira [11] reforça essa ideia apresentando uma definição de perícia como exame de caráter técnico e especializado.

Para a realização da perícia, antes de tudo é necessário um ou mais indivíduos na condição de peritos. Contudo, qual seria a condição mínima necessária para a atuação como perito forense? O termo perito conforme Cunha [20] é originária do latim *peritus*. Cretalla (apud Silva, [11]) ressalta que o termo perito designa, com base nessa raiz etimológica, aquele que tem capacidade para pesquisar e analisar, embasado em seu conhecimento aprofundado em determinada área.

Trazendo para o contexto legal, Costa [8] esclarece que, segundo a legislação vigente este adjetivo refere-se tecnicamente a um indivíduo que tão somente tenha formação superior na área da perícia a ser realizada. Seguindo esta linha de raciocínio, é necessária a análise da legislação brasileira. O exercício da prática forense por um perito computacional está fortemente embasado, entre outros tratados, na lei de número 5869, e artigo número 429 do Código de Processo Civil:

Artigo 429: Para o desempenho de sua função, podem o perito e os assistentes técnicos utilizar-se de todos os meios necessários, ouvindo testemunhas, obtendo informações, solicitando documentos que estejam em poder de parte ou em repartições públicas, bem como instruir o laudo com plantas, desenhos, fotografias e outras quaisquer peças (BRASIL, [2]).

Logo, segundo a legislação brasileira, qualquer indivíduo munido de um título superior na área de informática poderia exercer a função de perito forense computacional.

B. Conceito de Processo de Pericial Forense Computacional

Segundo Freitas [12], perícia forense computacional é a utilização de métodos científicos para coletar, preservar, analisar e catalogar evidências identificadas em dispositivos eletrônicos. Para Farmer [6], a averiguação pericial de um sistema constitui-se de um ciclo de análise, identificação e aquisição de dados, seguida do processamento das informações coletadas. Quanto maior a precisão e riqueza dos dados, melhor será a perícia.

C. Relevância da Perícia da Memória Volátil

Existem procedimentos concebidos pela doutrina tradicional com relação à aplicação durante o exame forense e outros concebidos pela literatura moderna. Ambos os métodos trazem aspectos favoráveis e desfavoráveis. O ideal seria

articulá-los, a fim de que a elucidação dos procedimentos chegassem o mais próximo possível da realidade, através da documentação dos passos durante o processo pericial. Contudo, como o presente trabalho refere-se à perícia de memória volátil, enfocaremos os procedimentos que visam a preservação das provas referentes à memória temporária.

Farmer [6] enfoca a perícia de memória volátil como um processo meticuloso, que exige cuidados especiais por algumas peculiaridades. A doutrina clássica sugere o desligamento do sistema, considerando que os dados perdidos neste processo seriam irrelevantes para, em seguida, efetuar a cópia dos dados que sobreviverem à transição e estiverem armazenados na memória permanente. Contudo, existe um problema maior nesta questão: transições no sistema podem desencadear alterações, promovidas por gatilhos acidentais ou mesmo armadilhas, que podem comprometer toda a investigação, alterando, corrompendo ou apagando dados que estão ativos na memória volátil. Logo, se encarmos o desligamento como uma transição que pode comprometer as evidências, deve-se buscar meios pelos quais se possa periciar o sistema ligado buscando preservar o maior número de provas possível e sobretudo mantendo a integridade e credibilidade da perícia.

Existe, ainda segundo Farmer [6], uma importante distinção entre os dados originais, que devem ser mantidos em seu estado puro e os que serão analisados, estes cópias dos primeiros. Para Freitas [12], este procedimento de preservação dos dados originais em seu estado puro é fundamental para evitar a perda de informações importantes por acidentes e permitir que contestações sejam feitas com base na análise de outros sobre as mesmas provas, sem que isso gere dúvidas sobre os procedimentos que foram utilizados. Além disso, a adulteração dos dados originais pode gerar suspeita sobre a credibilidade da perícia. Com foco na documentação de provas, faz-se necessária a concepção de soluções que permitam o registro dos processos em execução no momento da perícia, contrariando a metodologia clássica, mas primando pela preservação de evidências que seriam perdidas, conforme citado, pela transição do sistema no processo de desligamento.

III. DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE

Com base na fundamentação teórica, concebeu-se o desenvolvimento de uma aplicação específica na perícia de memórias voláteis, salvaguardando-se nas bases teóricas obtidas mediante levantamento bibliográfico. Dentre os passos realizados neste desenvolvimento salientam-se alguns:

A. Exploração de Recursos Nativos nos Sistemas Operacionais

Em uma abordagem preliminar percebeu-se a necessidade de explorar os recursos nativos existentes nos sistemas operacionais, a fim de, munido deles, conceber o desenvolvimento de aplicativos forenses melhor adaptados e eficazes. Estes recursos, como explicado por Auler [1], tanto servem, como originalmente concebidos, para diagnosticar irregularidades de funcionamento no sistema operacional, como para coletar dados relevantes em determinada investigação. Por meio do levantamento bibliográfico

identificaram-se ferramentas relevantes em sistemas operacionais Linux e Windows. Seguem os principais:

Tasklist: Segundo Rosa [14], pode-se resumir o tasklist como um comando que exibe os processos em execução e suas informações, retornando *strings* dos *dumps* de memória. Um comando originalmente nativo do MS-DOS (*Microsoft Disk Operating System*), presentes nos sistemas operacionais Windows.

```
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Jonfonpa>tasklist

Image Name                   PID Session Name        Session#    Mem Usage
-----
System Idle Process          0 Services              0             24 K
System                        4 Services              0          1.128 K
smss.exe                     312 Services              0          1.100 K
csrss.exe                     408 Services              0          4.300 K
wininit.exe                   400 Services              0          5.440 K
csrss.exe                     492 Console               1          49.172 K
services.exe                  536 Services              0         10.844 K
lsass.exe                     552 Services              0         14.252 K
```

Fig1. Tasklist

Ps: O comando ps, segundo Da Silva [10], é um comando nativo do kernel dos sistemas operacionais Linux que permite, de forma semelhante ao Tasklist, visualizar os processos que estão sendo executados. Seu nível de detalhamento é tal, que Nemeth et al [18] o destaca como a principal ferramenta para o monitoramento de processos. A Figura 2 mostra os inúmeros parâmetros que permitem uma melhor filtragem dos resultados.

```
Jonatas@fonpa:~$ ps -aux
warning: bad ps syntax, perhaps a bogus '-'?
See http://git.kernel.org/procps/procps/blobs/master/Documentation/FAQ
USER      PID %CPU %MEM    VSZ   RSS TTY      STAT START   TIME COMMAND
root         1  0.1  0.0 3884 2280 ?        Ss   10:27   0:02 /sbin/init
root         2  0.0  0.0      0   0 ?        S    10:27   0:00 [kthreadd]
root         3  0.0  0.0      0   0 ?        S    10:27   0:01 [ksoftirqd/0]
root         5  0.0  0.0      0   0 ?        S<   10:27   0:00 [kworker/0:0H]
root         7  0.0  0.0      0   0 ?        S<   10:27   0:00 [kworker/u:0H]
root         8  0.0  0.0      0   0 ?        S    10:27   0:00 [migration/0]
root         9  0.0  0.0      0   0 ?        S    10:27   0:00 [rcu_bh]
```

Fig.2. Ps

Netstat: nativo e comum aos sistemas Linux e Windows, o comando netstat, segundo Nemeth et al [18], exibe todas as portas que estão ouvindo ativamente, exibindo concernente a isso, como ressalta Microsoft [16], as portas e dispositivos que estão se comunicando na rede. Da Silva [9] enfatiza a riqueza de informações retornada por este comando, mediante as respectivas *flags*, trazendo informações tais como estatísticas, tabelas de roteamento entre outras inúmeras informações relevantes concernentes aos processos de rede ativos.

```
C:\Users\Jonfonpa>netstat /a

Active Connections
Proto Local Address           Foreign Address         State
TCP 0.0.0.0:135              Jonfonpa-PC:0          LISTENING
TCP 0.0.0.0:445              Jonfonpa-PC:0          LISTENING
TCP 0.0.0.0:554              Jonfonpa-PC:0          LISTENING
TCP 0.0.0.0:2869             Jonfonpa-PC:0          LISTENING
TCP 0.0.0.0:5357             Jonfonpa-PC:0          LISTENING
TCP 0.0.0.0:10243            Jonfonpa-PC:0          LISTENING
TCP 0.0.0.0:27275            Jonfonpa-PC:0          LISTENING
TCP 0.0.0.0:49152            Jonfonpa-PC:0          LISTENING
TCP 0.0.0.0:49153            Jonfonpa-PC:0          LISTENING
TCP 0.0.0.0:49154            Jonfonpa-PC:0          LISTENING
TCP 0.0.0.0:49155            Jonfonpa-PC:0          LISTENING
TCP 0.0.0.0:49166            Jonfonpa-PC:0          LISTENING
TCP 127.0.0.1:27275         Jonfonpa-PC:0          LISTENING
```

Fig.3. Netstat

Ter por base as ferramentas nativas nos sistemas operacionais é princípio. Contudo, perscrutar os meios pelos quais a linguagem de programação escolhida *python* dispõe para utilizar-se deles é fundamental a fim de tornar este

fundamento proveitoso. A documentação online proveniente da própria comunidade de desenvolvedores, Python [19], elucida que a linguagem *python* dispõe de um módulo específico para interagir com os recursos do sistema operacional: o módulo OS, sigla proveniente da abreviação da designação *Operating System* (Sistema Operacional). Este módulo é dotado de inúmeras funções úteis para interação com o sistema operacional sobre o qual o programa na linguagem *python* será executado. Ainda que este módulo possua limitações referentes a sistemas operacionais Windows em detrimento à comparação de seu leque de opção em sistemas Linux, é importante abordar a mais relevante função deste módulo que permite utilização de comandos próprios do sistema. Este recurso exige conhecimento específico quanto à sintaxe do kernel referente ao sistema operacional hospedeiro. Contudo pode ser um mecanismo pelo qual se possa suprimir até mesmo as limitações em sistemas Windows.

B. Linguagem e Ferramentas de Desenvolvimento

Salvaguardando o objetivo de desenvolver um software livre e de código aberto, foram selecionados recursos que permitissem o desenvolvimento dele sem que ficasse ligada a uma arquitetura de sistema operacional exclusiva. Contudo buscou-se selecionar uma linguagem moderna e com ampla gama de recursos para seu desenvolvimento. Foi escolhida a linguagem Python, desenvolvida por Guido van Rossum em 1991, segundo Van Rossum [13], no Instituto de Pesquisa Nacional para Matemática e Ciência da Computação (CWI) como sucessora da linguagem ABC no desenvolvimento de interfaces para o sistema Amoeba. Neste projeto foi utilizado o interpretador da linguagem Python em sua versão “2.7.6”. Esta versão de programação de auto-nível tem por características principais ser orientada a objetos, interpretada e fortemente tipada. Para a edição dos códigos, já que python é uma linguagem interpretada, a ferramenta escolhida foi o editor Notepad++, versátil e reconhecido, citado por Mione [17] como eminente alternativa em software livre aos editores de texto ordinários, tais como o notepad do windows. Prático e flexível, permite a programação na sintaxe de inúmeras linguagens tais como: C, C++, Java, C#, PHP, Javascript, Pascal, Perl, Python, Lua, Assembly, Ruby entre muitas outras, além de possuir recursos para criação de arquivos bash (Shell script) e batch (MS-DOS).

```
1 hunter\hunterprocess.exe
2 pytext2pdf\pytext2pdf.exe process.txt
3 del rede.txt
4 rename process.txt.pdf process.pdf
5 pyrename\pyrename.exe process.pdf
6 copy *.pdf history
7 del process.txt
8 del *.pdf
9 exit
```

Fig.4. Exemplo de Trecho de código bat editado no Notepad++

C. Funcionamento do programa

O Software foi desenvolvido com uma interface bastante simples, a partir da ferramenta tkinter, nativa da linguagem python. A interface desta primeira versão do programa,

batizado como pyHunterProcess é enxuta e dotada de apenas 3 botões.



Fig. 5. Interface PyHunterProcess

A principal função, ativada pelo botão “Capturar Processos?” executa uma varredura, valendo-se dos comandos nativos do próprio sistema operacional, já citados. Estes são salvos num *arraylist* e em seguida armazenados em um arquivo temporário. Ao final do processo, o usuário tem a opção de visualizar o resultado desta varredura por meio de um visualizador também integrado ao PyHunterProcess. Depois que é realizada a visualização, o arquivo temporário é convertido em pdf e salvo em uma pasta de backup do próprio programa pericial para permitir futuras consultas sem correr o risco de os dados salvos serem corrompidos.

Image Name	PID	Session Name	Session#	Mem Usage
System Idle Process	0	Services	0	24 K
System	4	Services	0	4.936 K
smss.exe	304	Services	0	1.092 K
csrss.exe	396	Services	0	4.724 K
wininit.exe	480	Services	0	5.544 K
csrss.exe	492	Console	1	15.184 K
services.exe	536	Services	0	10.604 K
lsass.exe	552	Services	0	15.852 K
lsass.exe	560	Services	0	4.216 K
winlogon.exe	592	Console	1	8.228 K
svchost.exe	716	Services	0	10.528 K
svchost.exe	808	Services	0	9.680 K
atilesrv.exe	856	Services	0	5.548 K
svchost.exe	948	Services	0	23.548 K
svchost.exe	988	Services	0	152.284 K
svchost.exe	108	Services	0	19.448 K
svchost.exe	404	Services	0	53.740 K
atilesrv.exe	1104	Console	1	7.276 K
svchost.exe	1216	Services	0	33.660 K
AvastSvc.exe	1348	Services	0	84.372 K
dwm.exe	1452	Console	1	51.156 K

Fig. 6. Exemplo de Relatório Gerado

Referente a seus mecanismos e processos de execução saliente-se que o PyHunterProcess foi concebido de forma a ser portátil, tendo suas classes .py sido convertidas em exe. Este processo abarcou assim todas as bibliotecas necessárias para sua execução, eliminando a necessidade de que o computador periciado estivesse provido de um interpretador da linguagem Python.

A idealização de um software portátil parte do pressuposto de buscar realizar o menor número possível de alterações no sistema original periciado, logo não instalar ou copiar arquivos para o disco rígido em questão constitui uma precaução válida.

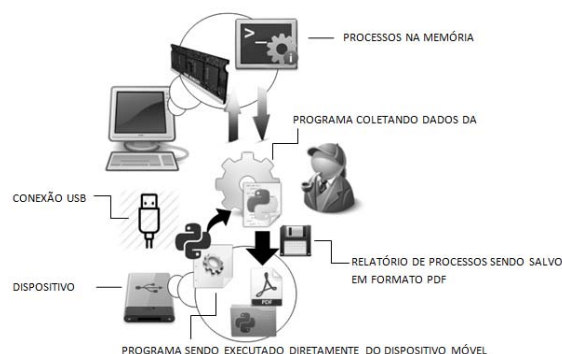


Fig. 7. Conceito de funcionamento PyHunterProcess

IV. TESTE DE FUNCIONALIDADE

Para teste das funcionalidades elementares do pyHunterProcess, utilizaram-se testes realizados através de um pseudo programa malicioso, desenvolvido em linguagem Delphi pelo programador Dener Roberto de Moura Carvalho, aluno do curso Técnico de Informática da ETEC Professor Sant'Anna de Castro de Cruzeiro/SP.

Ressalta-se, preliminarmente, que o objetivo do software pyHunterProcess não é trabalhar como um antivírus, até porque existem softwares maduros disponíveis no mercado. Antes é, na verdade, um mecanismo que permite uma análise criteriosa sobre os processos em execução no sistema e a realização da documentação dos mesmos.

Para a realização do teste, basear-se-á numa situação hipotética, em que o software malicioso a ser detectado não seria um vírus, mas sim um programa acionado pelo próprio usuário, seja com o intuito de impedir o levantamento de provas, seja para registro das ações no computador, entre outros inúmeros fins maliciosos. Os dados básicos referentes ao sistema da máquina em que foram realizados os testes são:

TABELA.1. CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE

Processador	Intel Core 2 Duo
Memória RAM	4 GB
Sistema Operacional	Windows 7 Ultimate 32bits

O pseudo programa malicioso, batizado de SpyKey funciona como um Key Logger, ou seja, um programa capaz de registrar tudo o que é digitado pelo usuário durante sua execução. Ao aplicá-lo, foram tomadas as precauções, de forma que a execução fique indetectável a um usuário leigo e que ele apenas se revele e encerre sua execução mediante comandos de teclado específicos. Abaixo é possível ver o programa revelado propositalmente com resultado do processo de captura de teclas:

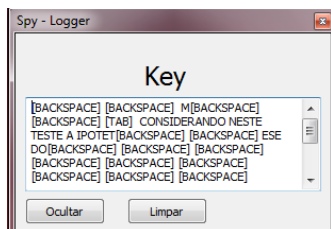


Figura.9. Captura do SpyKey

Partindo deste referencial, ao executar o pyHunterProcess por meio de um dispositivo móvel, no caso um HD externo, isso permite ter uma noção real da utilidade e eficiência do relatório gerado. Considerou-se neste teste a hipótese do software ter sido ativado propositalmente e com a finalidade de monitorar usuários da máquina. Depois de executar o programa, o seguinte relatório foi exibido:

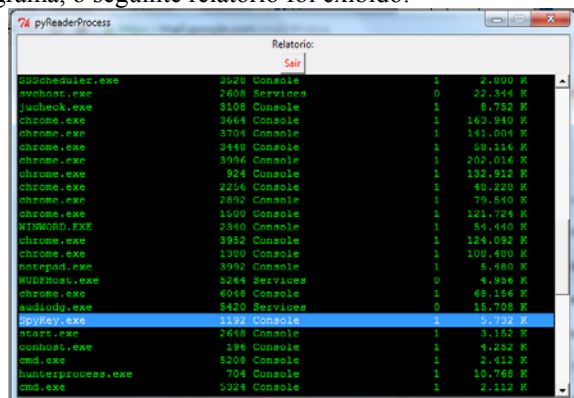


Figura.10. Relatório do Teste

Evidencia-se que a falta de mecanismos de filtragem e o volumoso número de processos diminui a utilidade do relatório. No entanto, depois de alguns minutos é possível averiguar, com olhar mais crítico, o que se pode considerar esperado de um perito, isto é, o processo suspeito gerado propositalmente. Depois de encerrado o processo de captura verificou-se que a documentação dos processos em formato pdf foi realizada com sucesso, como se vê na figura abaixo:

Processo	ID	Nome	Tipo	Tamanho
chrome.exe	3996	Console	1	204.880 K
chrome.exe	924	Console	1	135.424 K
chrome.exe	2256	Console	1	48.228 K
chrome.exe	2892	Console	1	81.340 K
chrome.exe	1500	Console	1	121.724 K
WINWORD.EXE	2340	Console	1	55.284 K
chrome.exe	3952	Console	1	147.592 K
chrome.exe	1380	Console	1	109.892 K
notepad.exe	3992	Console	1	5.480 K
WUDFHost.exe	5264	Services	0	4.956 K
chrome.exe	6048	Console	1	67.136 K
audiody.exe	5420	Services	0	15.772 K
spykey.exe	1192	Console	1	5.796 K
stact.exe	2648	Console	1	3.152 K
conhost.exe	196	Console	1	4.252 K
cmd.exe	5208	Console	1	2.404 K
hunterprocess.exe	704	Console	1	10.964 K
cmd.exe	2160	Console	1	2.432 K
conhost.exe	2536	Console	1	4.232 K

Figura.11. Relatório em Formato PDF

Além disso, pode-se acessar, também, o diretório onde o histórico de perícias é salvo:

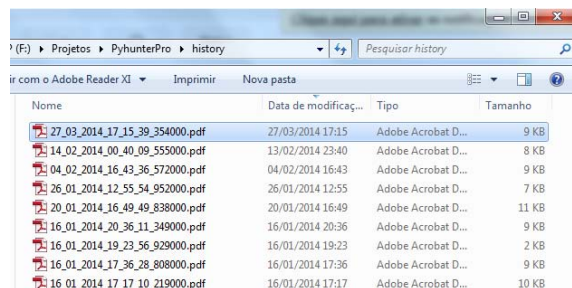


Figura.12. Diretório de Histórico de Perícias

Numa avaliação final, com base no teste realizado e, principalmente, nos resultados, é aceitável afirmar que o software cumpre com a proposta almejada, tendo, porém, limitações e ampla margem para melhorias futuras na estrutura e no funcionamento, em especial na filtragem dos resultados apresentados ao usuário. No aspecto funcional, melhorias são necessárias quanto à dependência do software de recursos presentes no próprio sistema operacional. No que tange aos sistemas operacionais, cabem alguns aperfeiçoamentos quando a execução do programa se dá através do Linux, pois os mecanismos de segurança que limitam a execução de determinados comandos ao root interferem no desempenho do programa.

V. CONCLUSÕES

Diante das discussões e dos resultados expostos nos itens anteriores, verifica-se que a perícia forense computacional é imprescindível no contexto da sociedade contemporânea marcada pelo avanço tecnológico. O desenvolvimento da aplicação seguindo os moldes propostos pelo levantamento teórico permitiram a concepção de uma solução inicial limitada, refém dos próprios recursos dos sistemas operacionais, contudo válida como ferramenta preliminar, dotada dos recursos básicos necessários para uma perícia simples de memória volátil. Vale ressaltar que ela ainda possui limitações em sua compatibilidade com sistemas operacionais Linux, o que vale uma abordagem posterior. Apesar disso, esta pesquisa deixa margem para aperfeiçoamentos e busca de maiores recursos, mostrando-se válida e, sobretudo, necessária.

REFERÊNCIAS

- [1] AULER, Pedro. Metodologia e Ferramenta de Coleta de Dados Voláteis em Sistemas Windows. Brasília: UNB, 2011.
- [2] ASCENCIO, Ana Fernanda Gomes & CAMPUS, Edilene Aparecida Veneruchi de. Fundamentos Da Programação: Algoritmos, PASCAL, C/C++ (Padrão ANSI) e JAVA. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.
- [3] BRASIL. Lei nº 5869, de 11 de Janeiro de 1973. Institui o Código de Processo Civil. Brasília, DF, 1993. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/15869.htm>. Acessado em: 20. Jan. 2014.
- [4] ELEUTÉRIO, Pedro Monteiro da Silva; MACHADO, Marcio Pereira. Desvendando a Computação Forense. São Paulo: Novatec Editora, 2010.
- [5] CASTELLS, Manuel. A Sociedade Em Rede. São Paulo: Paz e Terra, 1999.
- [6] FARMER, Dan; WIETSE, Venema. Perícia Forense Computacional: Teoria e Prática Aplicada. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- [7] PASSOS, J. F. ; MARINO, A. M. . Perícia Forense Computacional: Um Diálogo Interdisciplinar Entre A Informática E O Direito. In: XIII Mostra de Produção Científica e V Mostra de Responsabilidade Social, 2013, Lorena: Anais da XIII Mostra de Produção Científica e V Mostra de Responsabilidade Social, 2013.

- . Perícia Forense Computacional: Um Diálogo Interdisciplinar Entre A Informática E O Direito. Apresentação oral realizada no Centro Universitário Salesiano do Estado de São Paulo, Campus São Joaquim em 22. Nov. 2013.
- [8] COSTA, Jefferson. Perito Forense Computacional. [S.I.: S.N], 2011. Disponível em: <<http://www.portalgsti.com.br/2013/08/Perito-Forense-Computacional/>>. Acessado em 3. Jan. 2014.
- [9] DA SILVA, Gleydson Mazioli. Guia Foca GNU/Linux. [S.I. : S.N.],2011. Disponível em: <<http://www.guiafoca.org/>>. Acessado em 2. Jan. 2014.
- [10] DA SILVA, Alexandre Alberto Gonçalves. Perícia Forense no Brasil. São Paulo: USP, 2010.
- [11] FERREIRA, Aurélio, Buarque de Holanda. Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa. – 4. Ed. – Curitiba: Ed. Positivo, 2009.
- [12] FREITAS, Andrey Rodrigues de. Perícia Forense Aplicada À Informática. Rio de Janeiro: Brasport, 2006.
- [13] VAN ROSSUM, Guido. Personal History - part 1, CWI. [S.I.: S.N], 20. Jan. 2009. Disponível em: <<http://python-history.blogspot.com.br/2009/01/personal-history-part-1-cwi.html>>. Acessado em 7. Jan. 2014.
- [14] ROSA, Ana Paula Teixeira. Forense de Memória: Extração de Dados Armazenados em memória Volátil. Brasília: UMB, 2011.
- [15] MICHAELIS. Moderno Dicionário da Língua Portuguesa. [S.I.: S.N], 1998. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php>>. Acesso em: 6 abr. 2014.
- [16] MICROSOFT. TechNet: Command-line reference A-Z. [S.I.:S.N], 2014.Disponível em: < <http://technet.microsoft.com/>>. Acessado em: 14. Jan. 2014.
- [17] MIONI, Rodrigo. Editor de Texto: Notepad++. [S.I.: S.N], 28. Fev. 2012. Disponível em:<<http://sistemasdeengenharia.com.br/2012/02/editor-de-texto-notepad/>>. Acessado em 6. Jan. 2014.
- [18] NEMETH, Evi; SNYDER, Garth; HEIN, Trent R. ; BOGGS, Adam; CROSBY, Matt; MACCLAIN, Ned. Manual Completo do Linux. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- [19] PYTHON. The Python Standard Library. [S.I.: S.N], 2014. Disponível em:<<http://docs.python.org/2/library/>>. Acessado em 6. Jan. 2014.
- [20] DA CUNHA, Geraldo Antônio. Dicionário etimológico de língua portuguesa. – 4ª Ed. – Rio de Janeiro: Lexikon, 2010.

Metodologias ágeis na criação de jogos

André Luiz M. Muniz

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
andre.lmm91@gmail.com

Sebastiao Edalcio O. Realino

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
sebastiaorealino@yahoo.com.br

Guilherme Augusto Barucke
Marcondes

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
guilherme@inatel.br

Resumo — Este documento é uma pesquisa sobre metodologias ágeis: Scrum e Kanban, e criação de jogos. O objetivo é mostrar os papéis do scrum e seus artefatos, ferramentas de gerenciamento Kanban e metodologias utilizáveis, os tipos de jogos e game design, e por fim, uma aplicação da metodologia feita no laboratório de jogos do Inatel.

Palavras chave—Metodologias Ágeis, Scrum, Kanban, Game Designer, Criação de Jogos.

I. INTRODUÇÃO

Com a crescente mudança no cenário de desenvolvimento de software e sua complexidade, várias metodologias foram criadas para melhorar a interação cliente-desenvolvedores-gerência. Com a visão de sempre minimizar os gastos e maximizar os resultados, as metodologias ágeis foram aceitas rapidamente no panorama de desenvolvimento de software. Principalmente, por serem adaptativas e de fácil modelagem, sem requerer complexidade em contratos e documentação nos projetos. [2]

II. GERENCIAMENTO ÁGIL NA CRIAÇÃO DE JOGOS

A. História do Scrum

“Scrum é um processo de desenvolvimento iterativo e incremental para o gerenciamento de projetos e desenvolvimento ágil de software. As primeiras noções de Scrum foram aplicadas em 1986, por Takeuchi e Nonaka,” [12]. “Em 1986, Ken Schwaber formalizou a definição de Scrum e difundiu a ideia em todo o mundo” [10].

“O termo Metodologias Ágeis se tornou popular no ano de 2001, quando especialistas e pesquisadores de engenharia de software e de processos de desenvolvimento de software estabeleceram os princípios para o desenvolvimento ágil de software. Estes princípios foram inicialmente baseados nas metodologias Scrum [8] e *Extreme Programming* (XP) [9], dentre outras. Este acontecimento proporcionou a criação da Aliança Ágil e do Manifesto para o desenvolvimento ágil de software [2].

B. Definição do Scrum

Scrum é um *framework* adaptativo de acordo com o projeto e necessidade da equipe. Ela reúne conceitos de *lean manufacturing* e desenvolvimento iterativo. Como disse Ken Schwaber, “Scrum não é uma metodologia, é um *framework*.”

O que significa que Scrum não vai te dizer exatamente o que fazer.” [6]

No Scrum, há três papéis principais: *scrum master*, o *team owner* e *product owner*, e quatro artefatos: *backlog* do produto, *backlog* da *Sprint*, reuniões diárias e planejamento da *sprint* [1].

Na Figura 1, é apresentado o *framework* do Scrum, contendo todas as etapas de execução. Mais adiante, será explicada cada parte deste fluxograma.

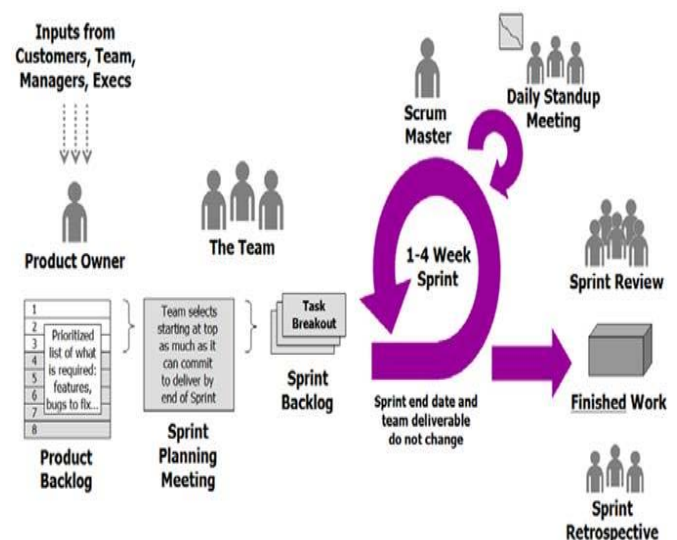


Figura 1 – Papéis e artefatos do Scrum [7]

Em 2001, foi criado o “Manifesto para o desenvolvimento ágil de software”, que apresenta as seguintes características:

- Valorizar indivíduos e interações entre eles mais que processo e ferramentas;
- Valorizar software em funcionamento mais que documentação abrangente;
- Valorizar colaboração com o cliente mais que negociação de contratos e
- Valorizar responder a mudanças mais que seguir um plano. [10]

O texto exposto no “manifesto ágil” tinha o intuito de revolucionar o modo de desenvolvimento de software para uma maneira mais rápida e que acompanhasse o mercado, reduzindo prejuízos e maximizando o contato com o cliente.

B.1. Princípios:

Seus princípios são:

- Pequenas equipes de trabalho são organizadas para maximizar comunicação, minimizar *overhead* e maximizar a troca de conhecimento.
- O processo deve se adaptar às mudanças técnicas e de negócio para garantir que o melhor produto possível será produzido.
- Trabalho com incrementos que podem ser inspecionados, ajustados, testados, documentados e apoio para evolução do produto.
- O trabalho de desenvolvimento é particionado em pequenos pacotes.
- À medida que o produto é construído, os testes e a documentação são constantemente feitos.
- Habilidade para declarar um produto feito se requerido.

B.2. Backlog

B.2.1. Product Backlog

Lista priorizada de requisitos e facilidades do projeto que agregarão valor ao negócio. Itens podem ser incluídos a qualquer tempo, assim como as prioridades podem ser trocadas.

B.2.2. Sprint Backlog

Parte do *backlog* que entra na *Sprint*. O *Sprint Backlog* não sofre alterações. É criado a partir do planejamento da *Sprint*, sempre antes de começar uma nova *Sprint*.

B.2.3. Burndown Chart

O *Burndown* é um simples gráfico, com dois eixos X e Y, baseado nas atividades que não ultrapassem um dia de trabalho. O eixo X indica o número de tarefas existentes na *Sprint* e o eixo Y os dias que representam o tamanho da *Sprint*. A Figura 2 apresenta um exemplo de um gráfico *burndown*.

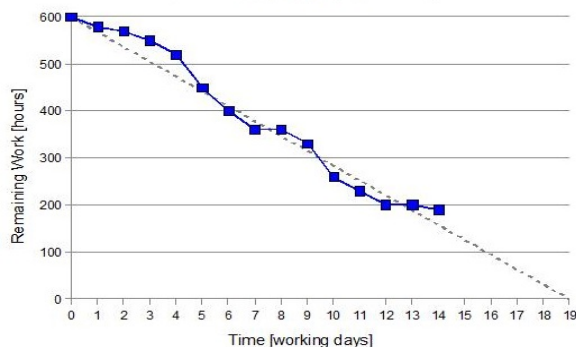


Figura 2 – Exemplo de gráfico *burndown* [11]

B.3. Sprint

Um fragmento de trabalho necessário para atender um requisito definido no *backlog* (tipicamente com duração de 30 dias). Durante uma *sprint*, o *backlog* associado não sofre alterações.

B.4. Revisão da Sprint

É revisto todo trabalho concluído e não concluído durante a *Sprint*, dependendo do resultado, o *Scrum Master* poderá aumentar ou diminuir a quantidade de itens de uma *Sprint*, sempre visando ao alto desempenho e à qualidade do projeto.

B.5. Retrospectiva da Sprint

“A coisa mais importante sobre retrospectivas é assegurar-se de que elas aconteçam” [6]. Segundo Henrik Kniberg, no final da *Sprint* é altamente necessário realizar sua retrospectiva para gerar novas ideias, rever conceitos e consertar problemas.

A divulgação de informação entre as equipes, por meio da retrospectiva, gera muito conhecimento, segundo H. Kniberg, “A informação que surge durante uma retrospectiva da *Sprint* é normalmente muito valiosa” [6].

B.6. Reuniões Diárias

As reuniões diárias ou chamadas de *daily scrums* são seguidas bem à risca e são rápidas, no máximo 15 minutos. Ela deve responder três perguntas básicas:

- O que foi feito desde a última reunião?
- Quais obstáculos encontrados?
- O que se planeja fazer antes da próxima reunião?

B.7. Scrum Master

É a pessoa que lidera todo o processo de desenvolvimento e garante que todos os processos do *Scrum* são utilizados corretamente. O *Scrum Master* tem a função de prevenir e solucionar problemas ou algum fator que atrapalhe a equipe, deixando-os focados no desenvolvimento.

B.8. Product Owner

É o representante do cliente, *stakeholder* ou financiador do projeto. O *product owner* faz parte do time de entrega do produto. Ele é responsável por gerenciar o retorno de investimento (*return on investment*) e criação do *backlog* do produto.

B.9. Importância do Product Owner

“Às vezes, os *product owner* relutam em despendar horas com a equipe fazendo o planejamento da *Sprint*. (...) Isto é um problema grave” [6].

Product Owner é um papel do *Scrum* de altíssima importância: ele é quem diz o que é relevante para a *Sprint* e suas prioridades para o projeto. Este papel, que muitas vezes são ocupados por desenvolvedores seniores ou o próprio dono e/ou criador da ideia do projeto, deve-se sempre estar junto com o *Scrum Master* e desenvolvedores para amenizar falhas.

O motivo pela qual toda equipe e o *product owner* devem estar na reunião de planejamento da *Sprint* é porque cada estória contém três variáveis que são dependentes uma das outras [6].

A Figura 3 ilustra as variáveis do projeto. “Escopo e importância são definidas pelo *product owner*. Estimativa é definida pela equipe. Durante uma reunião de planejamento da *Sprint*, estas três variáveis são refinadas continuamente por diálogos cara-a-cara entre equipe e *product owner*” [6].



Figura 3 – Variáveis do projeto [6]

B.10. Definição de “pronto”

Quando o item do *backlog* do produto ou do incremento é descrito como “pronto”, a equipe do projeto deve entender o que o “pronto” significa. Para isso, a definição de pronto para um projeto depende muito da sua funcionalidade final. Por exemplo, o *Product Owner* pode-se definir que o produto final seja, hipoteticamente, um carro vermelho. Na teoria, um fusca vermelho e uma Ferrari são carros vermelhos. Por isso, se houver dificuldade pela equipe, o *Product Owner* deverá deixar explicado seu desejo para o produto final, para que seja igual ao pensado no início das *Sprints*.

Ao final de cada *Sprint*, a equipe entrega um incremento de funcionalidade, que deve ser adicionado aos anteriores, já testados, e garantindo que a nova versão funciona adequadamente. [5]

Se ocorre, com frequência, confusão no entendimento do que é pronto, será necessária uma definição clara do que isto significa, para não haver diferenças de entendimento [6].

C. Kanban

C.1. O que é kanban?

“O Kanban (com K maiúsculo) é o método de mudança evolucionária que utiliza um sistema kanban (com k minúsculo), além da visualização e outras ferramentas, para catalisar a introdução das ideias *Lean* nas áreas de desenvolvimento e operações de TI”. [3]

Existem diversas abordagens para o Kanban, mas a maioria dos especialistas concorda que ele é um método de gestão de mudanças, Jesper Boeg, em seu livro [3], dá ênfase aos seguintes princípios:

- Visualizar o trabalho em andamento;
- Visualizar cada passo em sua cadeia de valor, do conceito geral até o software que se possa lançar;
- Limitar o Trabalho em processo (*work in process* – WIP), restringindo o total de trabalho permitindo para cada estágio;
- Tornar explícitas as políticas sendo seguidas;
- Medir e gerenciar o fluxo, para tomar decisões bem embasadas, além de visualizar as consequências dessas decisões;
- Identificar oportunidades de melhorias, criando uma cultura *Kaizen*, na qual a melhoria contínua é responsabilidade de todos.

O foco do Kanban é ser um processo ágil e de melhor visualização. Estes passos simples têm-se provado extremamente úteis para esse objetivo.

Sua classificação como um ‘Sistema Puxado Kanban’ (*Kanban Pull System*) é que, ao conceber o fluxo e constituir os limites de WIP, se garante que nunca será colocado mais trabalho no sistema do que a sua capacidade de processar esse trabalho.

Esse sistema deu origem ao quadro Kanban (ilustrado na Figura 5), para que as equipes vejam os limites da WIP e seus objetivos. Especialmente, para que os itens com maior dificuldade, parados por causa de *Bug* ou outros problemas, sejam atendidos pela equipe para dar seguimento aos demais itens do quadro. [3]

C.2. Fluxo de trabalho

C.2.1. Trabalho em processo (WIP)

A necessidade de limitação do WIP pode ser observada pela Lei de Little:

Tempo de Ciclo = WIP / Produção por unidade de tempo [3]

O WIP descreve o total de trabalho em processo no sistema Kanban. Dependendo da equipe e da dificuldade do projeto, os limites do WIP variam. Um alto valor da WIP resulta em muitos itens no quadro kanban, em especial, no ponto início do quadro. Isso pode atrapalhar a equipe, psicologicamente, pois o trabalho não renderá, e pela qualidade apresentada haverá mais pressão em terminar. Isto pode provocar o atraso em vários itens parados. Porém, como o Kanban é maleável, sempre que um projeto começa ou até mesmo em processo de desenvolvimento, é importante o ajuste do WIP, se houver necessidade e/ou a equipe achar melhor. [3]

A definição de quantos pontos de história, história de usuários ou itens de *backlog* estão incluídos no processo em andamento dependerá do contexto. Para alguns, todos os itens do *backlog* devem ser incluídos, para outros apenas os que foram selecionados para aquela implementação.

Não há como saber o número exato de quantos itens devem ser permitidos em cada estágio do quadro, então deve-se escolher um número da melhor forma possível. Uma boa ideia é deixar que esse exercício seja guiado pelas políticas em que sua equipe gostaria de dar ênfase. Por exemplo, caso a equipe ache uma boa ideia incentivar o trabalho em pares, então um limite da WIP de três para uma equipe de seis pessoas para o desenvolvimento. [3]

C.2.2. Visualizando limites da WIP

Há várias formas de se visualizar o limite de trabalho em processo. Na Figura 4, apenas um item pode ser colocado em cada espaço desenhado no quadro, disparando um sinal visual quando houver uma permissão para começar/puxar novas atividade.



Figura 4 – Representação do quadro Kanban e os quadrados são os limites da WIP [3].

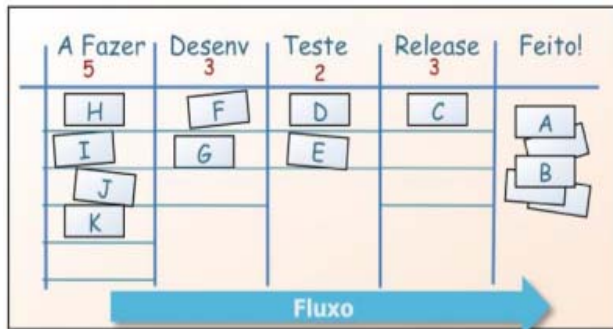


Figura 5 – Fluxo de trabalho e limites do WIP [3].

C.3. Medir o fluxo

Em Kanban, as atividades em andamento são limitadas pelo fluxo de trabalho.

“Em métricas, uma regra básica a ser lembrada é que seu sistema de entrega de software tem capacidade limitada. Quando o sistema é pressionado além da capacidade, haverá queda na qualidade, ritmo insustentável, custos de manutenção mais altos, ou tudo isso ao mesmo tempo” [3].

Uma vez que se tenha os limites das atividades em andamento devidamente estabelecidos, pode-se começar a medir e prever o tempo de execução do ciclo. Ou seja, medir o tempo médio que cada item leva para cumprir todo o ciclo através do quadro e, assim, estimar melhor o WIP na próxima vez que itens parecidos aparecerem no processo.

C.3.1. Índice de defeito

Problemas de qualidade são extremamente onerosos. Portanto, é preciso ficar atento a eles. Medir o índice e o número total de defeitos no sistema é uma maneira fácil de evitar que problemas de qualidade fujam do controle.

Índice de defeitos pode ser entendido como um indicador chave de desempenho (KPI - Key Performance Indicator). Indicadores de desempenho nos mostram dados valiosos sobre o situação do projeto. Por exemplo:

- Por que o número de novos defeitos tem aumentado? Houve relaxamento de alguma política de qualidade?
- Como o alto índice de defeitos na semana ‘x’ afetou o tempo de ciclo?

A Figura 6 mostra um exemplo de um diagrama de índice de defeitos. Porém deve-se tomar cuidado para não tirar muitas conclusões com base em conjuntos individuais de

informações. Por exemplo, uma semana ruim pode ser apenas uma coincidência e não uma falta de qualidade da equipe.

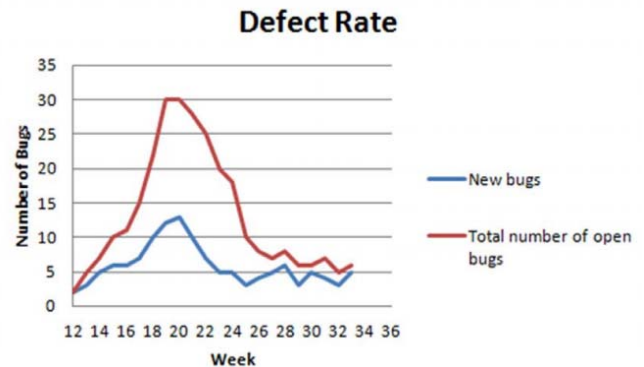


Figura 6 – Exemplo de diagrama de itens bloqueados. [3]

Um limite empírico para o total de defeitos é 20. Acima deste número, fica difícil a administração e se gasta muito tempo dando manutenção no *backlog* de defeitos. Também há o efeito psicológico causado pelo elevado número, exigindo mais relatórios, métricas e justificativas. [3]

C.3.2. Itens bloqueados

Algumas empresas utilizam o número de itens bloqueados e a habilidade de resolvê-los como indicador chave na medição do desempenho. Reconhecem que impedimentos têm sérios efeitos de longo prazo no sistema de entregas e que a agilidade de resolvê-los é um bom indicador do desempenho e da eficácia da equipe.

Estes itens devem estar sempre visíveis no quadro e devem ser medidos ao longo do tempo. Isto pode ser uma indicação de que a equipe está seguindo o caminho planejado. [3]

A Figura 7 mostra um exemplo de diagrama de itens bloqueados.

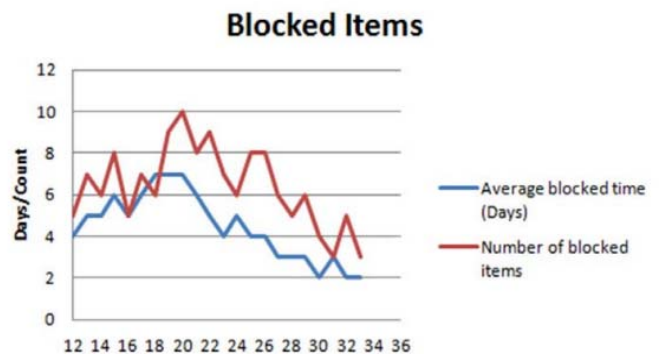


Figura 7 – Exemplo de diagrama de itens bloqueados. [3]

Deve ser evitada a separação um local específico do quadro para os itens bloqueados. Como esse local não faz parte do fluxo atual de trabalho há a tendência de a área não ganhar a devida importância. Usar um espaço específico no quadro também parece fazer com que haja menos interesse em resolver os problemas e mais interesse em declarar que outras partes são os responsáveis pela resolução.

C.4. Priorização

Caso haja um problema no sistema de entrega de software, como fluxo contínuo e entregas seguras e de qualidade, a priorização terá pouca importância. Sem priorização, qualquer item tem o mesmo valor e a mesma importância. Por exemplo, ‘entrada dos dados’ deve ser priorizada depois da ‘criação de banco de dados’.

Um conceito importante usado para priorização é o custo de atraso (COD – *Cost of Delay*). O custo de atraso representa a receita ou a economia perdidas com a escolha de não se trabalhar em um determinado item (uma história de usuário, por exemplo).

A mais alta prioridade deve ser o item com o maior custo de atraso. O custo de atraso geralmente associado ao custo de implementação (COI – *Cost of Implementation*), a prazos e a outros fatores. [3]

D. Jogos

D.1. O que é um jogo?

Primeiro, um jogo é um sistema formal, fechado, que imita a realidade, sendo ela possível ou não.

O jogo é completo e autossuficiente quanto a sua estrutura. Isso determina um sistema fechado. O modelo do mundo criado pelo jogo é totalmente completo, sem a necessidade de interferências de agentes de fora do jogo.

Formalmente, quer dizer apenas que o jogo tem regras explícitas. Há jogos informais nos quais as regras são declaradas de maneira livre, como um jogo que o próprio jogador escolher seu tipo e características.

O jogador precisa então estender as regras para cobrir a situação na qual ele se encontra. Desafios e missões são impostos ao jogador para descobrir e aventurar no jogo para alcançar seu objetivo. [13]

“Um jogo é uma coleção de partes, que interagem entre si, geralmente de maneiras complexas. Isso é um sistema”. [13]

D.2. Tipos de jogos

Os exemplos de jogos mais jogados atualmente são apresentados nesta seção.

D.2.1. Jogos de Ação:

Estes Jogos representam uma grande faixa de estilos de jogos, podendo tanto ser encontrados com gráficos 3D (três dimensões), quanto com gráficos 2D (duas dimensões). Na maioria das vezes eles são divididos em dois subgêneros: aqueles em que se atira e aqueles em que não se atira.

As habilidades básicas que este tipo de jogo explora no jogador são o tempo de reação e a coordenação entre a visão e as mãos do jogador em situações de pressão. [13]

D.2.2. Jogos de Estratégia:

Os jogos de estratégias se baseiam nos jogos de tabuleiro. A grande maioria dos jogos deste gênero é lançada para PC (computador pessoal), por sua grande capacidade de iteração entre usuário e jogo. Dividem-se em duas formas principais: baseado em turnos e em tempo real.

D.2.3. Jogos de RPG:

Geralmente, os jogos de RPG (*role-playing games*) possuem duas características que os distinguem dos demais gêneros:

- Personagens de jogo configuráveis, que melhoram no decorrer do jogo, com o aumento da experiência;
- Estórias muito bem definidas e que desenvolvem no decorrer do jogo.

“A parte da história é uma parte muito singular desse gênero. Nela, o jogador interage, de maneira que ele acaba se tornando uma parte muito real da mesma”. [13]

D.2.4. Jogos de Esportes:

Ao contrário dos outros gêneros, onde o mundo em que a história se baseia em fantasia, nos jogos esportivos o mundo é bastante conhecido. Por exemplo, muitas pessoas conhecem como é o futebol profissional e as suas regras. [13]

D.2.5. Jogos de Simulação de Veículos:

“Simuladores de veículos tentam criar a sensação de dirigir ou pilotar um veículo, real ou imaginário”. [13]

No caso de veículos reais, o principal ponto a ser levado em consideração é a aproximação da realidade. Os jogadores que irão jogar este tipo de jogo querem ter a experiência mais próxima possível de qual seria a sensação de dirigir vários tipos de carros e seus efeitos de velocidade e sonoro.

D.2.6. Jogos de Construções e Gerenciamento de Simulações:

Neste gênero de jogo o jogador não tem que enfrentar um inimigo, mas construir algo dentro de um determinado contexto e fazer o seu gerenciamento. Quanto melhor o jogador entender e controlar o processo de gerenciamento, maior será o seu sucesso na empreitada desse modelo.

D.2.7. Jogos de Aventura:

Um jogo de aventura não é uma simulação ou uma competição. Ele é uma história interativa sobre um determinado personagem que é controlado pelo jogador e ao decorrer do enredo, várias estratégias e ações são impostas ao jogador.

D.2.8. Jogos de Vida Artificial:

Estes jogos simulam um exemplo do processo biológico, geralmente para simular os ciclos de vida de seres vivos, podendo simular a vida de pessoas, animais, monstros, etc. Neste estilo de jogo, os desejos e necessidades são apresentados como um objetivo para que o jogador possa avançar. [13]

D.2.9. Jogos On-line:

“Nos últimos anos, os jogos *on-line* deixaram de ser apenas uma minúscula fração do comércio de entretenimento interativo, para se tornar a maior fração desse mercado”. [13]

Atualmente, esse gênero tem crescido bastante para o lado dos MMOs (*Multiplayer Massive On-Line*). Nele, podem ser encontrados jogadores de diversos países jogando entre si.

D.3. Esqueleto de desenvolvimento

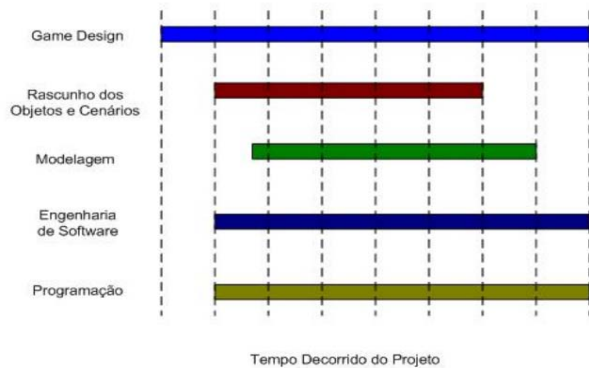


Figura 8 – Estrutura de desenvolvimento de jogos [13].

A Figura 8 apresenta, em forma de exemplo de cronograma, as principais etapas de desenvolvimento de um jogo.

O *Game Design* é a etapa em que o jogo é criado, juntamente com a sua história, os personagens, ambiente, etc.

Já em *Rascunho dos Objetos e Cenários* é feito o esboço dos objetos, dos cenários, dos personagens, das moradias, etc.

Na *Modelagem*, os modeladores e as pessoas responsáveis pelas texturas criam os modelos e as texturas que serão utilizados no jogo.

Na *Engenharia de Software* é feita a modelagem do sistema, geralmente por partes, ao contrário dos sistemas de banco de dados, onde a modelagem é feita por completo antes do início da sua codificação.

E na *Programação* o jogo é desenvolvido. Aqui é feita a programação da lógica do jogo, bem como a inteligência artificial, a inserção do áudio, etc. [13]

D.4. Game Design

D.4.1. O que é game Design?

Game Design é um processo que:

- Imagina um jogo;
- Define o modo como ele funcionará;
- Descreve os elementos que criam um jogo (conceitual, funcional, artístico e outros);
- Transmite essas informações para a equipe que construirá o jogo. [13]

“A habilidade de fazer o *design* de um jogo é, para se dizer, imperceptível. Muitas vezes parece que qualquer pessoa está apta a fazer isso. O *Game Design* não pode ser reduzido a apenas escrever uma história simples, criar 1 ou 2 documentos e dizer aos programadores o que fazer”. [13]

D.4.2. Os elementos de um jogo

Um jogo acontece em um universo artificial que é governado por regras pré-definidas. São essas regras que definem as ações e movimentos que os jogadores podem e o que eles não podem fazer no seu decorrer.

Definir as regras do jogo é uma parte chave do *game design*. Existem jogos onde as regras já estão definidas, como é o caso do futebol. Nestes casos as regras não precisam ser definidas, apenas seguidas.

As regras também definirão os desafios que os jogadores terão que enfrentar para vencer o jogo. Para isso, deverá ser definida uma regra para a condição de vitória do jogador. [13]

D.4.3. Criando a ideia do jogo

No processo de escolha da ideia do jogo, deve-se levar em conta também que, se for um jogo comercial, a ideia dele não deve agradar apenas um jogador, ela deve agradar a maior faixa de jogadores possíveis. [13]

O principal propósito de um jogo é prover entretenimento para outras pessoas. A ideia e o enredo deve chamar a atenção e, muitas vezes, ser emotiva. Muitos jogos prendem a atenção dos jogadores, pois são envolventes e sempre há uma nova aventura, uma nova descoberta ou uma surpresa.

D.4.4. Criando a experiência do jogador

Um jogo é muito mais do que apenas a soma de suas regras. Ele deve interagir com o jogador de modo a imergi-lo no seu mundo.

A partir do primeiro momento que o jogador entra no jogo, tudo aquilo que ele vê, ouve e sente deve convencê-lo de que a única coisa que existe é o jogo. [13]

É isso que é a experiência do usuário: uma combinação das três áreas distintas do *design* – o elemento visual, o elemento auditivo e o elemento interativo:

- O elemento interativo é o modo como o jogador interage com o jogo. É mais relacionado aos aspectos funcionais da interface do usuário;
- O elemento visual é todo o impacto da arte e como ela se combina para apresentar o mundo ao jogador;
- O elemento auditivo é o som que se relaciona com a ação do visual, mostrando o efeito para cada atitude do jogador.

D.4.5. Estória

“Jogos de computador geralmente têm algum tipo de história anexada a eles. O aprofundamento e a importância da história no jogo dependem muito do tipo de jogo a ser desenvolvido” [13].

E. Projeto Tic Tac Cube

Para a aplicação do método descrito neste artigo, foi utilizado o desenvolvimento de um jogo pela equipe do laboratório de jogos do Inatel. Este desenvolvimento está descrito nesta seção.

E.1. Formação da equipe

A equipe foi formada pelos alunos do curso de Engenharia da Computação: Artur Henrique Gonçalves Coutinho Alves, Daniel Sader Pontello, Marcelo Franco Ferracin e Marcelo Vinícius Cysneiros Aragão.

As funções de cada membro eram: Arthur Henrique Alves esteve como implementador geral e *designer*, a inteligência artificial foi desenvolvida pelo Marcelo Aragão, a parte de redes foi o Daniel Sader e som e implementação com o Marcelo Ferracin. Além da participação dos autores no acompanhamento e aplicação do método de desenvolvimento.

E.2. Metodologias

E.2.1. Scrum e Kanban

Para esse projeto, foram aplicadas algumas técnicas do Scrum e outras do Kanban. Foram utilizados os papéis do Scrum para a organização, André e Sebastião como *Scrum Master*, *Product Owner* os próprios membros e os desenvolvedores mencionados acima.

Foram conduzidas reuniões semanais (adaptação das reuniões diárias) e reuniões de planejamento.

A equipe de desenvolvimento definiu o *backlog* do produto e o tempo das *Sprints*, que foram de uma a duas semanas.

Foi utilizado o quadro Kanban *on-line* para visualização das atividades, como ilustrado na Figura 9.

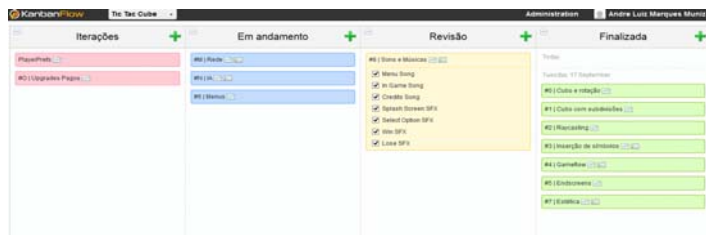


Figura 9 – Quadro kanban sendo utilizado pelo site www.kanbanflow.com [12].

E.2.2. Programas

Foram utilizados os seguintes programas para o desenvolvimento: para as modelagens dos cubos foi usado o Blender, a programação e desenho 3D no Unity3D versão 4.2 e os desenhos para designer no Photoshop. As Figuras 10 e 11 ilustram telas do desenvolvimento usando o programa Unity3D.

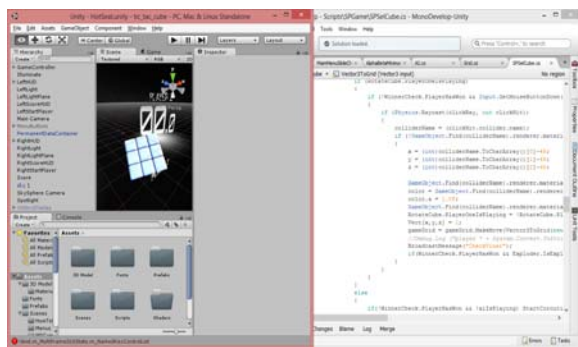


Figura 10 – Desenvolvimento e programação no Unity3D.

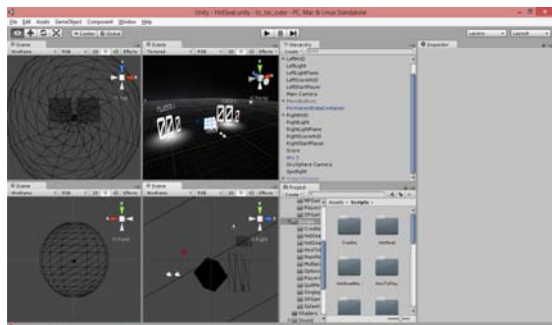


Figura 11 – Desenvolvimento e *design* de três dimensões.

E.2.3. O Jogo

O *design* do jogo lembra um cubo mágico e jogo da velha juntos. O jogador deve fazer suas jogadas para fechar três posições consecutivas, igual ao jogo da velha, porém, permitindo jogadas em três dimensões.

Pode-se girar, abrir ou fechar o cubo para melhor visualização e estratégia. A cada turno, pode marcar somente um local, com X ou O, idêntico ao jogo da velha, e vence quem ganhar três vezes. O jogo ainda tem jogabilidade *on-line* ou via *bluetooth*, na plataforma Desktop e *mobile*. As Figuras 12, 13 e 14 apresentam algumas telas do jogo.

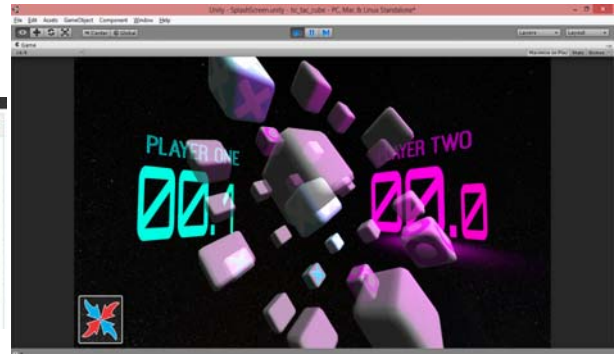


Figura 12 – Imagem 1 do jogo Tic Tac Cube.



Figura 13 – Imagem 2 do jogo Tic Tac Cube.



Figura 14 – Tic Tac Cube inicialização.

E.3. Aplicação

E.3.1. Adaptar ao meio

Scrum e Kanban são metodologias ágeis adaptativas, de acordo com o que necessita. Neste experimento, todos os participantes eram alunos e não tinham disponibilidade para se encontrar sempre ao longo do trabalho. Por isso não foram

utilizadas reuniões diárias, de revisão e retrospectiva. Porém, como foram de adaptação, foram utilizadas reuniões semanais e de planejamento.

O quadro Kanban *on-line* foi a melhor escolha para a equipe ficar informada. Toda e qualquer mudança era vista por todos em qualquer lugar. Além disso, também se podia visualizar quando o item era concluído, implantado ou revisto por conta de algum *bug*, por um membro da equipe.

E.3.2. Índice de defeito e Itens bloqueados

Foi utilizada a técnica de medição de desempenho de índice de defeito e itens bloqueados. Em todo o processo de desenvolvimento, que durou quatro meses, a quantidade de itens com defeito era uma média de 15% por *Sprint*, que era revisto na aba de revisão, do Kanbanflow. Isso foi resultado de uma equipe de alto desempenho do laboratório do Inatel.

Os itens bloqueados não foram contabilizados, pois cada desenvolvedor decidia se era relevante a ação ou não, com a opinião de todos os desenvolvedores.

E.4. Resultado final

O resultado do projeto deste jogo foi concluído com sucesso, todo o planejamento inicial e levantamento dos itens pelos desenvolvedores foi de grande importância. As técnicas utilizadas pelos desenvolvedores no laboratório do Inatel e a infraestrutura oferecida nas instalações foi um grande auxílio a todos para continuar até o final o projeto do Tic Tac Cube.

III. CONCLUSÕES

Conclui-se que as metodologias ágeis auxiliam muito o desenvolvimento de software. É necessário sempre, antes de cada projeto, analisar qual *framework* utilizar e as ferramentas que melhor se encaixam nas aplicações do projeto. É grande a produtividade que se consegue quando a equipe de desenvolvimento e a equipe gerencial trabalham juntas. Os problemas são resolvidos de forma rápida e os itens do projeto fluem facilmente em cada reunião de planejamento.

REFERÊNCIAS

[1] SCHWABER, Ken. Agile Software Development With Scrum. Microsoft Press, 2004. 175 p.

- [2] TAVARES, Breno G.; DA SILVA, Carlos E. S. Análise bibliométrica de artigos científicos sobre a utilização de metodologias ágeis na gestão de projetos. No prelo.
- [3] BOEG, Jesper. Kanban em 10 passos: Otimizando o fluxo de trabalho em sistemas de entrega de software. InfoQ. No prelo.
- [4] KNIBERG, Henrik; SKARIN, Mattias. Kanban e Scrum: obtendo o melhor de ambos. InfoQ. Disponível: <http://www.infoq.com/br/minibooks/kanban-scrum-minibook>.
- [5] SCHWABER, Ken; SUTHERLAND, Jeff. Guia do Scrum, Um guia definitivo para o Scrum: As regras do jogo. Scrum.org. 18 p.
- [6] KNIBERG, Henrik. Scrum e XP direto das trincheiras: Como nós fazemos Scrum. InfoQ. Disponível: <http://infoq.com/br/minibooks/scrum-xp-fromthe-trenches>.
- [7] <http://www.sadhanbiswas.com/myblog/tag/technology/> acesso em Dezembro/2013.
- [8] SCHWABER, K.; BEEDLE, M. Agile Software Development with SCRUM. Prentice Hall, 2002.
- [9] BECK, K. Programação Extrema Explicada. Bookman, 1999.
- [10] MANIFESTO ÁGIL, 2001. Disponível em: <http://www.manifestoagil.com.br>. Acesso em: Abril/2012.
- [11] <http://www.sw-engineering-candies.com/blog-1/howtouseproduct-burndown-chartsandsprint-burndown-chartsnotonlyinscrumprojects> acesso em: Janeiro/2013.
- [12] www.kanbanflow.com acesso em Janeiro/2014.
- [13] DA LUZ, Mairlo H. G. C., Desenvolvimento de jogos de Computado, 2004, Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais, Itajubá, 2004.

André Luiz M. Muniz nasceu em Poços de Caldas, Minas Gerais, em 27 de Agosto de 1991. Graduando em Engenharia de Telecomunicações no Instituto Nacional de Telecomunicações.

Atualmente estudante de Engenharia de Telecomunicações e suas áreas de interesse são Transmissão Digital, Antenas, Telefonia Móvel.

Sebastião Edécio O. Realino nasceu em Pedralva, Minas Gerais, em 01 de fevereiro de 1991. Graduando em Engenharia de Computação no Instituto Nacional de Telecomunicações.

Atualmente estagiário no Inatel Compentece Center e suas áreas de interesse são aplicativos moveis, interface visual e empreendedorismo.

Guilherme Augusto Barucke Marcondes: é natural de Volta Redonda, RJ, engenheiro eletricista e mestre pelo Instituto Nacional de Telecomunicações e especialista em administração pela FEA-USP. É gerente de projetos certificado PMP pelo Project Management Institute.

Consumo de Serviço Web utilizando Android e KSOAP

Cíntia Rodrigues Melo

Me. Carlos Henrique Loureiro Feichas

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
cintiarodrigues@gec.inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
carlos.feichas@inatel.br

Resumo — Este artigo apresenta os estudos a respeito de integração de sistemas de diferentes plataformas por meio de Serviços Web e dispositivos móveis equipados com o sistema operacional Android. Sabe-se que os Serviços Web utilizam um protocolo baseado em XML conhecido por SOAP e que o mesmo pode ser utilizado em uma versão simplificada para Android e que apresenta funcionalidades similares.

Palavras chave — Serviço Web, Android, SOAP, KSOAP, servidor, cliente.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, com o grande volume de informações existente na Web, tornam-se necessárias e cada vez mais importantes a troca e o compartilhamento de dados entre sistemas. Esta integração, que no passado era dificultada pela falta de padrão, hoje é solucionada graças a existência do XML (*eXtensible Markup Language*) e dos Serviços Web (*Web Services*). Além da grande integração que hoje é possível, eles permitem que as parcerias entre empresas realmente possam acontecer. Um bom exemplo de integração acontecem nas transações comerciais na Web (*E-commerce*), ou seja, quando um cliente faz uma compra de um produto em uma loja, diversos serviços web são invocados, possibilitando, por exemplo, o cálculo automático de valores de fretes de entrega, o pagamento por cartão de crédito, dentre outros, e tudo de forma automática.

Serviço Web é a solução mais viável para integração de sistemas, pois para que isso seja possível não é necessário conhecer a plataforma na qual o software foi desenvolvido e nem o sistema operacional onde ele está implantado. Por meio desta tecnologia é possível que novas aplicações possam interagir com aquelas já existentes e sistemas desenvolvidos em plataformas diferentes sejam compatíveis.

Baseado nestes princípios, este artigo apresenta o desenvolvimento de um Serviço Web, sobre a plataforma J2EE — *Java Enterprise Edition*, bem como uma aplicação Android, utilizando a biblioteca KSOAP, que é capaz de enviar dados para o serviço e este por sua vez, ao realizar um determinado processamento retornar valores para o aplicativo móvel que não necessitará de um banco de dados local.

II. SERVIÇOS WEB E SUA ARQUITETURA

Dada a grande diversidade de sistemas operacionais, linguagens de programação e bancos de dados existentes atualmente nas aplicações que envolvam Web e Mobile, o uso de Serviços Web se tornou muito comum e muito importante. Por meio desta tecnologia é possível integrar tudo sem que seja necessário o conhecimento das plataformas e das regras de negócios das aplicações que trocarão dados. Os Serviços Web são componentes que permitem às aplicações enviar e receber dados em formato XML, que é um formato de marcação de dados internacional e padronizado, de maneira que não é necessário conhecer a plataforma nem as regras de negócio desenvolvidas para que aplicações possam trocar dados[13]

Arquitetura de um Web Service é baseada na comunicação de três recursos, tais como:

A. Provedor de Serviços:

Este é o responsável por criar o Serviço e o tornar disponível para quem desejar utilizá-lo. Para que isto seja possível ele deve ser construído segundo um padrão e de fácil acesso. Um provedor de serviços é mantido por um servidor web como Apache Tomcat, Oracle Glass Fish, etc. A figura 1 apresenta um Web Service mantido por um servidor web GlassFish.

B. Consumidor de Serviços:

O consumidor de serviços é aquele que deseja utilizar um serviço disponibilizado em um provedor de serviços. Neste caso é possível que o consumidor conheça a estrutura do serviço a partir de uma descrição em formato XML conhecida por WSDL e faça testes, conforme mostram as figuras 2 e

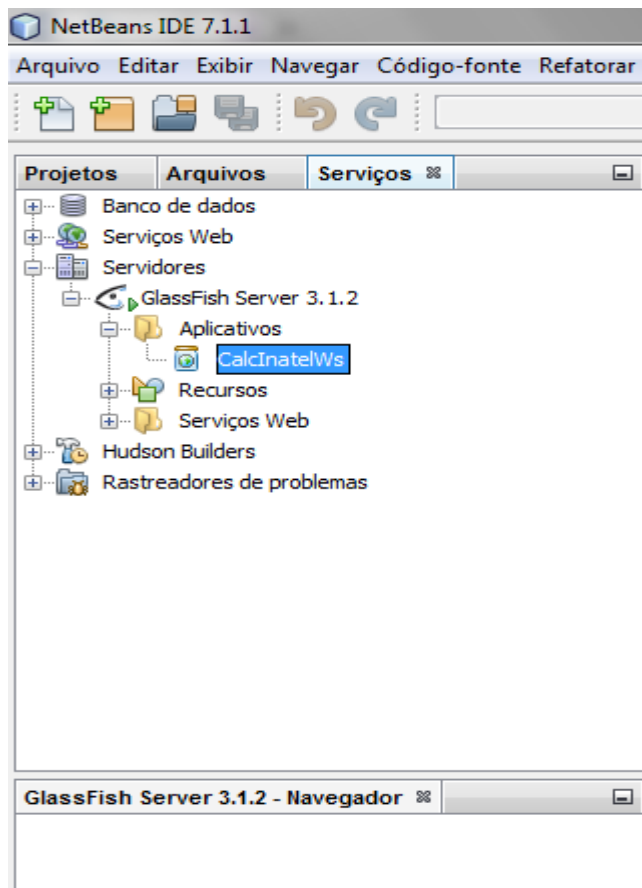


Figura 1. GlassFish Server mantendo o Serviço Web CalcInatelWs



Figura 2. Interface de testes da operação calculaNotas oferecida pelo GlassFish

Na figura 2 é possível observar também um link para a descrição formal do serviço (WSDL).

A figura 3 apresenta a descrição WSDL do serviço.

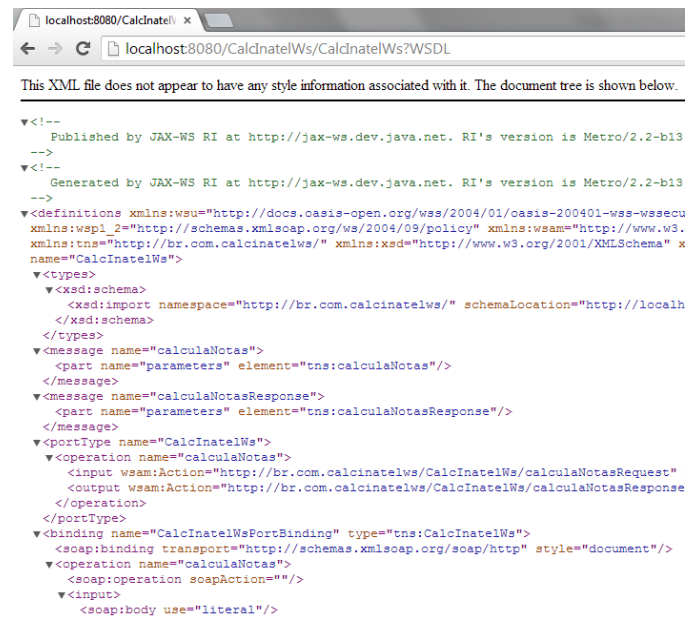


Figura 3. Descrição WSDL em formato XML do serviço

C. Registro de Serviços:

Um registro de serviço é a localização onde um provedor de serviços pode relacionar seus Serviços Web e no qual um consumidor de serviços pode pesquisá-los. [6]

A figura 4 apresenta o esquema completo da integração dos componentes principais de um Serviço Web

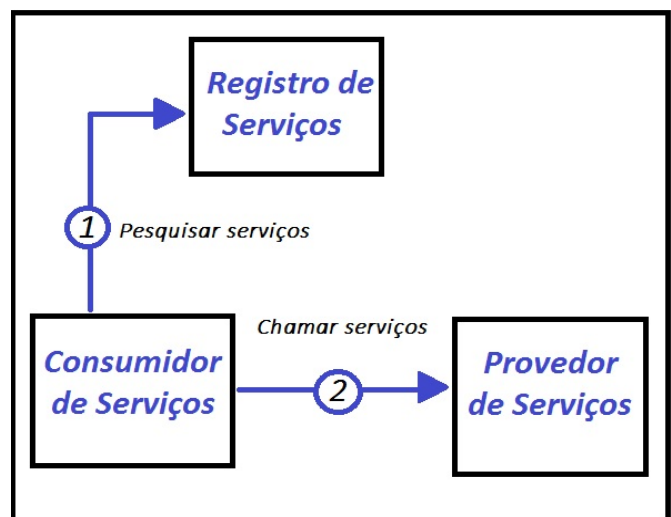


Fig. 4. Comunicação entre os recursos da arquitetura dos Serviços Web. [6]

A grande utilização *Web Services* (Serviços Web), acontece atualmente devido a fatores como, serem baseados em XML(*eXtensible Markup Language - Linguagem de Marcação Extensível*). Isso torna mais fácil a integração e a colaboração com outros sistemas, plataformas e novas tecnologias que surjam. Além disso permitem às aplicações enviar e receber dados em formato XML, não sendo necessário conhecer a plataforma nem as regras de negócio desenvolvidas, ou seja, podemos ter sistemas rodando em máquinas diferentes, sobre sistemas operacionais também diferentes (Figura 5). Para que a transferência do código

XML aconteça entre as aplicações, um protocolo específico de encapsulamento é utilizado, ele é conhecido por SOAP (*Simple Object Access Protocol - Protocolo Simples de Acesso a Objetos*) uma das melhores opções. [4][5]

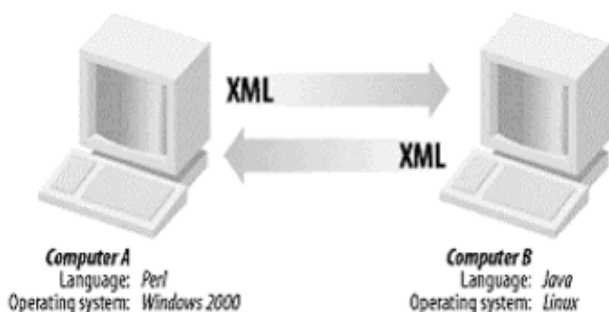


Figura 5 – Comunicação entre sistemas e sistemas operacionais diferente por meio do XML [6]

O protocolo SOAP, conta com o uso de um arquivo de descrição do serviço WSDL (*Web Services Description Language*) que funciona como um descritivo completo do serviço. O WSDL é baseado em XML onde são especificadas todas informações a respeito do serviço oferecido e suas operações, tipos de dados de envio e retorno. A figura 6 mostra que o cliente utiliza o WSDL com as informações do serviço permitindo a fácil integração entre as duas plataformas.

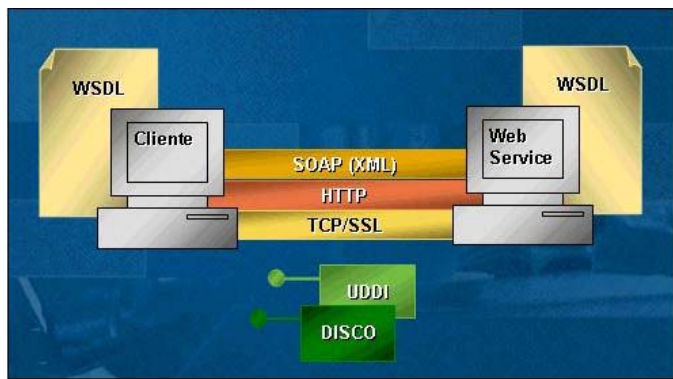


Figura 6 – Esquema básico de um Web Service - <http://msdn.microsoft.com/pt-br/library/cc564871.aspx> - Acessado em 09/03/2014 [15]

III. SOAP E ANDROID

Para o consumo de Serviços Web por meio de dispositivos móveis equipados com o sistema operacional Android, uma das alternativas é o uso da biblioteca KSOAP. Ela foi originalmente desenvolvida para a criação de aplicações J2ME e posteriormente adaptado para esta plataforma, conforme mostram as figuras 7 e 8.

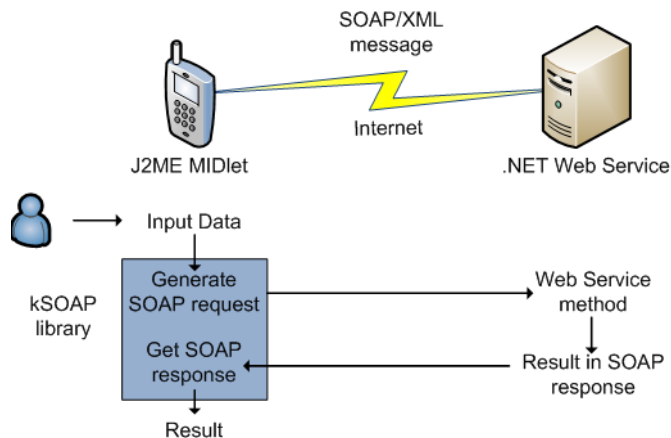


Figura 7 – Consumo de um Serviço Web a partir de um dispositivo móvel e uso da biblioteca KSOAP - <http://www.itsolutions.eu/2011/09/28/how-to-connect-to-a-net-web-service-from-a-j2me-midlet-using-ksoap-2/> - Acessado em 09/03/2014 [16]

O uso do KSOAP tem como objetivo oferecer a mesma funcionalidade que uma aplicação desenvolvida para web ou desktop. Com ele é possível consumir um Serviço Web normalmente.

Ela tem sido uma ótima alternativa para projetos de aplicações para Android onde o Serviço Web faz todo o processamento pesado em um servidor e mantém a base de dados, não sobrecarregando o celular ou tablet.

A figura 8 apresenta a integração entre um aplicativo para Android e um Serviço Web em um servidor



Fig. 8. Comunicação entre cliente (Android) e servidor (Serviço Web - <http://www.decom.ufop.br/imobilis/?p=1220> - Acessado em 24/02/2014 [17]

IV. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O desenvolvimento do projeto tem como finalidade apresentar uma solução web (Serviço Web), que fará acessos a uma base de dados que poderá ser consultada por um dispositivo móvel, como um tablet ou smartphone remotamente por uma rede de computadores local ou Internet. O servidor escolhido para rodar o Serviço Web foi o Oracle Glassfish, por ser facilmente integrado com os IDEs Netbeans e Eclipse.

Para o Cliente o sistema operacional escolhido foi o Android, por ser o mais utilizado e encontrado atualmente.

A. Desenvolvimento do Serviço Web

InatelCalc - O Serviço Web desenvolvido foi uma calculadora de pontos necessários para ser aprovado nas disciplinas do Inatel.

O servidor Serviço Web recebe do cliente Android, os parâmetros NP1 (Nota parcial 1) e NP2 (Nota Parcial 2) e em seguida realiza o cálculo da NPA (Nota Parcial de Aproveitamento) retornando ao aplicativo na mão do usuário.

Para tal, existem as seguintes condições:

- $NPA \geq 60$, o Serviço Web retorna para o cliente uma mensagem “Parabéns você foi aprovado nesta disciplina!” e também sua NFA (Nota Final de Aproveitamento), $NFA = NPA$.
- $NPA < 30$, o Serviço Web retorna para o cliente uma mensagem “Você foi reprovado nesta disciplina!” e também sua NFA (Nota Final de Aproveitamento), $NFA = NPA$.
- $30 \leq NPA < 60$, o Serviço Web retorna para o cliente uma mensagem “Você deve fazer NP3”, quantos pontos são necessários na NP3 e também sua NPA (Nota Parcial de Aproveitamento), neste caso $NPA = NPA$.

Na classe CalcInatel, foi implementado o método calcNPA para a realização do cálculo da NPA.

```

CalcInatel.java
package org.ws.calcinatel;

public class CalcInatel {

    //Efetua a soma das duas notas NP1 e NP2 e divide por 2 = NPA
    public double calcNPA(double i, double j){

        double NPA;

        NPA = (i + j)/2;

        return NPA;
    }
}

```

Fig. 9. Implementação da Classe CalcInatel.



Fig. 10. Cliente Android consumindo o Serviço Web.

V. CONCLUSÕES

Atualmente, com o grande volume de informações existente na Web, é cada vez mais necessária a troca de informações entre sistemas, tornando as parcerias realmente possíveis de acontecerem, e ao estalar de dedos. Um bom exemplo de uso desta tecnologia são as lojas virtuais, ou seja, quando um cliente faz uma compra de um produto em uma loja, diversos serviços web são invocados, possibilitando, por exemplo, o cálculo automático de valores de fretes de entrega, o pagamento por cartão de crédito, dentre outros.

Serviço Web é a solução mais viável para integração de sistemas, pois para que isso seja possível não é necessário conhecer a plataforma na qual o software foi desenvolvido e nem o sistema operacional onde ele está implantado. Através desta tecnologia é possível que novas aplicações possam interagir com aquelas já existentes e sistemas desenvolvidos em plataformas diferentes sejam compatíveis.

Para tanto, entender o funcionamento e a construção de Serviços Web, desenvolvimento de aplicativos android e a biblioteca KSOAP, é extremamente interessante e vai muito além de apenas utilizar um Serviço Web pronto. Neste emaranhado de tecnologias existem muitos conceitos e muita coisa a se fazer.

Dentro do que foi proposto, o projeto atendeu as expectativas e serve como um modelo de integração interessante e que neste momento cresce muito. Apesar dos dispositivos móveis evoluírem absurdamente, ainda é

importante que processamentos pesados e grandes bases de dados sejam realizados e mantidos por servidores próprios e o melhor, na Internet, garantindo ainda mais a mobilidade.

REFERÊNCIAS

- [1] MOGHA Rashim, PREETHAM V. V., Java Web Services Programming, Ed. Wiley
- [2] DEITEL, H. M. e DEITEL, P. J. Java Como Programar. Editora Pearson Prentice Hall
- [3] SIERRA K. & BATES B. Use a Cabeça - Java. Editora Alta Books
- [4] GOMES Daniel Adorno, Web Service SOAP em Java. Editora Novatec
- [5] KALIN, Martin. Java Web Service: Implementando. Editora Alta Books
- [6] www.imasters.com.br/artigo/4245/web-services
- [7] www.devmedia.com.br/consumindo-webservices-em-aplicacoes-android
- [8] www.javaworld.com/article/2074517/mobile-java/access-web-services-from-wireless-devices
- [9] <http://www.decom.ufop.br/imobilis>
- [10] <http://www.linhadecodigo.com.br/artigo/562/web-services-criacao-publicacao-e-clientes.aspx>
- [11] <http://zbra.com.br/tag/ksoap2>
- [12] <http://ksoap2.sourceforge.net/>
- [13] CHAPPELL David, JEWELL Tyler, Java Web Services, Ed O'Reilly
- [14] CERAMI, Ethan, Web Services Essentials. Distributed Applications with XML-RPC, SOAP, UDDI & WSDL, Ed. O'Reilly Media
- [15] <http://msdn.microsoft.com/pt-br/library/cc564871.aspx>
- [16] <http://www.itcsolutions.eu/2011/09/28/how-to-connect-to-a-net-web-service-from-a-j2me-midlet-using-ksoap-2/>
- [17] <http://www.decom.ufop.br/imobilis/?p=1220>

Nanotecnologia na Oncologia

Alessandra Severini de Souza Moreira

Jéssica Maria Rodrigues

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
alessandram@geb.inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
jessicar@geb.inatel.br

Resumo—Este documento contém informações de estudos sobre a nanotecnologia, principalmente voltado para a oncologia e outras áreas médicas. Assim como a história, as aplicações, seus benefícios e possíveis danos que danos que esta pode causar.

Palavras chave— Aplicações, diagnóstico, nanotecnologia, oncologia, tratamento.

I. INTRODUÇÃO

Nanotecnologia é a capacidade de criar objetos a partir da organização dos átomos da forma desejada. É definida também como a tecnologia dos materiais, processos e produtos cujas dimensões estão na faixa de 0,1 a 100nanómetros.

Hoje engloba muitas áreas de pesquisa, dos diversos setores da indústria e das áreas estratégicas.

O propósito deste documento é fornecer informações sobre a nanotecnologia voltada na área médica, que vem sendo empregada de diversas formas, como na detecção de doenças, transporte de fármacos e captação de sinais através de nanosensores.

II. A NANOTECNOLOGIA

A. História

As primeiras ideias acerca do tema miniaturização foram apresentadas no final de 1959 por Richard Feynman. Porém, a criação e utilização da palavra “nanotecnologia” foi feita em 1974 por Norio Taniguchi, da Universidade de Tóquio. [1]

Durante uma palestra para a Sociedade Americana de Física em 1959, o físico americano Richard Feynman (1918-1988) apresentou seu projeto para uma nova pesquisa. O estudo era baseado na possibilidade de poder organizar os átomos da maneira que desejarmos, mas essa idéia era muito avançada para época. Após trinta anos, a descoberta de Feynman toma forma na ciência do muito pequeno, a nanotecnologia. [2]

A pergunta de Richard Feynman foi: O que aconteceria se pudéssemos mover os átomos? Obteve uma resposta que foi dada pelos cientistas que os pesquisavam hoje. Segundo os cientistas, através de uma provável manipulação da movimentação do átomo, seria possível construir supercomputadores que caibam no bolso, colocar microssondas para fazer testes sanguíneos dentro do corpo

humano, etc. Tudo isso gira em torno de previsões e suposições, as quais poderão torna-se realidade em aproximadamente uma década. [2]

B. Aplicação na oncologia

A nanotecnologia vem sendo empregada na forma de nanopartículas, nanoestruturas e nanomateriais para diagnóstico e terapia do câncer.

Na detecção do câncer, a nanomedicina é empregada no transporte de fármacos que coram as células cancerígenas, diferenciando-as das demais; já na terapia oncológica, existem os nanofármacos que podem se direcionar de forma passiva (onde os fármacos são encaminhados para o local do tumor) e de forma ativa (onde distribui os fármacos apenas nas células tumorais), a fim de retardar o crescimento ou matar as células lesadas.

Os grandes diferenciais entre os tratamentos empregando nanotecnologia e os tratamentos convencionais são a cura de forma menos invasiva, aplicação de terapias direcionadas com menos efeitos secundários (como danificar as células saudáveis do organismo), diminuir a toxicidade das drogas e possibilidade de um diagnóstico precoce.

C. Outras aplicações médicas

A nanotecnologia na medicina tem como base de todos os tratamentos a mesma forma de aplicação que apresentada anteriormente.

Tanto em detecção de uma doença quanto no tratamento da mesma a nanotecnologia é empregada como carregadores de fármacos que interagem com o local exato da doença, possibilitando o diagnóstico e/ou tratamento da mesma.

Pode ser usada na Engenharia de tecidos onde são criados e implantados órgãos e próteses. Ainda pode ser aplicada à área da estética controlando o envelhecimento através de estimulações por meio de fármacos em contato com a pele.

III. CONCLUSÕES

Um dos grandes problemas que poderá ser gerado pela nanotecnologia é a nanopoluição, gerada por nanomateriais ou durante a confecção destes. Esse tipo de poluição, composta por nanopartículas, pode ser mais perigosa do que a poluição existente no planeta, uma vez que pode flutuar facilmente pelo ar viajando por grandes distâncias. Pelo fato dos nanopoluentes não existirem na natureza, provavelmente as células não terão as armas necessárias para lidar com eles,

provocando danos ainda não conhecidos. [3]

Apesar dessas suspeitas, a nanotecnologia ainda tem muito a ser estudada, pois há muitos benefícios em sua atuação em diversas áreas, até mesmo fora da medicina.

REFERÊNCIAS

- [1] <http://pt.scribd.com/doc/74093004/Nanotecnologia><http://www.brasilecola.com/informatica/nanotecnologia.htm>
- [2] http://www.univar.edu.br/revista/downloads/biomateriais_biocompatibilidade_multidisciplinar.pdf
- [3] <http://moraescomputadores.blogspot.com.br/>
- [4] <http://www.nanotechdobrasil.com.br/o-que-e-nanotecnologia/>
- [5] <http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2013/03/saiba-o-que-e-nanotecnologia-e-como-ela-pode-mudar-o-futuro.html>
- [6] <http://nanotecnologia-nanotecnologia.blogspot.com.br/2006/04/nanotecnologia-quando-surgiu.html>
- [7] <http://www.brasilecola.com/informatica/nanotecnologia.htm>
- [8] <http://www.artigos.com/artigos/exatas/tecnologia/nanotecnologia-101/artigo/#.UWf6L6Lvffl>
- [9] <http://www.tecmundo.com.br/amd/2539-o-que-e-nanotecnologia-.htm>
- [10] <http://www.inovacao.unicamp.br/especial/nanotech/nanocelso.html>
- [11] http://www.ufrj.br/detalha_noticia.php?codnoticia=2240

Pâncreas Eletrônico

Rinaldo Duarte Teixeira de Carvalho

Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel
rinaldo@inatel.br

Nathália Carletti Soares

Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel
nathalia@gec.inatel.br

Greice Kelle Viegas Saraiva

Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel
ynoguti@inatel.br

Cristiane Siécola de Oliveira

Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel
cristianesiecola@geb.inatel.br

Resumo—Este documento contém informações sobre o uso e do “Pâncreas Eletrônico” e a importância deste na vida dos pacientes com diabetes, mostrando, também, a facilidade do produto, o conforto e a praticidade de quem o usa para o controle da quantidade de insulina.

Palavras chave— Insulina, diabetes, controle, paciente.

I. INTRODUÇÃO

O presente artigo tem a finalidade de apresentar o estudo e desenvolvimento teórico, no Brasil, com menor custo, de um aparelho que visa melhorar a qualidade de vida de pessoas diabéticas, consequentemente evitando os riscos de mortalidade. Este aparelho, pequeno, conhecido como bomba de infusão de insulina fica localizado na cintura, possui um reservatório de insulina artificial e sua aplicação é feita com recomendações médicas. Apresenta, também, o conforto e a praticidade do aparelho na vida dos diabéticos.

I. “PÂNCREAS ELETRÔNICO” E DIABETES

A. Praticidade na vida dos diabéticos

A vida de um diabético já não é fácil, devido a preocupação com dietas, com medições da glicose, e muitas vezes, a glicose pode subir de surpresa. A praticidade deste aparelho está em medir a glicose de acordo com as recomendações médicas, sendo, a glicose, medida de acordo com a necessidade de cada paciente sem ter que espetar a agulha todo tempo ou correr o risco de esquecer. É preciso seguir a dieta do nutricionista, mesmo com o aparelho, já que a insulina aplicada não tem a mesma eficácia da insulina produzida pelo nosso próprio corpo.

B. Conforto para diabéticos

O Conforto está na parte em que o aparelho estará sempre com o paciente. Pode-se praticar exercícios, já que o aparelho é pequeno e leve, e, também, o problema conhecido como

fenômeno do amanhecer, ocorrido entre 4 e 8 horas da manhã, pode ser resolvido com o aparelho.

C. Tipos de insulina

Algumas insulinas que podem ser colocadas no reservatório, específica para da paciente.

TABELA I
TIPOS DE INSULINA.

TIPOS DE INSULINA	DURAÇÃO DE AÇÃO
Ação ultra-curta	2~4h
Curta duração	4~8h
Ação intermediária	22h
Ação de longa duração	30h
Bifásicas ou pré-misturadas	Até 24h

II. CARACTERÍSTICAS

A. Fluxograma

O projeto começa com um menu inicial pronto para que um médico o programe de acordo com as necessidades do paciente. É colocada a hora em que este aparelho precisará fazer a leitura da glicose, a quantidade de insulina que será necessária e quando será aplicada a dosagem.

Feito isso, o aparelho fará as leituras nas horas programadas, e, caso a glicose esteja acima da faixa determinada pelo médico, é aplicada a quantidade necessária de insulina. O aparelho, então, aguarda uma hora para que volte a ler a glicose, para então voltar a programação do médico.

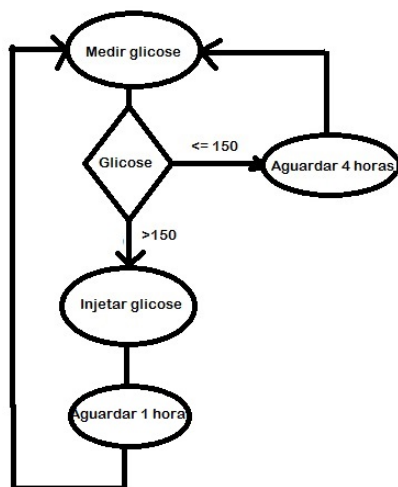


Fig. 1: Fluxograma pâncreas eletrônico

B. Hardware

“Pâncreas eletrônico” é um aparelho pequeno que possui um reservatório de insulina e é localizado na cintura ligado ao corpo por uma agulha flexível conectada a um cateter finíssimo, esta agulha deve ser trocada a cada dois ou três dias para evitar obstruções.

Ao lado desse cateter encontra um biossensor que através de reações químicas envia os dados ao aparelho mostrando o nível de glicose no sangue, assim o aparelho realiza os cálculos e é determinada a quantidade de glicose que será inserida ao paciente. Essa quantidade de insulina liberada

é programada pelo médico, 24 horas por dia, tentando imitar o funcionamento do pâncreas de uma pessoa comum.

III. CONCLUSÕES

Ao final deste trabalho, conclui-se que a “Bomba de Insulina”(Pâncreas Eletrônico) precisa de um estudo mais aprofundado, tanto na parte de hardware quanto na parte de software. De acordo com nossas pesquisas, a realização do produto, de baixo custo e prático, ajudaria o paciente com diabetes, lembrando que o produto é apenas para uma melhora de vida do paciente, pois a quantidade de insulina é calculada específica, não correndo assim, o risco de receber uma dosagem além da necessária para o determinado paciente. O regime do diabetes tem que ser obedecido, já que a insulina aplicada não é tão eficaz quanto a produzida pelo próprio organismo.

REFERÊNCIAS

- [1] Fórum Enfermagem. 13 abril 2013. Disponível: <<http://www.forumenfermagem.org/>>
- [2] F. F. F. Presidente. ANAD – Associação nacional de Assistência aos diabéticos. 13 abril 2013. Disponível: <<http://www.anad.org.br/INSTITUCIONAL/TIPOS.ASP>>
- [3] Minha Vida. O que é diabetes – Saiba mais sobre a doença. 19 julho 2007. Disponível: <<http://www.minhavidade.com.br/saude/materias/1531-o-que-e-diabetes>>
- [4] D. Varela.Dr. Drauzio. 18 março 2013. Disponível: <<http://drauziovarella.com.br/diabetes/diabetes/>>
- [5] Portal Diabetes. 11 maio 2013. Disponível: <<http://www.portaldiabetes.com.br/conteudocompleto.asp?idconteudo=3267>>
- [6] Educação com diabetes. 4 maio 2010. Disponível: <<http://www.educacaoemdiabetes.com.br/2010/03/04/injetar-insulina-diariamente-sem-uso-de-agulhas-ja-e-uma-realidade-em-alguns-paises/>>

Colchão para detecção das Úlceras por pressão em pacientes acamados

Leticia Lopes de Siqueira

Stéfani Cássia Fonseca Dias

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
leticialopes@geb.inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
stefanicassia@geb.inatel.br

Resumo—Este documento contém informações sobre Úlceras por Pressão (UPP), que devido a ser um problema de saúde pública, tem vindo a centrar a atenção da comunidade científica da área da saúde. Este artigo foca-se na prevenção, já que constitui um aspecto crucial do seu controle, desenvolvendo um protótipo para o estudo a partir da temperatura, sendo feito por sistemas de sensores.

Palavras chave— Úlceras por pressão, sensores, temperatura, saúde, prevenção.

I. INTRODUÇÃO

O propósito deste documento é apresentar os resultados das pesquisas feitas ao se desenvolver um protótipo capaz de criar um sistema automático de alarme/detecção de úlceras por pressão. Este dispositivo auxiliará o profissional da saúde a verificar as áreas que estão hipertérmicas [15] que consequentemente reduz a tolerância da pele à isquemia, devido ao aumento da exigência de oxigénio em tecidos já hipóxicos [16]. E este poderá proteger melhor o paciente e impedir o desenvolvimento de úlceras por pressão.

II. DESENVOLVIMENTO

A magnitude do problema das úlceras por pressão (UPP) tem levado à articulação de recursos e conjugação de esforços no sentido de diminuir a sua incidência e prevalência. As UPP são áreas de lesão tecidular localizada, da pele e dos tecidos subcutâneos, geralmente sobre proeminências ósseas do corpo em pessoas que permanecem imóveis numa mesma posição durante um “certo” período.

Na maior parte dos casos, um compromisso sensorial, nas regiões do corpo que se encontram em contato com a superfície, ou a incapacidade motora para mudar de posição regularmente de forma autônoma, provoca uma irrigação sanguínea insuficiente, por oclusão capilar, resultando hipóxia e, se suficientemente persistente, consequente sofrimento e morte celular, originando assim as UPP.

Um olhar sobre a etiologia das úlceras por pressão levou a constatar que existem distintos fatores, intrínsecos e extrínsecos ao organismo humano que influenciam o aparecimento deste problema, fundamentalmente em pessoas debilitadas com alterações da mobilidade e sensibilidade.

Assiste-se a um grande desenvolvimento tecnológico, associado à criação de dispositivos com funções de monitorização e controle de fatores extrínsecos, como por exemplo a temperatura exercida nas partes do corpo em contato com as superfícies de suporte.

Atendendo a que um dos sinais precoces da lesão tecidular é o aumento da temperatura corporal, uma solução que determine a sua alteração revela-se uma mais valia para a detecção precoce das UPP. Neste sentido, a alteração da temperatura corporal num determinado ponto de contato suscitaria uma situação de sofrimento tecidular, pelo que estaria indicada a pronta alteração de postura restabelecendo, deste modo, a irrigação sanguínea da região.

A presente dissertação descreve o estudo desenvolvido para a construção de um sistema automático de alarme/detecção de úlceras por pressão.

O sistema de monitorização é constituído pela matriz de sensores, pelo circuito de aquisição de dados da matriz, por um sistema de transmissão e um sistema de visualização dos dados da matriz.

São apresentadas, neste trabalho, a matriz de temperatura, com 8 sensores, inicialmente.

O sistema em estudo poderá contribuir para a monitorização da temperatura, em pessoas com limitações motoras graves, designadamente acamados, doentes sob efeito de sedativos ou anestesia, durante cirurgias prolongadas e pós-operatório, doentes e utilizadores em geral que se deslocam em cadeiras de rodas, apresentando-se como um recurso na detecção das úlceras por pressão e auxiliando os cuidadores a preveni-las.

A. Úlceras por Pressão (UPP)

São definidas como áreas localizadas de morte celular, que se desenvolvem quando o tecido mole é comprimido entre uma proeminência óssea e uma superfície dura, por período de tempo prolongado.

Como problema clínico, as UPP têm sido intensamente relatadas ao longo da história. Provavelmente, sempre existiram na sociedade humana, como foi evidenciado pela descoberta de extensas UPP nas múmias do Egito. No entanto, elas não ocorrem em pessoas saudáveis, uma vez que a pressão prolongada e a isquemia, ao provocarem desconforto e dor, fazem com que a pessoa se movimente em busca de alívio, mesmo quando em sono profundo.

Os indivíduos mais susceptíveis às UPP [3] são, portanto, os que se encontram imóveis, confinados a uma cama ou à cadeira de rodas. Esta população não se restringe aos idosos, mas a toda a pessoa cuja percepção sensorial esteja comprometida, ou seja, aqueles não-aptos a detectar sensações que indiquem a necessidade de mudança de posição, como os indivíduos com paralisia, em coma, submetidos às cirurgias de grande porte, pós-trauma em sedação ou aqueles sob restrição mecânica com aparelhos gessados ou com trações ortopédicas. Todos esses fatores desencadeiam acentuada restrição da mobilidade corporal, favorecendo o aparecimento das UPP.

A fisiopatologia das UPP [4] estabelece localizações preferenciais. Desse modo, são as regiões de proeminências ósseas, como o sacro, cóccix, trocânter e calcâneo, aquelas particularmente vulneráveis à sua formação. Aproximadamente 60% das UPP desenvolvem-se em áreas da pelve.

Quanto mais avançado é o estadiamento das UPP, mais difícil e de alto custo é o tratamento. Aproximadamente 60.000 pessoas morrem anualmente nos EUA, devido a essas complicações. Além das graves complicações associadas aos estados mais avançados, que aumentam os índices de mortalidade, e aos elevados custos, as UPP representam um intenso sofrimento físico e emocional do doente, agravando o seu estado geral, reduzindo a sua independência e interferindo no processo de cura, além de representar um desafio constante para os profissionais de saúde.

B. Fatores que levam ao desenvolvimento das UPP

Fatores como o edema, o stress emocional e a temperatura da pele são mencionados como hipotéticos intervenientes na etiologia das UPP.

Fisiopatologicamente explica-se que as UPP podem surgir em poucas horas, quando o suprimento sanguíneo das camadas cutâneas é reduzido.

Os fatores intrínsecos [12], como a idade, imobilidade, alteração do nível de consciência, diminuição da sensibilidade à dor, desidratação, alterações respiratórias, hipertermia, uso de medicamentos (analgésicos, esteróides e sedativos) e a presença de doenças crônicas como o diabetes, são também citados, na literatura, como fatores de risco para o desenvolvimento das UPP. A hipertermia [15] tem sido frequentemente associada ao desenvolvimento das UPP, na medida em que a elevação de 3°C na temperatura corporal normal reduz a tolerância da pele à isquemia, devido ao aumento da exigência de oxigênio em tecidos já hipóxicos [16].

C. Temperatura

Quando a temperatura ambiente está entre os 20 °C e os 40°C, a circulação de sangue é estimulada, e portanto a formação de úlceras de pressão é reduzida [19]. Quando a temperatura ambiente é superior aos 42 °C, o tempo de exposição de formação da úlcera decresce rapidamente.

Como foi explicado anteriormente, a elevada temperatura ambiente e a humidade levam ao aparecimento da transpiração. A transpiração inicialmente provoca um aumento

da fricção e do cisalhamento, o que leva à redução do valor de pressão permitida para evitar o desenvolvimento da úlcera. No entanto, quando uma grande quantidade de suor fica acumulada na pele, como resultado de uma longa exposição à temperatura, a fricção e o cisalhamento na pele diminuem, devido ao efeito da lubrificação através do suor e consequentemente é tolerada um nível de pressão superior sem prejudicar a pele.

D. Circulação sanguínea e temperatura da pele

A isquemia ocorre quando a circulação sanguínea nos tecidos é inadequada, originando a morte das células e a necrose dos tecidos. Quando um paciente é reposicionado, a pele que esteve sob pressão será reperfundida [21].

Normalmente, a reperfusão depois da estagnação de circulação sanguínea causada pela pressão externa, origina uma hiperemia reativa e a restauração de um tom vascular normal pode ser medido pela temperatura da pele [15], [23].

Uma excelente reperfusão foi demonstrada em pacientes saudáveis cuja temperatura posterior à pressão aumentou em média 3,4 °F (1,89 °C) ($p = 0,01$) comparada com a temperatura antes de ser efetuada a pressão. Após 2 horas de pressão constante, o mesmo estudo mostrou que havia uma boa reperfusão nos pacientes em cuidados intensivos, que se conseguiam mover sozinhos, a sua temperatura da pele após a pressão, aumentou ($p = 0,03$) 0,83 °F (0,46 °C).

No entanto, após a pressão, a temperatura da pele dos pacientes que não se moviam sozinhos não aumentou. A pouca ou nenhuma mudança entre as temperaturas antes e depois da pressão, pode querer dizer que existe uma má reperfusão do tecido [18].

E. Como prevenir a UPP

Rapidamente, e de uma forma simplificada, compreende-se que as medidas de prevenção incidem sobre a anulação ou minimização dos fatores atrás referidos como importantes fatores etiológicos, a pressão, a tolerância tecidual, a mobilidade entre outros. Paradoxalmente, apesar de se considerar que 85% das UPP são preveníveis [23], hoje assiste-se a uma alta taxa de mortalidade e morbilidade por UPP. Esta constatação leva vários autores a debruçarem-se sobre este problema enaltecendo a prevenção como o mais eficiente método de intervenção [24].

O primeiro passo para a implementação de medidas preventivas é o reconhecimento dos doentes de risco para o desenvolvimento das UPP. A pesquisa realizada permitiu constatar que existem vários instrumentos de medida que possibilitam prever o risco de uma pessoa desenvolver UPP.

F. Relação das Úlceras de Pressão com a Temperatura

De acordo com o National Pressure Advisory Panel (NPUAP) a temperatura é identificada como um indicador táctil do desenvolvimento de uma úlcera de pressão [18]. A medição da temperatura tem sido estudada, como uma maneira de identificar as áreas que estão em risco de desenvolver uma úlcera de pressão.

Foi feito um estudo, com o objetivo de avaliar as diferenças de temperatura entre as áreas do eritema e de tecido saudável à volta do mesmo.

Analisando as diferenças de temperatura entre os locais onde se encontrava o eritema, a temperatura no tecido saudável e à volta do mesmo, verificaram que o eritema podia estar mais frio ou mais quente que o tecido bom. Em 62% dos locais, onde estava o eritema, houve um aumento da temperatura. O que vem ajudar a comprovar que o eritema, especialmente o aparecimento das úlceras de grau I, envolvem respostas fisiológicas, que fazem com que haja um aumento da temperatura, incluindo um aumento de perfusão ou até uma resposta inflamatória. No entanto, em 23% dos casos o local do eritema estava mais frio que a zona saudável circundante. O que representa uma resposta sistemática diferente para certos tipos de úlceras de grau I. Em casos onde a “microvasculature” está danificada, o sangue fica estagnado nessas zonas, causando assim uma diminuição da temperatura.

Quer o aumento ou a diminuição da temperatura podem ser utilizados para indicar se existe algum problema na pele, mas poderá haver na mesma um problema caso não haja diferença de temperatura. Embora esta conclusão pareça limitar a medição de temperatura com uma ferramenta de diagnóstico clínico, pode ainda ser considerada como um indicador útil da existência de eritema em alguns casos [22].

Sobre a relação das úlceras com a temperatura foi realizado um estudo em porcos. Este foi feito com o intuito de ajudar a prevenir e tratar as úlceras por pressão e também, perceber a relação entre a temperatura, a pressão e o tempo.

Os autores deste estudo retiraram dados importantes para o desenvolvimento de um dispositivo que analisa a temperatura em várias camadas de tecido, notando que uma diminuição de temperatura de 4 °C – 5 °C na camada mais funda de tecido (músculo) fornecerá proteção suficiente para todas camadas [22].

O rácio da temperatura T^* , do músculo comprimido sobre a do músculo não comprimido, nos animais, caiu cerca de 10% após 10 minutos (a temperatura atual do músculo comprimido diminui $2,4 \pm 0,3$ °C, quando comparada com a do músculo não comprimido) e de seguida T^* estabilizou. Isto quer dizer que os capilares ficaram obstruídos, ou pelo menos substancialmente obstruídos entre 10 minutos desde o tempo em que a pressão se iniciou. Este resultado vai de encontro com dados previamente publicados que mostraram que, após 15 minutos de uma pressão de 32 KPa ou superior, o tecido muscular ficava danificado [23].

G. Sensores de Temperatura – Termistores

Os termistores apresentam grande variação da resistência de seu material semicondutor com a temperatura, devido à variação do número de portadores de cargas e à mobilidade destes. A utilização frequente deste tipo de sensores deve-se ao seu baixo custo, pequenas dimensões e o seu coeficiente de temperatura, que é bem maior do que o da termoresistência de platina [22].

O termistor é um componente destinado a medir variações de temperatura. Devido à importância que esta variável exerce em inúmeras áreas, seja o funcionamento de

máquinas, a realização de experiências ou o fabrico de diversos tipos de produtos, a sua monitorização é essencial.

Existem dois tipos de termistores, os NTC (Negative Temperature Coefficient) e os PTC (Positive Temperature Coefficient), assim classificados de acordo com sua resposta em função da temperatura. Os termistores NTC são os modelos mais comuns e são feitos de materiais semicondutores simples. O valor da sua resistência diminui quando a temperatura aumenta, ou seja, têm um coeficiente de temperatura negativo.

Os termistores PTC são mais difíceis de serem encontrados, pois são constituídos por elementos mais complexos, logo mais caros. O seu comportamento é contrário ao do NTC, pois o aumento da temperatura faz com que a sua resistência também aumente.

Durante a utilização do termistor é importante ter em consideração que este componente apresenta uma gama limite de funcionamento. A temperatura adequada para a sua utilização varia de acordo com o fabricante e, caso não seja possível obter essa informação, é recomendado não expor o componente a temperaturas acima de 100° C, que é o limite de alguns componentes disponíveis no mercado. Como o termistor é um sensor resistivo, para efetuar a medição da temperatura, é feita uma ligação em série com outra resistência. O valor da tensão V_0 , irá variar de acordo com a variação da temperatura.

Ao utilizar um termistor NTC, verifica-se que, com o aumento da temperatura, haverá um aumento da tensão de saída V_0 . De acordo com a fórmula do divisor de tensão, quanto menor for o valor de resistência do termistor, maior será a tensão de saída. No lugar da resistência R_2 , pode ser colocada uma resistência de qualquer valor, desde que não seja muito baixo, para que a corrente elétrica no divisor de tensão não seja alta. Este é um dos métodos mais simples para medir a variação da temperatura através de um termistor [35].

Para a escolha do termistor mais adequado, a ser utilizado no sistema, vários fatores foram tidos em conta como: o valor da resistência, a tolerância do valor da resistência, o valor de beta (constante do material do termistor), a temperatura máxima de operação, o custo e as dimensões do componente.

III. OBJETIVOS

Criar um sistema automático de alarme/detecção de úlceras por pressão foi o principal objetivo deste estudo.

Para que o mesmo fosse alcançado, foram estabelecidos vários objetivos específicos:

- Compreender o conceito de úlcera por pressão;
- Conhecer os fatores etiológicos e respectivos parâmetros de medida, das úlceras por pressão;
- Estudar os componentes utilizados nos sistemas de medição da temperatura;
- Desenvolver um sistema de monitorização e alarme de temperatura;
- Criar a interface de visualização dos dados.

O desenvolvimento deste sistema exigiu, em primeiro

lugar, a aquisição de conhecimentos relacionados com a lesão tecidual o que proporcionou a compreensão da relação de alguns dos fatores a ela associados. A análise dos componentes usados para a medição das variáveis em estudo permitiu desenvolver sistemas de monitorização de temperatura.

IV. CONCLUSÃO

O estudo mostrou que um simples sensor de temperatura combinado em um sistema de sensoriamento pode detectar e prevenir o aparecimento das úlceras por pressão. Através da alteração da temperatura do paciente no local de surgimento das feridas os profissionais da saúde poderão detectar e agir antes do surgimento da escara. A prevenção é de suma importância, pois além de evitar que os pacientes sofram com um outro problema além do que já ocasionou sua internação, reduz tempo e custo na recuperação do mesmo.

REFERÊNCIAS

- [1] Contemp, Termopares e Termorresistências, disponível em: <http://www.contemp.com.br/produtos/termopares-e-termorresistencias/>
- [2] Dra. Maria Helena Larcher Caliri, Úlcera por Pressão / Definição e Classificação, disponível em: http://www2.eerp.usp.br/site/grupos/feridascrônicas/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=4
- [3] ABC da Saúde, ÚLCERAS DE PRESSÃO, disponível em: <http://www.abcdasaude.com.br/artigo.php?626>
- [4] Débora Carvalho Meldau, Úlceras de Pressão, disponível em: <http://www.infoescola.com/doencas/ulceras-de-pressao/>
- [5] Dr. drauzio Varela, Escaras, disponível em: <http://drauziovarella.com.br/letras/e/escaras/>
- [6] Gino Material Hospitalar, Colchão Pneumático - Sistema de prevenção de escaras, disponível em: <http://www.gino.com.br/index.php/produtos/colchoes-e-protetores/colchao-pneumatico-sistema-de-prevencao-de-escaras-detail?gclid=CJ7n0OeybwCFURk7Aod2nYAVQ>
- [7] ShopMedical, disponível em: <http://www.shopmedical.com.br/cat/prevencao-de-escaras/>
- [8] Metrol, ULTRA PRECISION POSITIONING SWITCHES, disponível em: http://toolsensor.com/products/product_p/?gclid=CPKOIYmzybwCFQ_17AodXmcAxw
- [9] Mayo Clinic Staff, Bedsores (pressure sores), disponível em: <http://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/bedsores/basics/definition/con-20030848>
- [10] A1Med, Early Detection of Pressure Ulcers and Management of Chronic Wounds, disponível em: http://a1med.net/pressure_ulcer_detection.html
- [11] Prevent Senior, vendas, disponível em: <http://www.preventsenior.med.br/atendimento/?pln=cbe&act=vp>
- [12] The National Pressure Ulcer Advisory Panel, Pressure Ulcer Prevention Points, disponível em: <http://www.npuap.org/resources/educational-and-clinical-resources/pressure-ulcer-prevention-points/>
- [13] NHS Choices, Preventing pressure ulcers, disponível em: <http://www.nhs.uk/Conditions/Pressure-ulcers/Pages/Prevention.aspx>
- [14] American Academy of Family Physicians, Pressure Ulcers: Prevention, Evaluation, and Management, disponível em: <http://www.aafp.org/afp/2008/1115/p1186.html>
- [15] PURAP, disponível em: <http://getpurap.com/?gclid=CJqF1bC0ybwCFSX17Aod8zMAKQ>
- [16] Janet Cuddigan PhD, RN, CWCN, CCCN; Dan R. Berlowitz MD, MPH; Elizabeth A. Ayello PhD, RN, CS, CWOCN, Advances in Skin & Wound Care: The Journal for Prevention and Healing, disponível em: http://www.nursingcenter.com/Inc/journalarticle?Article_ID=431272
- [17] NHS Choices, Treating pressure ulcers, disponível em: <http://www.nhs.uk/Conditions/pressure-ulcers/Pages/treatment.aspx>
- [18] Don R Revis Jr, MD Consulting Staff, Department of Surgery, Division of Plastic and Reconstructive Surgery, University of Florida College of Medicine, Decubitus Ulcers Treatment & Management disponível em: <http://emedicine.medscape.com/article/190115-treatment>
- [19] European Pressure Ulcer Advisory Panel (EPUAP) and American National Pressure Ulcer Advisory Panel (NPUAP), pressure ulcer prevention and treatment, disponível em: http://www.epuap.org/guidelines/Final_Quick_Treatment.pdf
- [20] Light for the World, MDF LAUNCHES COURSE ON MAINSTREAMING DISABILITY, disponível em: <http://www.lightfortheworld.nl/en/news/news-detail/2013/12/03/mdf-launches-course-on-mainstreaming-disability?gclid=CKyjmv0ybwCFVMV7AodcisAJg>
- [21] Connie Yuska, RN, M5, CORLN; U N DERSTAN DI NG RISK FACTORS in Pressure Ulcer Development and Wound Healing, disponível em: <https://www.medline.com/media/mkt/pdf/research/Wound-Skin-Care/understanding-risk-factors-pressure-ulcer-development.pdf>
- [22] Julieta Maria Ferreira ChaconI; Leila BlanesII; Bernardo HochmanIII; Lydia Masako FerreiraIV, Prevalência de úlcera por pressão em instituições de longa permanência para idosos em São Paulo, disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-31802009000400006&lang=pt
- [23] Tatiana Almeida BacarinI; Isabel C. N. SaccoI; Ewald M. HennigII, Plantar pressure distribution patterns during gait in diabetic neuropathy patients with a history of foot ulcers, disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-59322009000200008&lang=pt
- [24] J. Javier Soldevilla Agreda, STOP a las úlceras por presión To STOP pressure ulcers, disponível em: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1134-928X2010000200001&lang=pt

Estudo da aplicação da imagem infravermelha em pré-diagnóstico de processos inflamatórios em articulações

Fernanda de Souza Melo
Pereira

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
fpereira@geb.inatel.br

Marília Martins Bontempo

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
mariliamartins@gee.inatel.br

Rodrigo de Lima
Nascimento

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
rodrigo.lima@inatel.br

Resumo— A presente proposta consiste no desenvolvimento de um equipamento capaz de captar a radiação emitida pelo corpo humano na faixa do infravermelho longo, interpretá-la por meio de um software e auxiliar no processo de identificação das patologias Fibromialgia e Artrite Reumatoide em processos inflamatórios articulares.

Palavras chave— artrite reumatoide, imagem infravermelha, inflamações articulares, fibromialgia.

I. INTRODUÇÃO

Sentar, mexer as mãos, dobrar os braços ou agachar são movimentos os quais fazem uso das articulações. O aumento da expectativa de vida, assim como o surgimento do sedentarismo, criou um novo quadro de aparecimento de doenças que afetam a harmonia do sistema articular. Mais de um milhão de brasileiros já possuem as doenças artrite reumatoide e fibromialgia e cerca de 20% da população adulta apresentam doenças reumáticas [1].

Sabe-se que o diagnóstico precoce e correto, junto do acompanhamento médico adequado, minimiza as consequências provocadas por essas doenças.

No entanto, o caráter crônico da disfunção, aliado à semelhança com sintomas de outras patologias, pode dificultar a identificação correta da inflamação e de seu tratamento.

Este relato propõe uma maneira simplificada e prática de detectar a existência de inflamações provocadas pela ocasião da fibromialgia e da artrite reumatoide, bem como indicar a intensidade destas. O resultado pode ser conferido facilmente por um leigo, o qual passa a ter condições de se manter ciente de seu estado de saúde, procurando o devido profissional quando necessário.

II. A RADIAÇÃO INFRAVERMELHA

A energia térmica ou infravermelha possui um longo comprimento de onda e, por essa razão, não pode ser detectada pelo olho humano. No entanto, ela compõe o espectro magnético e é percebida pela pele em forma calor.

Todo e qualquer corpo com temperatura superior ao zero absoluto emite luz infravermelha. Dessa forma, a radiação

infravermelha emitida será tão maior quanto mais alta for a temperatura do objeto ou indivíduo em questão [2].

Um uso conhecido da radiação infravermelha é a termografia, a qual consiste na utilização de uma câmera para visualização/mensuração da energia térmica emitida por qualquer material.

A termografia é um método sem contato direto com a amostra e apresenta uma medição precisa de temperatura. Seu uso abrange áreas como controle de qualidade de produtos, segurança do trabalho, medicina e veterinária.

Dentro da área médica, o exame diagnóstico de termografia é importante para a identificação de doenças como o câncer, processos inflamatórios, fibromialgia, disfunções vasculares e lesões musculares [3]. Isso porque as mudanças termogênicas podem significar alterações fisiológicas, que, através da termografia, podem ser identificadas, tratadas e monitoradas.

Não obstante, o exame diagnóstico de termografia apresenta uma série de exigências de execução, como a temperatura do ambiente, que deve se manter rigorosamente controlada, cuidados com a alimentação do paciente, necessidade de interromper os exercícios físicos horas antes do exame, abster-se do sol, dentre outras.

O valor desse procedimento varia de R\$150,00 a R\$600,00, contando com a cobertura de planos de saúde apenas na cidade de São Paulo [4].

Dessa maneira, investir em novos métodos para a realização da termografia e da análise da radiação infravermelha representa um amplo avanço para a detecção de disfunções e inflamações articulares, através de meios que garantam a acessibilidade a todos e a praticidade de execução.

III. A FIBROMIALGIA

A Síndrome de Fibromialgia (SFM) é assinalada por dores musculares difusas pelo corpo de caráter crônico [5] e atinge de 2 a 5% da população adulta [6]. Essa anomalia acomete predominantemente mulheres, na faixa etária de 30 a 60 anos.

Ainda não existem relatos que comprovem a causa da Fibromialgia. Acredita-se que ela seja ocasionada em virtude de um trauma físico ou emocional, pelo desenvolvimento de uma resposta cerebral diferenciada aos estímulos da dor, por distúrbios do sono ou outras causas.

Já os sintomas são facilmente percebidos. A dor, por exemplo, é a principal evidência. As regiões doloridas são chamadas pontos de sensibilidade. Os pontos de sensibilidade se encontram no tecido mole da nuca, ombros, tórax, região lombar, quadris, canelas, cotovelos e joelhos [7]. A dor, pois, se espalha a partir dessas áreas (Figura 1).

Embora o paciente seja afetado por dores que parecem vir das articulações, essas não se alteram.

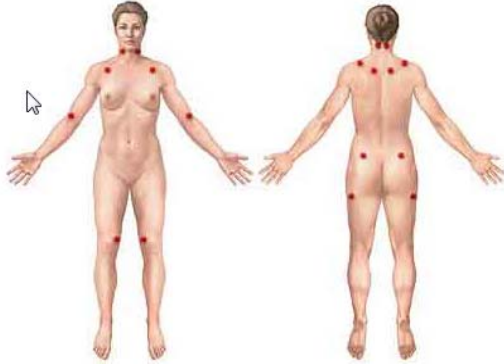


Figura 1 – Principais pontos de sensibilidade da fibromialgia [7]

Para que a fibromialgia seja diagnosticada, diversos procedimentos podem ser tomados, embora não se trate de uma descoberta trivial. O médico deve ficar atento aos sintomas do paciente e, após exames clínicos e neurológicos, descartar a possibilidade de miopatias e problemas neurológicos, as quais podem gerar a fraqueza muscular e o cansaço. Em seguida, analisam-se as estruturas musculares, ósseas e ligamentos, para eliminar qualquer suspeita de outras doenças. Para finalizar, 18 pontos dolorosos (há autores que preferem mencionar de 9 a 11) devem ser apalpados, para o diagnóstico completo.

Embora a termografia não caracterize um método definitivo para o diagnóstico clínico da fibromialgia, ela tem valor fundamental como um exame complementar em sua investigação, quando executada por profissionais devidamente habilitados [8].

IV. A ARTRITE REUMATOIDE

A Artrite Reumatoide (AR) é uma doença crônica e ataca principalmente as articulações, além de poder atingir diversas partes do corpo humano. Cerca de 0,5% a 1% da população mundial sofre dessa anomalia, sendo em média 3 vezes mais comum em mulheres [9].

Não há cura para a artrite reumatoide, muito embora essa possa ser controlada.

A causa exata da doença também não é identificada, mas alguns fatores estabelecem relação com sua origem. São eles: a hereditariedade, fatores ambientais – localização geográfica e clima- e tabagismo - o consumo de tabaco pode atuar como fator desencadeante [10].

Os sintomas incluem fadiga, perda de apetite, dores, rigidez muscular e articular prolongada, falta de energia, principalmente na parte matutina e após períodos de sedentarismo.

A artrite inflama comumente as articulações de forma simétrica em ambos os lados do corpo. Quando tais inflamações aparecem nas mãos ou nas pequenas articulações

dos pés, elas prejudicam atividades cotidianas como abrir frascos, girar uma maçaneta ou até mesmo caminhar.

Para que a artrite reumatoide seja diagnosticada, há a necessidade de um exame físico, realizado por um médico habilitado. Alguns exames podem também contribuir para o diagnóstico da doença, como exames de sangue e de imagem. São de grande valia radiografias das articulações, ultrassonografia ou ressonância das juntas, em caso de dúvida. Outros exames podem ser consideráveis nesse processo, como a termografia.

V. O PRÉ-DIAGNÓSTICO DE PROCESSOS INFLAMATÓRIOS

Diante dos significantes índices referentes aos casos das doenças fibromialgia e artrite reumatoide, bem como outras tantas inflamações e disfunções articulares, tem-se o desenvolvimento de um equipamento de rápida e simples identificação dessas patologias como ferramenta edificante para o cenário médico.

Para tal, tanto é necessário um instrumento capaz de mensurar temperaturas corporais em regiões específicas, quanto é importante a análise computacional dos dados levantados.

O estudo das tecnologias atuais relacionadas à obtenção dessas medidas culminou no uso de uma pilha térmica constituída de uma matriz de sensores termopares apta a captar a emissão infravermelha do corpo humano.

A. Hardware

Para a captação das temperaturas irradiadas pelo corpo humano, o sensor utilizado trata-se do ZTP101, produzido pela GE Healthcare. O sensor apresenta um filtro de entrada, que permite a passagem de sinais cujo comprimento de onda está entre 6 e 13μm. A medição é feita sem a necessidade de contato com a superfície. A área ativa do sensor é de 0,51x0,51mm² e sua faixa de temperatura de operação vai de -20°C a -100°C. O sensor ZTP101 é tipicamente utilizado em aplicações como termômetro para ouvidos e tímpanos, sistemas de HVAC – controle do conforto interno veicular, monitoramento de estações de energia, dentre outros setores[11].

Um teclado permite ao usuário informar a área de captação das medidas. Essas medidas, correspondentes à temperatura corpórea, são processadas através de um microcontrolador e armazenadas em uma memória não volátil.

A temperatura ambiente também é obtida através de um sensor de temperatura e, para valores de ambiente acima de 23°C, o sistema torna-se inválido [12].

O diagrama de blocos do sistema mencionado é ilustrado na figura 2.

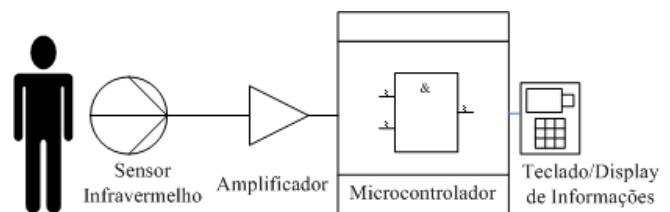


Figura 2 – Diagrama de blocos do sistema

B. Software

O software de análise para as temperaturas corporais segue algumas pesquisas previamente estabelecidas a respeito das anormalidades clínicas, de acordo com variações de temperatura corporal.

As áreas de medida definidas para a escolha do paciente são: cervical posterior e anterior, peitoral (tórax), torácica posterior, cubital anterior, lombar (dorsal inferior), quadril e joelhos.

Para cada área de medição, são efetuadas por padrão três medidas, oferecendo a possibilidade de refação da medida ou de colhimento de mais amostras.

Estudos comprovam que a variação térmica de 0,5°C entre a mesma localidade, porém tomada em avaliação as partes direita e esquerda são indicativas de disfunções dolorosas (SAIDMAN, 1948; STARY, 1956; UEMATSU et al., 1985b; UEMATSU et al., 1988) (Figura 3). Diferenças de temperatura superiores a 1°C invariavelmente são indicativas de anormalidades, segundo levantamento de 1.000 indivíduos por Dibenedetto et al. (2002).

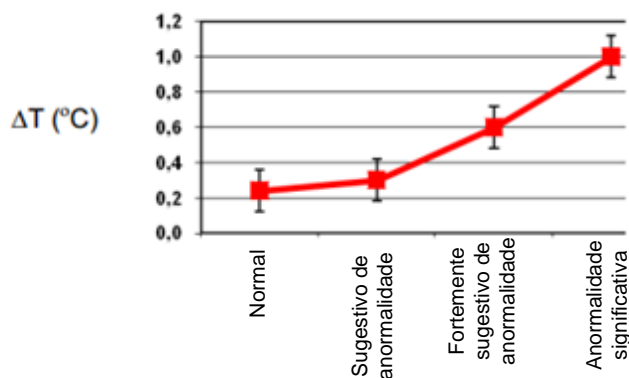


Figura 3 – Anormalidades clínicas de acordo com a variação da temperatura [13]

O grau de dor dos indivíduos também é exibido, mediante os padrões médicos seguintes (Tabela 1).

TABELA I - DIFERENÇA TÉRMICA ENTRE AS PERNAS EM PACIENTES COM DIFERENTES GRAUS DE DOR DISCOGÊNICA (P<0,01) (ZHANG ET AL., 1999).

Grupo	N. de pacientes	Diferença térmica (°C)
		$\Delta T \pm 2\sigma$
Leve	29	0,26±0,10
Moderada	57	0,39±0,19
Forte	68	0,60±0,26
Insuportável	20	0,98±0,41
Total	174	0,51±0,32

As temperaturas consideradas são normalizadas (Vargas et al., 2009). O cálculo para normalização é descrito pela equação 1:

$$\theta = \frac{T - T_{\infty}}{T_b - T_{\infty}} \quad (1)$$

Sendo T a temperatura da superfície cutânea, °C; Tb a temperatura central, °C, e T_∞ a temperatura ambiente, °C.

A variável θ é uma temperatura adimensional, conhecida na área de transferência de calor e combina a temperatura local medida com as temperaturas central e ambiente (POHLHAUSEN, 1921).

A temperatura central deve ser obtida por um instrumento de medição adequado, ou ainda considerada em padrão como 36,6±0,7°C.

VI. CONCLUSÃO

O sistema desenvolvido não substitui o diagnóstico médico para as doenças Artrite Reumatoide e Fibromialgia, assim como demais inflamações articulares. A sentença médica deve ser estabelecida através de exames específicos e análise promovida por um profissional especialista.

Todavia, o equipamento se mostrou capaz de indicar e quantificar dores nas regiões previamente indicadas pelo protótipo.

O uso de tal aparelho configura uma ferramenta de rápido laudo, fundamental para a utilização em pacientes debilitados, os quais se encontram impossibilitados de identificar por si próprios o local e a intensidade de dores nas articulações.

As aplicações do sistema elaborado abrangem ainda a área esportiva, em que lesões podem ser antecipadamente verificadas e quantificadas, evitando esforços demasiados, quando esses são contraindicados.

Vale ressaltar que qualquer indivíduo o qual deseje adquirir o produto, pode utilizá-lo sozinho, sem eliminar a necessidade de consultas médicas regulares para portadores de doenças articulares crônicas. Porém é possível garantir maior autonomia: o paciente torna-se capaz de saber da existência de inflamações, localizá-las e acompanhar o progresso dessas.

A primeira versão, proposta por este relato, deve ser submetida a uma nova bateria de testes completos a fim de proporcionar a criação de uma segunda versão: mais adaptada e coerente às necessidades médicas.

REFERÊNCIAS

- [1] “Reumatologia,” Reumatologia, 2012. [Online]. Disponível: <http://www.reumatologia.com.br/interna.php?cat=68&id=99&menu=68>.
- [2] “Flir,” FLIR Systems, [Online]. Disponível: <http://www.flir.com/thermography/americas/br/view/?id=55680>.
- [3] “Mundo sem dor,” Centro de Controle da Dor, [Online]. Disponível: <http://www.mundosemdor.com.br/termografia-exame-100-seguro-nao-tem-dor-e-nao-e-invasiva/>.
- [4] “Zero-hora,” Grupo RBS, [Online]. Disponível: <http://zerohora.clicrbs.com.br/rs/vida-e-estilo/bem-estar/noticia/2013/03/tem-dores-e-nao-sabe-por-que-a-termografia-pode-detectar-a-cao-4082842.html>.
- [5] A. N. B. d. Santos, “Efeitos da radiação infravermelho longo em pacientes portadores de síndrome da fibromialgia,” São José dos Campos, 2006.
- [6] “Fibromialgia: relato de caso,” Fisioweb, [Online]. Disponível: <http://www.fisioweb.com.br/porta/artigos/categorias/47-art->.
- [7] “Minha Vida: saúde, alimentação e bem-estar,” A.D.A.M Inc., [Online]. Disponível: <http://www.minhavidade.com.br/saude/temas/fibromialgia>.
- [8] “Parecer da ABRATERM referente diagnóstico da fibromialgia,” ABRATERM - Associação Brasileira de Termologia, 9 dezembro 2013.

- [Online]. Disponível: <http://www.abraterm.com.br/parecer-da-abraterm-referente-diagnostico-da-fibromialgia/>.
- [9] “Artrite Reumatoide,” Roche, [Online]. Disponível: <http://www.artritereumatoide.com.br/artrite-reumatoide/#o-que-e>.
- [10] “Artrite Reumatoide,” Roche Farmacêutica química Ltda, [Online]. Disponível: http://www.roche.pt/sites-tematicos/artrite-reumatoide/index.cfm/o_que_origem-e-causas/.
- [11] General Electric Company, *Thermopile IR Sensor Applications*, 2012.
- [12] M. L. Brioschi, L. T. Yeng, E. M. H. Pastor e J. M. Teixeira, “Utilização da Imagem Infravermelha em Reumatologia,” *Bras Reumatol*, vol. 47, n. 1, pp. 42-51, 2007.
- [13] M. L. Brioschi, “Metodologia de normalização de análise do campo de temperaturas em imagem infravermelha humana,” Curitiba, 2011.

Produção de Pululana a partir de Bagaço de Cana para Uso em Curativos

Francisco Eduardo de Carvalho
Costa

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
costafec@inatel.br

Nicoli Bernardes Costa

Instituto Nacional de Telecomunicações
– Inatel
nicoli@geb.inatel.br

Fernando Carlos Pagnocca

Universidade Estadual Paulista
Julio de Mesquita
pagnocca@unesp.br

Resumo—A pesquisa e a aplicação de medicamentos com princípios naturais vêm sendo cada vez mais desenvolvidas e procuradas a fim de tratar diversas patologias, tanto para os seres humanos quanto para os animais. Em vista disso, o presente trabalho teve como objetivo prospectar membrana à base de Pululana produzida em meio suplementado com bagaço de cana para serem usadas como curativo.

Palavras chave—Biocurativo, Pululana

I. INTRODUÇÃO

A pele é o maior órgão do corpo e apresenta importância clínica por refletir uma variedade de processos patológicos externos e internos. Trata-se de uma barreira de proteção do organismo, individualizando o meio interno, mas permitindo uma interação controlada frente ao meio ambiente, favorecendo a manutenção da temperatura, minimizando perdas de água e o ingresso de agentes físicos, químicos e microbianos.

Apesar dos recentes avanços em modelos de drogas, a química sintética e a biotecnologia promovem o desenvolvimento de drogas novas e potentes, sendo que os produtos naturais continuam sendo a maior fonte de obtenção de medicamentos para os mais diversos fins.

Dentre os homopolissacarídeos destaca-se a pululana, que é solúvel em água e é produzido extracelularmente por fungos como o *Aureobasidium pullulans* [1], tendo sua forma unicelular sido apontada como a principal produtora de pululana. Entre os fatores que influenciam a produção de exopolissacarídeo em *A. pullulans* estão a variabilidade de características das cepas utilizadas, a natureza da fonte de carbono no meio de cultura, o pH (tendo como ótimo para produção entre 5,5 a 7,5 e ótimo para crescimento celular igual ou menor que 4,5), a temperatura de incubação, os níveis de oxigênio dissolvidos, a configuração do fermentador, e a fonte de nitrogênio. A fim de se alcançar melhores rendimentos e menores custos da produção de pululana, têm sido estudados a utilização de resíduos agroindustriais como substratos, o emprego de células imobilizadas e o uso de fermentação descontínuo-alimentada [2].

A pululana é comprimida e moldada sem o auxílio de plastificantes, dando origem a filmes transparentes

biodegradáveis com uma alta permeabilidade ao oxigênio [3]. Este polímero tem aplicações tanto na área industrial quanto na farmacêutica, pois ele pode ser empregado como revestimento externo em alimentos, resultando em maior elasticidade e menor possibilidade de perdas, evitando a quebra da película formada, na obtenção de material plástico biodegradável, não poluente e comestível, substituindo o poliestireno ou o cloreto de polivinila em transparência, dureza, rugosidade e brilho, sendo também aplicada como excipiente em comprimidos, podendo ser moldadas em cápsulas para embalar produtos farmacêuticos e recentemente tem-se proposto o seu uso na forma de curativos biodegradáveis.

A pululana é um polímero muito importante na sociedade, pois ela pode substituir outros materiais, solucionando um grande número de problemas, seja na indústria, na agricultura, na medicina e em outras áreas. Isso se deve às suas características como: durabilidade, atoxicidade, baixo custo, facilidade para serem moldadas, capacidade de serem recicladas e versatilidade de aplicação.

O presente estudo teve como objetivo selecionar micro-organismos pertencentes ao gênero *Aureobasidium* capazes de degradar a biomassa lignocelulósica existente no bagaço de cana-de-açúcar e formar exopolissacarídeos para a prospecção de pululana, foram testadas 72 leveduras pertencentes ao gênero escolhido, existentes na Central de Recursos Microbianos da UNESP, localizada no CEIS (Centro de Estudos de Insetos Sociais /UNESP, Rio Claro) e cedidas para o presente estudo ao INATEL.

II. METODOLOGIA

Foi preparada uma suspensão celular contendo 10^6 células.mL⁻¹ que foi semeada em 25mL de meio mínimo mineral suplementado com 2,5g de bagaço-de-cana in natura. A incubação foi a 25 °C, por até dez dias, no escuro, sem agitação, e em triplicata. Após a incubação foi observada a presença de membrana ou aumento da viscosidade do meio. No caso de formação de membrana ou aumento da viscosidade do meio verificou-se a composição do produto liberado pelas estirpes positivas.

III. RESULTADOS

Oito das estirpes testadas apresentaram a formação de membranas na superfície do meio (Tabela 1). Nenhum dos isolados apresentou modificação da viscosidade (viscosímetro de copo) do meio após filtração.

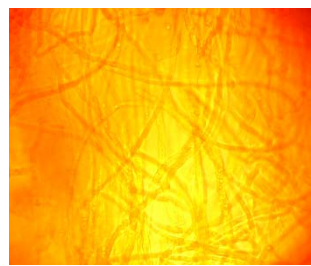
Cinco das oito estirpes positivas formaram as membranas com cerca de três dias enquanto as demais levaram cerca de dez dias.

Todas as membranas apresentaram um perfil predominantemente formado por açúcares após hidrólise ácida e reação de Benedict.

TABELA 1 – ESTIRPES CAPAZES DE FORMAR MEMBRANAS EXOPOLISSACARÍDICAS NA SUPERFÍCIE DE MEIO MINERAL SUPLEMENTADO COM BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR.

CÓDIGO	IDENTIFICAÇÃO	FORMAÇÃO DA MEMBRANA
TO848	<i>Aureobasidium</i> sp	3 dias
LB80.1	<i>Aureobasidium pullulans</i>	10 dias
LB 83	<i>Aureobasidium leucospermi</i>	3 dias
LB 86	<i>Aureobasidium leucospermi</i>	3 dias
LB 43.1	<i>Aureobasidium pullulans</i>	3 dias
LB 50.2	<i>Aureobasidium pullulans</i>	10 dias
LB 3.1	<i>Aureobasidium leucospermi</i>	10 dias
TO861	<i>Aureobasidium</i> sp	3 dias

Nas membranas estavam presentes células leveduriformes e com padrão de hifas (Figura 1a). As extremidades das hifas reafirmam com o corante vermelho congo demonstrando a presença de glucanas (Figura 1b).



(AT = 200X)



B (AT = 400X)

Figura 1 – A análise microscópica das membranas formadas pela estirpe *Aureobasidium* sp. TO848 após coloração com vermelho congo demonstrou a presença de hifas (a) e as extremidades destas apresentaram indícios de intensa síntese de glucanas (detalhe em b).

IV. DISCUSSÃO

Devido a ausência de dados sobre a prospecção de estirpes produtoras de pululana a frequência de positividade observada neste estudo não pode ser comparada.

A produção da pululana é influenciada por diversos fatores como: morfologia do fungo, idade da cultura, natureza e concentração das fontes de carbono e nitrogênio, relação carbono/nitrogênio, pH, temperatura, aeração e agitação [4,5]. No presente estudo observamos a formação de membranas sem a alteração da viscosidade do meio o que pode ser devido a ausência de agitação, que propiciaria uma distribuição homogênea dos nutrientes e gases, evitando a formação da película.

A intensa coloração das extremidades das hifas pode estar relacionada ao fato de que, ao contrário das dextranas bacterianas sintetizadas extracelularmente, a pululana é sintetizada intracelularmente e posteriormente excretada [6]. (LEATHERS,2003).

V. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesse trabalho permitem concluir que oito linhagens de *Aureobasidium* sp são capazes de produzir membrana biopolimérica a partir de bagaço de cana-de-açúcar.

VI. PERSPECTIVAS FUTURAS

Propomos para as oito estirpes selecionadas o biopolímero obtido seja melhor caracterizado; avaliar a interação das variáveis no processo (agitação, pH, fonte de nitrogênio) através de planejamento experimental e otimização de processo; analisar o comportamento viscosimétrico dos biopolímeros parcialmente purificados.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Kachhawa, D. K., Bhattacharjee, P., Singhal, R. S. (2003). Studies on downstream processing of pullulan. *Carbohydrate Polymers*, v. 52, p. 25-28.
- [2] Shingel, K. I. (2004). Current knowledge on biosynthesis, biological activity, and chemical modification of the exopolysaccharide, pullulan. *Carbohydrate Research*, v. 339, p. 447-460.
- [3] Campbell BS, Siddique A-BM, McDougall BM, Seviour RJ. Which morphological forms of the fungus *Aureobasidium pullulans* are responsible for pullulan production? *FEMS Microbiology Letters*, v. 232, p. 225-228, 2004.
- [4] Kim, J-H.; Kim, M-R; Lee, J-H.; Lee, J-W.; Kim, S-K. 2000. Production of high molecular weight pullulan by *Aureobasidium pullulans* using glucosamine. *Biotechnology Letters*, v. 22, p. 987-990.
- [5] Shingel, K. I. 2004. Current knowledge on biosynthesis, biological activity, and chemical modification of the exopolysaccharide, pullulan. *Carbohydrate Research*, v. 339, p. 447-460.
- [6] Leathers, T. D. 2003. Biotechnological production and applications of pullulan. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 62, p. 468-473.

Análise da contaminação de fungos e leveduras em ambientes hospitalares – Uma aplicação de Biossegurança

Isabel Francine Mendes

Instituto Nacional de Telecomunicações
isabelfrancine@inatel.br

Letícia Dionísio Teixeira

Instituto Nacional de Telecomunicações
leticiat@geb.inatel.br

Francisco Eduardo Carvalho Costa

Instituto Nacional de Telecomunicações
costafec@inatel.br

Ana Beatriz Alkmin Teixeira Loyola

Universidade do Vale do Sapucaí
analkmim@hotmail.com

Resumo—A proposta do trabalho é a análise de possível contaminação de fungos e leveduras nos aparelhos de ar condicionado dos ambientes hospitalares. Com a coleta e identificação dos microrganismos presentes será possível o levantamento das patologias causadas pelos mesmos e também a criação de metodologias de assepsia e segurança para os funcionários e usuários. Com o uso de três meio distintos (BDA, Sabouraud e Micosel) analisou-se a micobiota presente nas palhetas de aparelhos de ar condicionado de um hospital do município de Santa Rita do Sapucaí – MG.

Palavras chave—Biossegurança, infecção hospitalar, fungos, ar condicionado.

I. INTRODUÇÃO

Biossegurança é, segundo o Ministério da Saúde, *o conjunto de ações destinado a prevenir, controlar, diminuir e eliminar riscos que comprometam a saúde humana*. Esse risco pode vir de todos os ambientes onde os microrganismos estejam presentes, inclusive ambientes de trabalho. [1]

Na literatura há vasta variedade de estudos mostrando que os ambientes hospitalares são excelentes locais para procriação microbiana, tanto em ar condicionados, leitos e equipamentos médicos. Entretanto, há uma grande lacuna quando se trata de contaminação por fungos e leveduras, que podem causar graves patogenias como micoses, candidíase e criptococose.

No ambiente hospitalar, exposto por Sales *et al* (2011) [2], observa-se a presença dos fungos anemófilos transmitidos pelo ar. Estes representam riscos aos seres humanos como processos alérgicos, infecções sistêmicas ou disseminadas.

A infecção hospitalar passou a ser de grande importância nos últimos anos devido ao seu aumento progressivo e elevadas taxas de morbidade e mortalidade, incluindo-se a importância da micobiota [3].

É de inteira responsabilidade do setor de biossegurança identificar possíveis crescimentos microfúngicos, testar seu potencial de patogenia e criação de metodologias de assepsia para onde os mesmos se encontram.

O presente estudo buscou monitorar a micota (fungos anemófilos e leveduras) de palhetas de aparelhos de ar condicionado de uma unidade hospitalar.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do trabalho foram coletadas amostras com o auxílio de swabs estereis e umedecidos em solução salina da superfície de palhetas dos aparelhos de ar condicionado de diferentes setores de um hospital no município de Santa Rita do Sapucaí. Essas amostras foram semeadas em diferentes meios (Batata Dextrose Agar – BDA, Sabouraud e Agar Micosel) contendo antibiótico para evitar o crescimento de bactérias. As placas semeadas foram levadas para o laboratório de Engenharia Biomédica do Inatel, analisados periodicamente, observando o surgimento de colônias fúngicas e suas características. Estas colônias foram repicadas, preservadas em meio inclinado sob-refrigeração (4 °C), submetidas a microcultivo e agrupamento morfológico. Foram realizadas duas coletas.

III. RESULTADOS

Na primeira coleta não foram recuperados microrganismos.

Na segunda coleta, foram recuperados do hemocentro 4 gêneros de fungos e 1 de levedura, da central de esterilização foram 8 gêneros de fungos e 2 de leveduras, na sala de cirurgia 1 obteve-se um gênero de cada, na sala de cirurgia 2

foi obtido apenas um gênero de fungo, na sala de emergência 1 foi observado apenas um gênero de fungo e na sala de emergência 2 foram obtidos 3 gêneros de fungos e 9 de leveduras.

O gênero mais frequentemente isolado (pelo que foi identificado até o presente momento) foi o *Penicillium* spp., em especial no hemocentro. A única espécie identificada foi a de *Aspergillus niger*, isolada da central de esterilização.

O meio BDA permitiu a recuperação de 12 estirpes fúngicas e 10 estirpes leveduriformes, enquanto o meio Agar Sabouraud permitiu recuperar apenas 6 estirpes fúngicas e 3 estirpes leveduriformes. Nenhuma estirpe fúngica ou leveduriforme foi recuperada usando o meio micosel.

IV. DISCUSSÃO

Durante o período de estudo, houve troca do pessoal responsável pela limpeza o que pode justificar a ausência de microbiota nas palhetas na primeira coleta.

Os dados do presente estudo foram qualitativos e, portanto não podem ser comparados com outros estudos já publicados em relação às frequências de isolamento.

Os gêneros fúngicos encontrados no presente estudos são condizentes com os observados por Sales et al [2] e Martins-Diniz et al. [3].

O meio Agar Batata Dextrose é um dos meios mais utilizados para o isolamento, cultivo e contagem de bolores e leveduras. O que condiz com os resultados deste estudo.

Apesar do meio Agar Sabouraud ser comumente destinado ao cultivo e isolamento de fungos patógenos, no presente estudo os gêneros anteriormente citados foram obtidos apenas no meio BDA.

O meio Agar Micosel é um meio indicado para cultura seletiva de fungos patogênicos onde a presença de antimicrobianos (cicloheximide e cloranfenicol) inibe o crescimento de fungos saprófitas e de bactérias. Porém não logramos recuperar nenhuma estirpe neste meio.

V. CONCLUSÕES

Observou-se a presença de fungos anemófilos (potencialmente patogênicos) assim como de leveduras crescendo nas palhetas de aparelhos de ar condicionado em diferentes setores de um hospital. A presença destes micro-organismos ressalta a importância do monitoramento microbiológico ambiental e adequações dos processos de limpeza nos diferentes setores de um hospital.

VI. PERSPECTIVAS FUTURAS

Analisar quantitativamente a micota das palhetas e testar agentes desinfetantes sobre os organismos recuperados.

REFERÊNCIAS

- [1] Penna, P. M.M.; Aquino, C. F.; Castanheira, D. D.; Brandi, I. V.; Sobrinho, E. M.; Sari, R. S.; Silva, M. P.; Miguel, A. S. M. (2010). Biossegurança: uma revisão. Arq. Inst. Biol., São Paulo, v.77, n.3, p.555-465.
- [2] Sales, E.; Sales, E. M. L.; Dias, L. F.; Costa, F. E. C.; Loyola, A. B. A. T. (2011). Micota no ar da unidade de terapia intensiva e centro cirúrgico de um hospital universitário. Bioikos, 25(2), 109-115.
- [3] Martins-diniz, J. N.; Silva, R. A. M.; Miranda, E. T.; Mendes-Gianini, M. J. S. (2005). Monitoramento de fungos anemófilos e de leveduras em unidade hospitalar. Revista de Saúde Pública, 39(3), 398-405.

Letramento Visual: reconhecendo a imagem na transmissão da informação

Celso Luiz Ogliari

Araci Hack Catapan

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
beatesonorus@gmail.com

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
aracihack@gmail.com

Resumo - A produção de informação no atual estágio da raça humana reclama, ao contrário de algumas décadas, a existência de elementos e formatos peculiares, desde que as linguagens criadas são compostas por signos que sofrem mudanças em seus significados. A imagem, sempre presente na senda humana, denota ser a mais importante, permitindo a criação de um sistema simbólico que antecedeu a escrita linear. Nesse contexto a Web Semântica vai ao encontro dos anseios do leitor e do comunicador buscando decodificar a informação. O universo multimodal, que se apresenta como tábua salvadora, é forte aliado do letramento visual, sendo inconteste o fato de que a habilidade de ler e escrever ora não é suficiente, necessitando aprimorar ou desenvolver a habilidade de capturar a informação visual. Com a velocidade da informação presente, o potencial do letramento visual surge como ferramental na integração do ambiente informacional.

Palavras-chave - Imagem, Letramento visual, Multimodalidade.

I. INTRODUZINDO UMA NOVA LINGUAGEM

Num primeiro olhar é permitido avaliar o que pode parecer paradoxal, desde que, para Flusser [1], o futuro da escrita,

dada a crescente importância das mensagens não-escritas, esse visível distanciamento dos códigos lineares - que produzem a consciência histórica e o tempo flui do passado para o futuro -, aponta para duas direções:

“Ou ela se tornará uma crítica da tecnologia (o que significa: um desmascaramento das ideologias escondidas atrás de um processo técnico que se tornará autônomo em relação às decisões humanas) ou se tornará a produção de pretextos para a tecno-imaginação (um planejamento para aquele progresso técnico). Na primeira alternativa, o futuro se tornará inimaginável por definição. Na segunda, a história, no sentido estrito do termo, caminhará para um fim, e poderemos facilmente imaginar o que se seguirá: o eterno retorno da vida em um aparato que progride por meio de sua própria inércia”. [1]

Berners-Lee, Hendler e Lassila [2] afirmam que existe diferença entre a informação produzida para o consumo humano e para máquinas, constatando que grande parte do conteúdo da web é desenvolvido para humanos utilizarem e não para programas de computadores manipularem. Isso

justifica a necessidade de um novo posicionamento diante dos dados dispostos na Internet, buscando adicionar significado de forma a torná-los acessíveis às máquinas, ação que providenciará respostas mais adequadas às demandas humanas.

Para um melhor entendimento das múltiplas relações que nossa espécie estruturou ao longo de sua história importa avaliar as colocações de Lévy [3], que define como fundamentais os três processos de virtualização que “fizeram emergir a espécie humana: o desenvolvimento das linguagens, a multiplicação das técnicas e a complexidade das instituições”. As linguagens desenvolvidas através dos tempos são compostas por signos que compreendem o virtual na medida em que são atualizáveis. Além disso, sofrem mudanças em seus significados, acumulam valores, criam mitos, elaboram simulacros, realidade que, segundo Baudrillard [4], identifica estarmos “num universo em que existe cada vez mais informação e cada vez menos sentido”.

Ao se debruçar sobre os novos tempos é possível detectar novos elementos interagindo, e o principal articulador denota ser a imagem, componente que Debray [5] atribui à sua dinâmica o fato de não ter “a mesma natureza da dinâmica da palavra, nem está orientada no mesmo sentido”. Segundo o autor, um livro não pode ser lido por várias pessoas ao mesmo tempo, no entanto é possível ver em conjunto um quadro ou um filme. Assim, para ele, o segredo da força das imagens está na força do inconsciente: “interiorizamos as imagens-coisas e exteriorizamos as imagens mentais de tal modo que imagens e imaginário se induzem reciprocamente”. Para o mesmo autor a figura é a “primeira lembrança do homem”, constituindo uma de suas principais características [5].

Essa linha de pensamento nos conduz ao conceito de Dondis [6] que define visualizar como a capacidade de formar imagens mentais. Para o autor “o pensamento por conceitos surgiu do pensamento por imagens através do lento desenvolvimento dos poderes de abstração e de simbolização, assim como a escritura fonética surgiu, por processos similares, dos símbolos pictóricos e dos hieróglifos”, onde a evolução da linguagem iniciou pelas imagens chegando finalmente ao alfabeto. Ainda, segundo o autor, existem claros indícios de que está em curso uma reversão desse processo, retornando para a imagem, inspirados pela busca de maior eficiência.

A imagem, na ótica de Debray [5], “é simbólica, mas não tem as propriedades semânticas da língua: é a infância do signo”. Para esse autor a originalidade confere-lhe alto poder de transmissão. O mesmo autor define que “pensar a imagem supõe, em primeiro lugar, que não se confunda pensamento e linguagem, já que a imagem faz pensar por meios diferentes de uma combinatoria de signos [5], afirmando, ainda, que “o inconsciente que funciona por imagens, em associações livres, transmite bem melhor do que a consciência que escolhe suas palavras”, desde que, para o autor, as palavras se esforçam para “retranscrever” a imagem e seus efeitos sobre o ser humano [5].

Dondis [6], ao avaliar a evolução da comunicação humana, afirma que a linguagem ocupou uma posição única no aprendizado humano tendo funcionado como “meio para armazenar e transmitir informações, veículo para o intercâmbio de idéias e meio para que a mente humana seja capaz de conceituar”. No entanto, para Debray [5] é incontestado o fato de que as imagens sempre estiveram presentes no caminho do homem permitindo-lhe criar um sistema de correspondências simbólicas antes mesmo de adotar a escrita linear. Para o autor é negável o fato de que “se a imagem fosse uma língua, seria traduzível em palavras e essas palavras, por seu turno, em outras imagens porque o caráter próprio de uma linguagem é ser passível de tradução”.

II. CONHECIMENTO VISUAL E LINGUAGEM VERBAL

Para Dondis [6], o alfabetismo tem importância no contexto da linguagem, na forma de analogias extraídas e aplicadas à informação visual. Segundo o autor, qualquer sistema de símbolos é uma invenção humana e os sistemas denominados linguagem são refinamentos do que em outros tempos foram “percepções do objeto dentro de uma mentalidade despojada de imagens”. Para o autor, isso explica a existência de tantos sistemas de símbolos e línguas e, em termos comparativos, a linguagem visual avalia-se tão mais universal que sua pretensa complexidade não pode ser considerada difícil de superar.

Ao se referir ao alfabetismo visual Dondis [6] coloca com propriedade:

“Existe, porém, uma enorme importância no uso da palavra “alfabetismo” em conjunção com a palavra “visual”. A visão é natural; criar e compreender mensagens visuais é natural até certo ponto, mas a eficácia, em ambos os níveis, só pode ser alcançada através do estudo”. [6]

Spirkin [7], referindo-se à comunicação, afirma que ela assegura a continuidade no desenvolvimento da cultura e que cada nova geração principia seu trabalho de aprendizagem do ponto onde a geração anterior parou. Para que isso seja possível sem que haja perda de conteúdo o autor acredita que o fator responsável seja a comunicação dos pensamentos, ato que permite que o conteúdo não seja apagado pelo tempo. Spirkin avalia que conteúdos são convertidos em um corpo de palavras ou imagens, sobrevivendo tal qual lendas e sendo transmitidos séculos afora. Metaforicamente o autor compara a ação dos pensamentos das pessoas a ondas rompendo na costa, com a pressão de todo o oceano da história do mundo atrás de si. Para esse autor os livros são o passaporte presente

da cultura anterior. As pegadas da vida intelectual humana se mantêm conservadas em palavras, em caracteres escritos.

Dondis [6] é enfático ao afirmar que a escrita não necessita ser brilhante, sendo-lhe suficiente a produção de um texto claro e compreensível, grafia correta e sintaxe bem articulada. Para o autor “o alfabetismo verbal pode ser alcançado num nível muito simples de realização e compreensão de mensagens escritas”, assim existindo “elementos básicos que podem ser aprendidos e compreendidos por todos os estudiosos dos meios de comunicação visual, sejam eles artistas ou não, e que podem ser usados, em conjunto com técnicas manipulativas, para a criação de mensagens visuais claras”. Segundo o mesmo autor, o conhecimento desses fatores leva a uma melhor compreensão das mensagens visuais, no entanto, alerta para o fato de que o alfabetismo visual jamais se transformará em um sistema “tão lógico e preciso quanto à linguagem”, isso a partir do fato de que ela é um sistema inventado pelo homem para codificar, armazenar e decodificar informações com uma estrutura lógica que o “alfabetismo visual é incapaz de alcançar” [6].

Essa afirmação, porém, tem outro olhar segundo Debray [5], que afirma ser “o homem descendente do signo, mas o signo descende do desenho, por intermédio do pictograma e do hieróglifo” não estando excluída a possibilidade de que um dia venha a retornar a essa realidade. Para o autor, a imagem configura-se como nosso primeiro meio de transmissão e, para ele, “a razão gráfica, mãe das ciências e das leis, surgiu lentamente de uma razão icônica, do mesmo modo que a fábula precedeu o saber”. Para Debray [5], a escrita em seus primórdios tinha “seu lugar ocupado pela imagem” e somente há quatro mil anos teve seu domínio substituído pelos primeiros processos de notação linear dos sons. Assim, segundo o autor, a “invenção do traço permanece subordinada à produção de uma informação”.

Esse contexto, segundo Maturana e Varela [8], indica que o surgimento da linguagem humana gera um fenômeno até então inédito, do mental e da consciência de si como a experiência mais íntima do homem. Para os autores “sem o desenvolvimento histórico das estruturas adequadas é impossível entrar no domínio humano”. Aprofundam o tema ao citarem Robinson Crusoe que, segundo os mesmos, “entendeu muito bem ao manter um calendário, ler a Bíblia todas as tardes e se vestir para o jantar, comportando-se como se existissem outros ao seu redor, é a rede de interações linguísticas que nos torna o que somos”.

Nessa linha de pensamento Santaella [9], diagnostica estarem disponíveis a qualquer usuário de um computador “recursos que permitem a qualquer pessoa realizar experimentos com cores, luzes, linhas, formas, figuras, sons, texturas, animações e hipertextos, podendo criar em todos os campos”. Segundo a autora, “trata-se da linguagem digital, que permite a produção e a manipulação de quaisquer elementos de texto, som e imagem, incluindo uma ampla margem de possibilidades, tais como a gráfica e a animação computadorizadas, imagens digitalizadas, esculturas cibernéticas, shows de laser controlados e manipulados por computador, eventos cinéticos, telecomunicacionais e muito mais”.

Pignatari [10], ao seu tempo, avalia textos e imagens como organismos diferenciados no tocante aos códigos que adotam para estabelecer a comunicação, no entanto, com aspectos semelhantes quanto à maneira de serem lidos. Em oposição a esses princípios, Flusser [1] busca diferenciar a leitura de mensagens textuais lineares, unidimensionais, e imagéticas e bidimensionais. Para o autor, enquanto as textuais se ocupam da apreensão de sequências progressivas de signos pertencentes a um código consciente - o alfabeto, as imagéticas dependem da percepção de códigos inconscientes que tendem a provocar estímulos involuntários no receptor.

A partir do exposto anteriormente pode-se avaliar a importância das linguagens, quer seja no âmbito da sociedade humana ou da estrutura da máquina. A esse respeito Bizzocchi [11] avalia os campos semânticos como formadores de uma complexa rede visualizada como uma malha multidimensional onde os fios são os campos semânticos e os nós os conceitos. Assim, para o autor, cada conceito pode ser definido como o ponto de cruzamento de muitos campos semânticos, ao passo que cada campo semântico é uma família de conceitos inter-relacionados. Ainda sobre esse aspecto, Berners-Lee, Hendler e Lassila [2] afirmam que a Web Semântica vai estruturar os conteúdos de forma significativa e acessível nas páginas da Web, facilitando, desta maneira, a execução de tarefas que poderiam ser consideradas sofisticadas para o usuário. Assim, observa-se que a Web Semântica surge como uma nova era da Web, indo ao encontro dos anseios do corpo de usuários internéticos que cresce sem cessar.

Para configurar tais afirmações é suficiente avaliar o avanço obtido nos chamados Mundos Virtuais, sistemas que buscam recriar um mundo seguindo determinadas regras e transmitir esta sensação para os usuários, concebendo uma pseudo-realidade onde todas as possibilidades reais têm acrescidas novas situações no Virtual [12]. Além disso, a inteligência artificial vem permitindo que os jogos simulem inteligência, criando a sensação de vivências diferentes além de, por meio da internet cada vez mais veloz, possibilitar a interação com uma gama de jogadores ao mesmo tempo.

III. A INTERCONEXÃO DE MUNDOS E TEMPOS

Para Barthes [13] fica claro que os objetos que fazem parte de uma sociedade têm sentido mesmo que sua função se torne, pelo menos, signo dela mesma, estágio em que o objeto, antes de se fazer representar por meio de um signo, representa-se a si próprio, está no lugar de si mesmo. Nesse rumo, Debray [5] transfere à imagem uma funcionalidade tal qual um simulacro, pois, se o mundo apenas é aquilo que está diante do olhar, então para haver criação e invenção é necessário um afastamento dessa lógica. Segundo o autor, de tanto querer olhar o mundo cegou, deixando de admitir a possibilidade de visualizar para além do próprio visto, quanto mais fazê-lo de fato. O mundo da videosfera passou a ignorar o imperceptível pelo visual, o que não quer dizer que lá não esteja. Debray [5], no entanto, é enfático ao afirmar que:

“Falamos em um mundo, vemos em outro. A imagem é simbólica, mas não tem as propriedades semânticas da língua: é a infância do signo. Esta originalidade dá-lhe um poder de transmissão inigualável. A imagem faz o bem porque cria vínculos”. [5]

Para Peirce [14] representar significa substituir, e substituir denota estar no lugar do outro. Assim, Lacan [15] identifica que a criação da identidade primordial passa por uma relação com “o outro” dentro do espelho, elemento que, para Umberto Eco [16], “diz a verdade de forma desumana”, assunto que o autor, em sua obra *Kant e o Ornitorrinco*, reafirma com maior clareza:

Ele não “traduz”, não interpreta, registra aquilo que o atinge exatamente como o atinge. Assim, confiamos nos espelhos como confiamos, em condições normais, nos próprios órgãos perceptivos. Confiamos nos espelhos como confiamos nos óculos e nas lunetas, porque os espelhos são próteses como os óculos e as lunetas. [16]

A função primordial do espelho é permitir ao indivíduo se visualizar, ver da mesma forma que outros o veem, criar uma identidade de si mesmo. Baudrillard [17] vê no espelho um “papel ideológico de redundância, de superfluidade, de reflexo: trata-se de um objeto rico em que a prática respeitosa em si mesma do indivíduo burguês descobre o privilégio de multiplicar sua aparência e de jogar com seus bens”. Observa-se que a imagem que ele reflete ocuparia nosso lugar, no entanto, o fato de não podermos estar em dois locais ao mesmo tempo permite que se faça a necessária leitura de que não podemos estar em frente e dentro do espelho concomitantemente, suscitando que nossa presença possa ser possível por intermédio de materialidades distintas. A imagem configura-se bidimensional, ao passo que nossa constituição é tridimensional, denotando que o reflexo replica nossa estrutura física, no entanto, somente enquanto somos presentes. Essa constatação permite que Eco [16] afirme que a imagem não é um signo, no entanto, Barthes [13] argumenta acerca ao questionar se existem objetos fora do sentido, desde que “não vê como poderiam deixar de estar”.

Nesse viés, Maturana e Varela [8] depreendem que de observadores passamos a observados, auto-observados. Aqui importa avaliar o que realmente vemos, pois observar nosso reflexo no espelho traduz uma tomada de consciência do aspecto que não pode ser conhecido a não ser dessa forma. Essa reflexão, para os autores, é um processo que permite descobrir as cegueiras e “reconhecer que as certezas e os conhecimentos dos outros são, respectivamente, tão nebulosos e tênues quanto os nossos”.

Ao abolir a distância, segundo Foucault, a emulação triunfa sobre o lugar que é dado a cada coisa, obrigando ao questionamento: “Desses reflexos que percorrem o espaço, quais são os primeiros? Onde está a realidade, onde está a imagem projetada?” [18]. Se para Debray [5] “a imagem não deve ser chamada realista, mas nominalista: só o indivíduo é real, o resto não existe”, convém avaliar o que Michel Serres [19] escreve acerca da retomada do corpo ante o processo de racionalização, nos fazendo ver que ele “tanto ouve pela sola dos pés como pelos lugares onde se atam e se ligam músculos, tendões e ossos, enfim, na vizinhança de onde o ouvido interno atinge os canais que guiam o equilíbrio, toda a postura está ligada ao ouvido”. Sobre isso, Guattari [20] infere e antevê que a potência estética de sentir pode estar em vias de ocupar uma posição privilegiada no coletivo de nossa época.

Christoph Wulf [21], numa análise ontogenética¹, enfatiza que, aos quatro meses e meio, o feto tem condições de reagir a estímulos acústicos, que o ouvido se desenvolve antes dos olhos e ouvir é a condição primeira para os sentimentos de segurança. Segundo o autor, por meio de variações imitativas, o novo indivíduo começa a falar e a compreender. A partir das relações entre o olho e o ouvido, Wulf afirma que, enquanto a visão reduz o mundo a uma imagem bidimensional, a audição capta a tridimensionalidade do espaço.

IV. APRENDER A VER

Bakhtin [22], ao diagnosticar que ao falamos ou escrevermos visamos um interlocutor, estrutura um recorte necessário do atual estágio da evolução da comunicação. Para o pensador as palavras, que dominaram a imagem, a partir do final do século XX, em função das mudanças na forma de veiculação da informação, passam a dar lugar ao elemento visual que deixa de ser meramente ilustrativo. Kress e Leeuwen [23] a definem como uma mensagem independente, organizada e estruturada que, mesmo conectada ao texto, independe deste. Para Brait [24] a imagem é parte integrante da linguagem do ser atuante que ora habita esse espaço-tempo, isso pelo fato de ser presente nos formatos mais variados ao seu dispor, da internet ao impresso, uma forma de comunicação dos novos tempos. No entanto, importa observar a necessidade de agregar capacitação para o perfeito entendimento dos elementos anexados aos modelos comunicacionais disponíveis.

É notório o fato de que os processos informacionais se utilizam de vários formatos para transmitir informação, sendo visível que o uso da imagem se tem apresentado como o mais fluente. Assim, os textos apresentam mais de uma modalidade, ora formados por imagens, pela escrita, pelos sons e pelas ferramentas digitais, o que força a sociedade a possuir, além da habilidade de ler e escrever a de lidar com a informação visual. O letramento visual² deve ser matéria presente nas modalidades de leitura e escrita que, sob a égide tecnológica, prescindem de uma visão multimodal³, antevendo-se que a habilidade de ler e escrever não são suficientes, devendo-se desenvolver a habilidade de capturar a informação visual.

Para Buzzato [25] o verbal e o visual se unem para dar o sentido que isoladamente não seria possível. Seguindo essa linha de pensamento pode-se inferir que a multimodalidade, uma realidade na atualidade, carece de uma compreensão que vai além do supostamente necessário para, assim, permitir a necessária adequação dos novos formatos tecnológicos que o ser humano se utiliza para transmitir conhecimento e informação na era atual. Além disso, no campo educacional,

segundo Riesland [26], os alunos letrados visualmente estariam aptos a compreender elementos básicos do design visual e suas influências tanto quanto compreender as imagens simbólicas, representacionais, explanatórias e abstratas, tornando-se, com isso, observadores e comunicadores informados e críticos da informação visual. No entanto, para o mesmo autor, a integração do letramento visual à escola necessita avaliar e trabalhar com o pensamento crítico dos profissionais da comunicação, responsáveis pela criação das mensagens que serão decodificadas. Sem essa interação/entendimento o processo terá via única [26].

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Numa sociedade onde a velocidade da informação é cada vez maior importa avaliar o potencial do letramento visual outorgando-lhe a condição de ferramenta apropriada na integração das informações visuais no processo informacional. Esse ferramental, com seus meios multimodais, surge a partir da necessidade de capturar e explicar os novos fenômenos que se apresentam como uma barreira diante da necessidade de decodificar, tanto leitura como escrita, nesse novo universo de possibilidades à disposição da raça humana.

Importa aqui diagnosticar que a multimodalidade apresenta aptidão para definir acerca do sentido, desde que prenuncia este não seja elemento cativo da linguagem falada ou escrita e sim resultante destes e dos vários recursos ora disponíveis para sua produção, sejam imagens, sons, textos, movimentos ou cores. A fusão do sentido reconhecido por esses vários elementos influencia e modifica as relações do indivíduo para com seu universo atuante onde as informações lhe são transmitidas. Além disso, no universo multimidiático, falar em letramento conduz a um pensar exotópico, desde que a realidade multimodal exige um olhar diferenciado para além da habilidade de ler e escrever.

Uma verdade aflora tornando-se cada vez mais presente: na era atual é imprescindível saber utilizar a informação visual sob pena de se perder o significado que a informação envolve. Nesse contexto, o sentido imagético é, por entendimento, a captura da informação. Entendendo-se o funcionamento do texto é possível interpretá-lo, diagnosticando que a prática da leitura de imagens passa a ser, além de uma reação mental, um diagnóstico de um olhar sensível e inteligente. Assim, é evidente a importância do letramento visual na atual era, peça fundamental que providencia clareza ao entendimento da mensageiria. Seu não domínio produz lacunas no texto midiático, enfraquece a comunicação além de exigir um formato redundante não compatível com os novos tempos.

A realidade presente, cada vez mais calcada em imagens, carece dos conhecimentos imagéticos para sua completude. Tornar esses saberes domínio da população denota ser tarefa que necessita da atuação dos vários elementos envolvidos nessa ação multimodal, exigindo, para sua eficácia, o domínio de vários conhecimentos por parte do usuário emissor/receptor.

REFERÊNCIAS

- [1] FLUSSER, Vilém. O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação. Rafael Cardoso (org). São Paulo: Cosac Naify, 2007.

¹ Ontogenia – história das mudanças estruturais de uma determinada unidade – uma célula, um organismo ou uma sociedade de organismos -, sem que haja perda da organização que permite a existência daquela [8].

² Letramento, segundo Kleiman [27], é “um conjunto de práticas sociais que usam a escrita, enquanto sistema simbólico e enquanto tecnologia, em contextos específicos, para objetivos específicos”. Já letramento visual é a habilidade de ler, interpretar e entender a informação recebida no formato de imagens transferindo-as para seu contexto para que lhe seja permitido construir seu significado a partir de sua validação [28].

³ O termo multimodal aplica-se às diferentes modalidades de representação verbal e pictorial da informação [29].

- [2] BERNERS - LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The semantic web: a new form of web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. Scientific American, New York, may 2001. Disponível em: <<http://www.cs.umd.edu/~golbeck/LBSC690/SemanticWeb.html>>. Acesso: JAN/2014.
- [3] LÉVY, Pierre. A inteligência coletiva. Por uma antropologia do ciberespaço. São Paulo: Edições Loyola, 1999, p. 71.
- [4] BAUDRILLARD, Jean. Simulacros e simulação. Lisboa: Relógio d'Água, 1991, p. 103.
- [5] DEBRAY, R. Vida e morte da imagem: Uma história do olhar no Ocidente. Petrópolis: Vozes, 1994, pp. 46-57, 112-116, 216-217, 319.
- [6] DONDIS, Donis A. Sintaxe da linguagem visual. São Paulo: Martins Fontes, 2003, PP. 14, 15-20.
- [7] SPIRKIN, Alexander. El materialismo dialéctico. Barcelona: Editorial Progreso, 1983.
- [8] MATURANA, H.; VARELA, F. A Árvore do Conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana. São Paulo: Editorial Psy II, 1995, pp. 58-59, 74, 242.
- [9] SANTAELLA, L.; ARANTES, P. (orgs.). Estéticas tecnológicas: novos modos de sentir, São Paulo: EDUC, 2008, p. 38.
- [10] PIGNATARI, D. Informação Linguagem Comunicação. São Paulo: Perspectiva, 1976.
- [11] BIZZOCCHI, A. Como Pensamos o Mundo: A Semiótica e a Cognição Humana; Mundos Semióticos Possíveis. Darcilia Simões (org.) et all. Rio de Janeiro: Dialogarts, 2008.
- [12] PETRY, L. C., Estruturas cognitivo-ontológicas dos Metaversos. In: Revista FACOM Número 22, 1º semestre 2010. Disponível no endereço: <http://www.fAAP.br/revista_faap/revista_facom/facom_22/indice.html>. Acesso: JUN/2013.
- [13] BARTHES, Roland. Semântica do objeto. In: A aventura semiológica. Lisboa: Edições 70, 1987, pp. 174, 179.
- [14] PEIRCE, Charles Sanders. Semiótica e Filosofia, textos escolhidos. São Paulo: Cultrix, 1984.
- [15] LACAN, Jacques. Escritos. Rio de Janeiro: Zahar, 1998.
- [16] ECO, Umberto. Sobre os espelhos. In: Sobre os espelhos e outros ensaios. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1989, pp. 17, 316.
- [17] BAUDRILLARD, Jean. O sistema dos objetos. São Paulo: Perspectiva, 1968, p.28.
- [18] FOUCAULT, M. As Palavras e as Coisas. Uma Arqueologia das Ciências Humanas. São Paulo: Martins Fontes, 1992, p. 37.
- [19] SERRES, Michel. Os cinco sentidos. Filosofia dos corpos misturados. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001, p. 139.
- [20] GUATTARI, Félix. Caosmose: um novo paradigma estético. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1992.
- [21] WULF, Christoph; BORSARI, Andrea (Orgs.) Cosmo, corpo, cultura. Enciclopedia Antropologica. Milano: Bruno Mondadori, 2002.
- [22] BAKHTIN, M. Estética da criação verbal. São Paulo: Martins Fontes, 2003.
- [23] KRESS, G. e VAN LEEUWEN, T. Reading images: the grammar of visual design. London: Routledge, 1996.
- [24] BRAIT, B. PCNs, gêneros e ensino de língua: faces discursivas da textualidade. In: ROJO, R. H. (org.). A prática de linguagem em sala de aula: praticando os PCN's. Campinas, SP: Mercado de Letras, 2000.
- [25] BUZATO, M. E. K. Inclusão digital como invenção do cotidiano: um estudo de caso. Revista Brasileira de Educação, v.13, n.18, p. 325-342, 2008.
- [26] RIESLAND, E. 2006. Visual literacy and the classroom. Disponível em: <<http://education.jhu.edu/PD/newhorizons/strategies/topics/literacy/articles/visual-literacy-and-the-classroom/index.html>>. Acesso em: JAN/2014.
- [27] KLEIMAN, Angela B. Modelos de letramento e as práticas de alfabetização na escola. In: KLEIMAN, Angela B. (Org.). Os significados do letramento. Campinas: Mercado de Letras, 1995, p. 19.
- [28] STOKES, S. Visual literacy in teaching and learning: A literature perspective. Electronic Journal for the Integration of Technology in Education, v.1, n.1, 2002. Disponível em: <<http://ejite.isu.edu/Volume1No1/pdfs/stokes.pdf>>. Acesso em: JAN/2014.
- [29] DIONISIO, A. P. Gêneros multimodais e multiletramento. In: KARSOSKI, B.G. & BRITO, K. S. (orgs.). Gêneros textuais: reflexões e ensino. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2008.

O Ensino e a Aprendizagem na Engenharia Baseados na Resolução de Problemas

Tárcio Rodrigues Dutra

Luiz Felipe Simões de Godoy

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
tarciodutra@gee.inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
luizfelipe@inatel.br

Resumo — O ensino no núcleo básico dos cursos de engenharia tem sido alvo de atenção em trabalhos que procuram detectar as causas da evasão e retenção, principalmente nos primeiros períodos desses cursos [1]. As discussões sobre novas metodologias de ensino, que motivem a aprendizagem e despertem o interesse dos estudantes, devem ser uma postura esperada dos docentes e pesquisadores. Ensinar matemática sem projetar suas aplicações nas atividades que contemplem situações de engenharia, é fazer matemática pela matemática, o que, certamente, seria bastante agradável aos alunos dos cursos de bacharelado em Matemática, mas não para os aspirantes à engenharia. A expectativa dos docentes das grandes áreas da matemática, Cálculo, Álgebra e GA, é que, os pretendentes aos cursos de engenharia tenham uma vocação para tratamentos matemáticos, suas lógicas e abstrações. Contudo, pesquisas como em [2] apontam que o alto índice de reprovações, nessas disciplinas, deve-se, também, às decepções e frustrações dos alunos causadas pela distância entre, suas expectativas com o curso de engenharia, e, a realidade encontrada na fase inicial do curso. Na tentativa de minimizar a situação supracitada, procurou-se, neste trabalho, confeccionar situações de aprendizagem à luz da metodologia PBL - Problem-based learning. O objetivo foi trabalhar contextos específicos de engenharia utilizando ferramentas da Álgebra Vetorial associados aos conceitos de Física, com o intuito de estimular e mobilizar o interesse pela área.

Palavras chave — Dificuldades de Aprendizagem, Aprendizagem Baseada em Problemas, Metodologia.

I. INTRODUÇÃO

Construir o conhecimento matemático através da contextualização e modelagem de situações reais pode facilitar sua aprendizagem, ou minimamente, motivar o interesse do estudante. Nesse sentido, encontramos em [3] um argumento que vem reforçar a expectativa deste projeto:

[...] o ponto de vista que me parece de fundamental importância e que representa o verdadeiro espírito da matemática é a capacidade de modelar situações reais, codificá-las adequadamente, de maneira a permitir a utilização das técnicas e resultados conhecidos em outro contexto, novo, isto é, a transferência de aprendizado resultante de uma certa situação para a situação nova é um ponto crucial do que se

poderia chamar aprendizado da matemática, e talvez o objetivo maior do seu ensino (D'AMBRÓSIO, 1986, p.44)

Esta pesquisa se alinha aos conceitos considerados na metodologia de Aprendizagem Baseada em Problemas, que de acordo com [4]: “ao contrário do modelo convencional, usa o problema para motivar, focar e iniciar a aprendizagem. Além de promover a construção dos conhecimentos a PBL objetiva o desenvolvimento de habilidades e atitudes tidas como importantes para uma prática profissional efetiva” (2004, p.89).

O objetivo final foi: revisar, adaptar, redimensionar e propor novas atividades de aprendizagem, através da resolução de problemas, utilizando como piloto um grupo de alunos da disciplina de AC-303 (Atividades Complementares). Possibilitando com essas atividades, tornar o conteúdo matemático mais significativo e explorar suas aplicações, de forma mais prática e objetiva, transformando seu aprendizado em um jogo de interesse para aqueles que necessitam de seus conhecimentos, a saber: os alunos da engenharia.

II. OBJETIVO

Aprofundar o conhecimento sobre a metodologia de ensino PBL - Problem-based learning foi o objetivo geral deste trabalho, em que, baseando-se nos conceitos deste método será possível criar problemas contextualizados da engenharia que posteriormente serão utilizados na disciplina de AC303. Essas atividades têm como função desenvolver no aluno a capacidade de pesquisa, e tornando-se assim mais um fator para melhorar a retenção dos conteúdos abordados em álgebra, física, cálculo, etc.

III. CONFECCÃO

O trabalho foi iniciado com pesquisas voltadas ao entendimento sobre o que é o PBL e quem são os seus precursores. Foi notável a quantidade de docentes e outros profissionais como em [5] que reconhecem a dificuldade que os alunos têm em assimilar os conteúdos ministrados em sala de aula. No cenário dos cursos superiores de engenharia fica ainda mais clara essa “deficiência” quando os alunos não conseguem aplicar ferramentas matemáticas aprendidas, e/ou, quando conseguem limitam-se a um pequeno número de situações. E assim, não conseguem atingir o objetivo do curso que é prepará-lo para situações reais no mercado de trabalho.

Em [5] é citado: “A adoção do PBL é justificada por seus idealizadores como uma resposta à percepção dos professores de que os alunos estavam saindo do curso com muitos conceitos, mas pouca capacidade de utilizá-los e integrá-los à prática cotidiana (Barrows, 1996)”. O professor Jonei Cerqueira Barbosa defende em [6] o uso de um método equiparável ao PBL, conhecido como Modelagem Matemática que busca propiciar novas formas de ajudar o aluno a absorver o conhecimento. Apesar de um número considerável de docentes que defendem o uso do PBL em sala de aula, poucas instituições aplicam formalmente essa diretriz.

Adquirido o conhecimento sobre o que é o PBL, iniciei uma pesquisa em livros didáticos de Física, como por exemplo, Fundamentos da Física [7], para investigar e selecionar exercícios que permitissem uma abordagem alinhada com o PBL. Apesar de tais livros possuírem uma grande carga de conhecimento vital para a formação de um bom engenheiro, ficam limitados em sua maioria a desenvolver uma resolução matemática na determinação de uma variável. Ou seja, na literatura observada os exercícios seguem, quase sempre, o mesmo padrão: apresentam todas as variáveis menos uma, aquela que se deseja encontrar. Com isso, perde-se a oportunidade do leitor (estudante) discutir e questionar diversas possibilidades que podem extrapolar uma situação proposta. Essa característica tornou o trabalho extremamente complexo, já que a busca tinha prioridade por questões que envolvessem situações de aprendizagem coerentes com a metodologia do PBL. Poucos exercícios foram encontrados, como o anexo I que contempla álgebra, química e probabilidade e estatística.

Diante dessa situação, passamos a desenvolver um roteiro de perguntas para serem feitas a alguns professores, e as quais poderiam nos orientar para livros com possíveis exercícios que se encaixassem no contexto do PBL. Nas entrevistas pudemos perceber que o PBL ajudaria a relacionar diversas disciplinas, num mesmo contexto. Alguns dos professores que foram entrevistados se mostraram muito animados com o tema, principalmente pelo fato de trabalharem com conteúdos que necessitam de conhecimentos vistos anteriormente em outras disciplinas, mas que os alunos têm sérias dificuldades de mobilizar tais conhecimentos. Seguindo a ideia da entrevista, foram realizadas algumas leituras de livros sugeridos. A partir daí começou ficar claro que, contextualizar atividades para melhorar a aprendizagem deveria não apenas ser tratado como algo independente em cada disciplina, mas relacionar os conteúdos entre várias disciplinas. A ideia de o próprio professor desenvolver suas atividades surgiu após a pesquisa realizada nos livros indicados, que seguem a mesma sistemática dos livros anteriores, não oferecendo contexto em seus exercícios de fixação.

Com o objetivo de preparar um exercício piloto nos moldes do PBL para aplicar na Atividade Complementar – AC303 – disciplina do 3º período de engenharia do Inatel, procurou-se identificar os conteúdos de Física e Cálculo que os alunos desta turma já haviam estudado e, também, o que ainda estariam estudando no decorrer do semestre. Orientado por um dos professores da AC-303, pude preparar algumas questões. Duas das questões preparadas foram selecionadas para serem aplicadas aos alunos da graduação..

Um fator muito importante para metodologia do PBL é a situação didática preparada para aplicação da situação proposta, isto é, do exercício. Segundo [4], deve-se utilizar um problema por semana, essa abordagem é interessante, pois com o decorrer do semestre o professor pode usar o PBL quase paralelamente ao seu cronograma. Contudo, já havia sido determinado que para a atividade desta disciplina os alunos teriam um período de 4 semanas para interpretar, pesquisar, estudar e resolver a situação proposta. Para aplicar o exercício a turma foi dividida em 5 grupos de 4 alunos, procurando separar os colegas que tinham maior relacionamento, em outras palavras, procurou-se separar as “painéis”. Isto foi pensado, para contemplar mais um elemento de avaliação do trabalho em grupo que é a socialização dos integrantes e a distribuição das funções. Durante a aplicação do exercício selecionado pude acompanhar e verificar a participação dos alunos. Percebi certo desconforto inicial devido ao fato de alguns alunos não se conhecerem. Contudo, após ter iniciado os trabalhos a dinâmica se mostrou bastante interessante, à medida que os alunos discutiam entre si, aumentavam as dúvidas sobre quais os caminhos que deveriam ser seguidos. Este processo de interação e troca de ideias promoveu o interesse dos alunos em pesquisar conteúdos que seriam necessários para resolução da situação proposta, ficando para semana seguinte a orientação e filtragem, pelo professor, dos vários caminhos que as discussões conduziram. No encontro seguinte os alunos estavam com livros e com alguns resumos de conceitos que acreditavam que seriam importantes para resolução do problema. Apenas um grupo levantou e apresentou parte da solução no quadro, discutindo com os outros grupos seus argumentos e raciocínios. Percebi que um grupo que estava mais atrasado no desenvolvimento do trabalho, aproveitou a oportunidade para alinhar suas discussões. Após algumas considerações do professor os alunos concluíram que deveriam estudar um pouco mais para resolução da questão, e assim, levaram para casa a tarefa de finalizar o trabalho e apresentá-lo no terceiro encontro. Para quarta e última semana ficou combinado um pequeno teste sobre os conteúdos discutidos na resolução do problema. Na terceira semana as apresentações ocorreram dentro do prazo de 15 minutos para cada grupo. Dois grupos gastaram todo o tempo para apresentação, fizeram desenhos na lousa e apresentaram todo o cálculo que utilizaram para resolver a situação. Outros dois grupos utilizaram o data show para apresentar a solução que haviam preparado no Power Point, durante a apresentação o professor precisou intervir em dois momentos para organizar a apresentação. Alguns alunos sentiram bastante desconforto na apresentação do trabalho em público.

No final das apresentações, pude conversar com alguns alunos, eles relataram que: apesar das dificuldades encontradas compreenderam os objetivos e perceberam: a importância de trabalhar em grupo e, a necessidade da pesquisa individual para o sucesso do grupo.

IV. CONCLUSÕES

Apesar de não ter avaliado, quantitativamente, a aprendizagem dos alunos, com relação aos conteúdos abordados pela situação problema apresentada, pude verificar

in loco a motivação e o interesse despertados nestes alunos. O trabalho em grupo, por si só, quando bem orientado, produz uma dinâmica de aprendizagem muito interessante. Contudo, alguns alunos aproveitando do trabalho dos colegas do grupo acabam se omitindo e pouco aproveitam a oportunidade. Por isso, o orientador do trabalho deve estar atento para a formação dos grupos, procurando distribuir os alunos de forma que o grupo sinta a necessidade de contar com o trabalho de cada participante. A metodologia do PBL proporcionou aos alunos uma forma diferente de discussão sobre o problema apresentado. Diferente do cotidiano escolar, no qual as questões são apresentadas cada uma, exclusivamente, dentro do assunto de sua disciplina, as situações propostas permitiram aos alunos revisitarem assuntos de várias disciplinas e discutirem seus conhecimentos. Desta forma, a necessidade de conhecer ferramentas matemáticas do Cálculo, da Álgebra e os conceitos da Física, para resolver a situação proporcionou um maior significado aos conteúdos que haviam sido estudados nos períodos anteriores. Quanto à minha pesquisa sobre a metodologia PBL, pude compreender a importância de extrapolar as dimensões dos conhecimentos apresentados pelas disciplinas independentes. Isto é, precisamos explorar as competências apresentadas em cada conteúdo, com a certeza que cada habilidade e cada conhecimento podem se complementar na hora de resolver situações diversas, tanto na vida acadêmica quanto no cotidiano da vida profissional.

REFERÊNCIAS

- [1] RIOS J. R. T., SANTOS A. P., NASCIMENTO C.. Estudo da evasão e da retenção nos cursos de engenharia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 28, 2000, Ouro Preto, MG. Anais Eletrônicos do XXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia. Ouro Preto: Associação Brasileira do Engenharia – ABENGE, 2000.
- [2] FIORANI, L.A.; LOPES, M. P. G.; NAKAO, O.S.. Evasão na Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP: O que pensam alunos e professores. In: Anais Eletrônicos do XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia. Blumenau: Associação Brasileira do Engenharia – ABENGE, 2011. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2011/sessoestec/art1935.pdf> Acesso em: 18 de setembro de 2012.
- [3] D'AMBROSIO, U. Da Realidade à Ação: Reflexões sobre Educação e Matemática. São Paulo: Summus; Campinas: Ed. Da Universidade Estadual de Campinas, 1986.
- [4] Maria da Graça Nicoletti Mizukami e Luis Roberto de Camargo Ribeiro; Uma Implementação da Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) na Pós-Graduação em Engenharia sob a Ótica dos Alunos. Semina: Ciências Sociais e Humanas, Londrina, v. 25, p. 89-102, set. 2004
- [5] FILHO, E.E.; RIBEIRO, L. R. C. Aprendendo com PBL – Aprendizagem Baseada em Problemas: Relato de uma Experiência em Cursos de Engenharia da EESC-USP. Universidade de Lisboa. Disponível em: http://educ.fc.ul.pt/docentes/ichagas/observatorio/Teste/PBL_Filho_Ribeiro.pdf. Acesso em: 04 abr. 2013.
- [6] BARBOSA, J. C. Modelagem Matemática: O que é? Por que? Como? Veritati, n. 4, p. 73-80, 2004
- [7] HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos da Física 1 – Mecânica. 2012. Ed. Ltc

APÊNDICE

1. Atividade

Sua equipe é responsável pela análise geográfica do fundo mar em uma empresa que tem extraído petróleo em uma

região com atividades sísmicas constantes. Em um novo local a ser explorado é requerido que a sua equipe meça em linha reta a profundidade que o solo se encontra da superfície.

O Navio da sua equipe dispõe de um gerador de ondas sonoras com frequência 220 Hz, situado a 7 metros do nível da água, este sonar emite ondas cujo comprimento no ar é de 150 centímetros. Sabe-se que neste local a onda refletida foi recebida após 2,4 segundos, após a geração do sinal.

Com os dados fornecidos, é possível calcular a profundidade do oceano neste local?

Quais conceitos físicos estarão envolvidos neste trabalho?

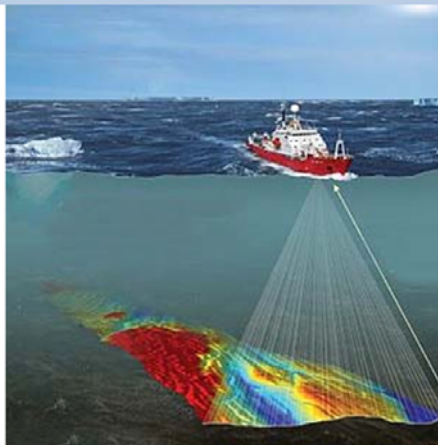
Dos conceitos físicos relatados acima, qual ou quais vocês não tem conhecimento?

Vocês são capazes de precisar a falta de algum elemento físico que ajudaria no cálculo da profundidade? Qual?

Inatel
Instituto Nacional de Telecomunicações

Dados:

- Frequência: 220 Hz
- λ : 1.5 metros
- t decorrido até a recepção: 8 segundos



2. Atividade – Exercício Traduzido e Adaptado (<http://www.udel.edu/inst/resources/sample-problems.html>)

O senhor Jacob é um homem de 65 anos que sofreu algumas crises de desmaio no mês passado. Hoje, ele estava na cozinha preparando seu café quando desmaiou e caiu sobre seu quadril. Ele foi levado para um pequeno pronto-socorro para descrever a dor em sua área do quadril.

Seu grupo de manutenção do Centro Ambulatorial está trabalhando na máquina de raios –X que está com defeito, para poder ajudar vocês precisam determinar se o impacto foi grande o suficiente para fraturar o osso do quadril (ou bacia). Se os seus cálculos sugerirem a possibilidade de fratura, vocês devem encaminhar o senhor Jacob para o principal hospital da área, que se encontra a 25 km de distância. Vocês realizaram algumas medidas sobre o paciente e descobriram que ele tem massa de 64,8 kg e mede 1,88 metros de altura.

Quais são as informações que vocês precisam e, quais suposições vocês vão precisar fazer, a fim de estimar a situação do senhor Jacob?

Quais princípios da Física que vocês irão utilizar para resolver esse problema?

Estudo e proposta de uma técnica para ensino-aprendizagem em uma disciplina do núcleo básico nos cursos de Engenharia

Camila Sales Pinto

Luis Filipe de Oliveira Carvalho

Adriana A. Santos Izidoro

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
camilasales@gea.inatel.br

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
luisfilipe@gea.inatel.br

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
adriana.izidoro@inatel.br

Resumo - O trabalho apresenta uma dinâmica a ser aplicada em sala de aula para melhor aprendizagem e assimilação dos conteúdos das disciplinas do núcleo básico nos cursos de Engenharia. Esta atividade consiste em um jogo desenvolvido para incentivar, engajar e mesmo motivar os alunos no conteúdo, visto que aqueles com maior dificuldade sentem-se desmotivados durante as aulas.

A disciplina escolhida para o jogo foi a disciplina de Álgebra Linear e Geometria Analítica.

Palavras chave – ensino-aprendizagem, núcleo básico, jogo, engenharia.

I. INTRODUÇÃO

Um ensino de qualidade antes de ingressar em uma faculdade pode significar um bom rendimento futuro nas disciplinas básicas, por exemplo, dos cursos de Engenharia.

No entanto a área de exatas possui um déficit cada vez maior quando se trata da aprendizagem e assimilação dos conteúdos transmitidos no núcleo básico das Faculdades. Cálculo, Álgebra e Geometria são as que apresentam maiores índices de reprovação nas Instituições de Ensino.

Percebendo este déficit, estudos vêm sendo realizados por diversos pesquisadores, a fim de encontrar uma alternativa para a solução deste problema.

Uma das formas para tornar a aprendizagem mais significativa é a utilização de jogos educativos. Com base nessas informações o jogo “Encontre o Osama!” mostra uma fácil interação entre o aluno e o conteúdo de Álgebra.

O trabalho foi iniciado com a pesquisa de diferentes métodos aplicados em sala de aula, métodos de aprendizagem e artigos bem sucedidos publicados sobre o tema. Dentre os trabalhos pesquisados foram selecionados os trabalhos de Lúcia Regina Horta Rodrigues Franco e Ricardo Ramos Fragelli.

O primeiro trabalho analisado foi o artigo intitulado “Direcionando uma disciplina virtual a resultados”, da professora Lúcia Regina Horta Rodrigues Franco. Este artigo descreve a metodologia virtual aplicada pela UNIFEI em seu

curso virtual de Especialização em Design Instrucional para EaD Virtual dentro do Programa da UAB e avalia os resultados pelos pontos de vista dos alunos e da equipe UNIFEI. O segundo trabalho analisado foi o artigo intitulado “O EAD transformando as técnicas de aprendizagem da engenharia”, da professora Lúcia Regina Horta Rodrigues Franco. Este trabalho fala dos avanços e descobertas de novas possibilidades para o Ensino a Distância (EAD). O terceiro trabalho analisado foi o artigo intitulado “Par ou ímpar universitário (PIU), do professor Ricardo Ramos Fragelli. O PIU é um jogo baseado no par ou ímpar comum, já que as funções trigonométricas são pares (cosseno, secante) e ímpares (seno, tangente, cotangente, cossecante), mas com regras bastante diferentes, podendo ser realizado por dois sujeitos ou mais. O quarto trabalho analisado foi o artigo intitulado “Apneia das funções trigonométricas inversas (AFTI), do professor e Ricardo Ramos Fragelli, que consiste no desafio de falar as derivadas das funções trigonométricas inversas na sequência apresentada na Tabela com um só fôlego. O quinto e último trabalho analisado foi o artigo intitulado “ONDE ESTÁ OSAMA?”, do professor Ricardo Ramos Fragelli. Trata-se de um jogo desenvolvido, envolvendo atividades práticas com o objetivo pedagógico de promover a aprendizagem na área de Física por meio de uma linguagem lúdica e interativa.

Após análise dos trabalhos citados anteriormente foi decidido reformular e direcionar o projeto, num primeiro instante, na disciplina de Álgebra Linear e Geometria Analítica.

Começou então o desenvolvimento de um jogo para facilitar o aprendizado e assimilação do conteúdo pelos alunos, bem como estimular o interesse dos mesmos. Para o desenvolvimento deste jogo, foi tomado como principal referência o jogo criado pelo professor Ricardo Ramos Fragelli (UnB), para a disciplina de Física e que mostrou resultados muito satisfatórios no desempenho acadêmico dos alunos, na Universidade de Brasília (UnB).

II. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi analisar novas técnicas de aprendizagem e adequar uma delas às necessidades da disciplina de Álgebra Linear e Geometria Analítica. A técnica escolhida foi um Jogo de tabuleiro desenvolvido por [3]. Neste trabalho o jogo foi reformulado com a missão pedagógica de promover e fixar a aprendizagem na área de Álgebra Linear e Geometria Analítica por meio de uma linguagem lúdica e interativa, tendo como foco a disciplina de Álgebra Linear e Geometria Analítica, contemplando desafios com os principais conceitos de Álgebra Vetorial, por ser o conteúdo onde os alunos tem a maior dificuldade de entendimento e assimilação.

III. REFORMULAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO JOGO

Os professores Lúcia Regina Horta Rodrigues Franco e Ricardo Ramos Fragelli já defendem em seus trabalhos a aplicação de novas metodologias e técnicas de ensino. O professor Ricardo Ramos Fragelli testa alternativas como jogos e campeonatos em suas disciplinas na UNB e vem obtendo resultados satisfatórios.

Baseado nos relatos e trabalhos, veio a proposta de reformular um jogo e adequá-lo a uma disciplina específica, como a Álgebra Linear e Geometria Analítica. O jogo reformulado e com o título “Onde estão?” consiste em encontrar indivíduos procurados pelo FBI e que estão escondidos em locais secretos nos EUA. Os participantes formam equipes de 4 alunos com 4 integrantes em cada equipe.

Os alunos devem encontrar os locais dos esconderijos à medida que resolvem os exercícios de Álgebra Vetorial propostas em cada uma das etapas. O jogo consta de um tabuleiro com uma mapa dos EUA e 9 cartas com os desafios a serem resolvidos.

Para que a equipe passe para a próxima etapa é necessário que os exercícios propostos tenham uma solução completa, ou seja, não será considerado como acerto apenas a marcação da resposta correta. Os professores e/ou os fiscais envolvidos nesta atividade têm a responsabilidade de analisar toda a resolução do exercício, assim que for chamado pela equipe. Neste instante as outras equipes continuam o jogo, pois caso a equipe solicitante não tenha feito a resolução correta, as outras ainda tem chance. Vence a equipe que conseguir chegar ao destino em menos tempo.

Atividades como esta, além de apresentarem algo novo nos critérios de ensino-aprendizagem tradicionais e facilitar a fixação do conteúdo, ainda resgatam o tão importante trabalho em equipe e a competição saudável entre as mesmas.

O tabuleiro e as cartas foram confeccionados para 4 equipes, podendo ser ampliado, desde que o número de professores e/ou fiscais envolvidos seja proporcional para que a dinâmica aconteça da forma correta.

É importante ressaltar que este jogo bem como outras técnicas de ensino aprendizagem apenas complementa a maneira tradicional de ensino. O intuito é somar e agregar, jamais substituir o que vem sendo feito até hoje.

As figuras ilustram 1 e 2 ilustram, respectivamente uma parte do mapa (tabuleiro) e uma das cartas.

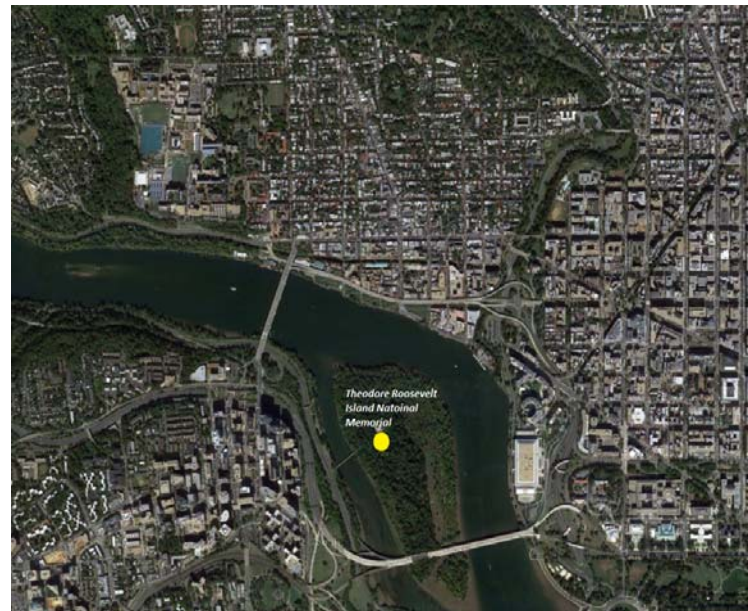


Fig. 1. Parte 4 do mapa

7ª CARTA:

Muito bem, Major-General! Agora você está em uma outra rotatória, chamada Scott Circle Park, dedicada ao general Winfield Scott. Por seu ótimo trabalho, você será promovido à Tenente General. Estamos chegando perto de encontrar o indivíduo tão procurado. Você terá mais uma tarefa a cumprir: encontrar o último dos ajudantes do mesmo, que está escondido aqui em Washington DC. Para isso, resolva: “Um vetor unitário \vec{V} forma com o eixo coordenado OX um ângulo de 60° e com os outros dois eixos OY e OZ ângulos congruentes. Calcule as coordenadas de \vec{V} ”.

Se $\vec{v} = \left(\frac{1}{2}, \frac{\sqrt{6}}{4}, \frac{\sqrt{6}}{4} \right)$ ou $\left(\frac{1}{2}, -\frac{\sqrt{6}}{4}, -\frac{\sqrt{6}}{4} \right)$,

vá para “The White House”;

Se $\vec{v} = \left(\frac{1}{4}, \frac{\sqrt{6}}{2}, \frac{\sqrt{6}}{2} \right)$ ou $\left(\frac{1}{4}, -\frac{\sqrt{6}}{2}, -\frac{\sqrt{6}}{2} \right)$,

vá para “Theodore Roosevelt Island National Memorial”.

Fig. 2. 7ª Carta do jogo

IV. CONCLUSÕES

O jogo intitulado “Onde estão?” foi desenvolvido para complementar os métodos tradicionais de ensino. Este jogo, propriamente dito, ainda não possibilitou um resultado

comparativo entre a melhoria do desempenho acadêmico dos alunos antes e depois da dinâmica. Fica como uma proposta, ainda para este trabalho, a demonstração destes resultados. De qualquer forma, a dinâmica vem para agregar conceitos e , conteúdos aos alunos e professores que fizerem uso da mesma.

Uma outra proposta seria a criação de um jogo on-line, onde os professores possam acrescentar exercícios e testes e os alunos resolvam com um limite de tempo pré-determinado.

REFERÊNCIAS

- [1] Direcionando uma disciplina virtual a resultados Lucia R. H. R. Franco, Dilma B. Braga Departamento de Educação a Distância – Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) Av. BPS 1303 – 37. 500-903 – Itajubá – MG – Brazil.
- [2] FRANCO, L. R. H. R. ; BRAGA, D. . Revolucionando as técnicas de aprendizagem da engenharia com o EaD.. In: World Congress on Engineering and Technology Education WCETE 2004, 2004, Guarujá. Engineering Education in the Changing Society, 2004. p. 1083-1087. B.
- [3] [3] Fragelli, R.R. (2012). Jogos Educativos como Estratégia para Aprendizagem Ativa em Cálculo: O Par ou Ímpar universitário e a Apneia das Funções Trigonométricas Inversas. Revista do IST, v. 1, p. 60-70.
- [4] DALE, E. Audio-visual methods in teaching. 3. ed. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1969.
- [5] FELDER, R. M.; SILVERMAN, L. K. Learning and teaching styles in engineering education. Journal of Engineering Education, Washington, DC, v. 78, n. 7, p. 674-681, 1988.
- [6] FELDER, R. M.; SOLOMAN, B. A. Index of learning styles.
- [7] FELDER, R. M.; FELDER, G. N.; DIETZ, E. J. A longitudinal study of engineering student performance and retention V: comparisons with traditionally-taught students. Journal of Engineering Education, Washington, DC, v. 87, n. 4, p. 469-480, 1998. Disponível em: <http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/long5.html> Acesso em: 20 out. 2012.
- [8] FRAGELLI, R.R. ; MENDES, F. M. . Batalha Naval dos Extremos Locais: Jogos de Aprendizagem para o Ensino dos Cálculos. In: PAEE'2011 - Project Approaches in Engineering Education: Aligning Engineering Education with Engineering Challenges, 2011, Lisboa. Third International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE 2011): Aligning Engineering Education with Engineering Challenges, 2011. v. 1. p. 91-97
- [9] FRAGELLI, Ricardo Ramos, MENDES, Fábio Macedo. “Onde está Osama?”: um jogo educativo na área de Física. Participação, Brasília, n. 20, set. 2012. Disponível em: <http://seer.bce.unb.br/index.php/participacao/article/view/6398>. Acesso em: 14 fev. 2013.

O Cálculo Diferencial e Integral e Suas Aplicações na Física

Amanda de Souza Silva

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
amanda.souza@gec.inatel.br

Mariana Baracat de Mello

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
marianabaracatdemello@gmail.com

Daniela Barude Fernandes

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
daniela.fernandes@inatel.br

Resumo – A proposta consiste em aplicar o cálculo na disciplina de Física I dos cursos de Engenharia, onde o aluno encontra dificuldade em adaptar e interpretar certos conteúdos. O objetivo é elaborar um material didático com aplicações do Cálculo nos diversos conteúdos de Física I, com o intuito de despertar o raciocínio lógico e a interdisciplinaridade.

Palavras-chave – aplicação didática, cálculo integral, física, interdisciplinaridade.

I. INTRODUÇÃO

O Cálculo Integral é um ramo importante da matemática, que auxilia vários conceitos e definições das mais diversas áreas das ciências exatas. E entre elas está a Física, base de toda a engenharia e tecnologia. Desenvolvida em função da necessidade do homem de conhecer, controlar e reproduzir as forças da natureza para seu benefício, através da observação dos fenômenos naturais e da busca por padrões e princípios físicos que se relacionam.

A prática interdisciplinar permite sincronizar diversas áreas do conhecimento, além de uma maximização da aprendizagem, sendo portanto, uma das motivações para desenvolver uma nova abordagem de ensino para a disciplina de Física, através da aplicação de conceitos vistos em Cálculo. Embora os estudantes possuam o conhecimento do Cálculo, ainda há muita dificuldade para aplicá-lo no contexto da Física.

Através desta interdisciplinaridade os alunos podem perceber a ligação e a dependência entre essas duas disciplinas, e ainda a importância dos assuntos estudados. Sendo assim, foram elaborados vários exercícios envolvendo conceitos das duas áreas com o objetivo de aumentar a compreensão por temas relacionados com a sincronização entre elas, já que as referências bibliográficas usadas quase não possuem aplicações de Cálculo nos exercícios propostos.

Os problemas criados visam à abordagem e a aplicação de conceitos já vistos em Cálculo Integral pelos alunos, como a análise gráfica e uso das ferramentas matemáticas como integral e derivada, em assuntos da Física. O material didático envolve os conteúdos físicos de movimento em uma e em duas ou três dimensões, trabalho de forças variáveis, impulso de forças variáveis, movimento de

rotação e trabalho no movimento de rotação. Todos os temas são interdisciplinares a fim de reforçar o conhecimento adquirido anteriormente.

Os softwares utilizados foram Winplot e Matlab.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

O conteúdo de mecânica é o primeiro contato que o aluno tem com a disciplina de física em todos os tipos de modalidades de ensino. A matemática é um dos principais motivos para as dificuldades, principalmente a necessidade de abstração da parte do aluno com os fenômenos estudados. Deve-se atentar para o fato, porém, de que, além das ferramentas de cálculo, para que o aluno tenha sucesso em um curso de física, é preciso que ele domine os conceitos básicos que são explorados pela disciplina, bem como possua a habilidade para interpretar e criar gráficos.

III. METODOLOGIA

Para a elaboração dos exercícios levou-se em conta a importância das ferramentas já vistas do cálculo diferencial e integral, como o uso da integral definida no cálculo de área. Outro importante fator, foi deixar visível o quão fácil pode ser a física, se compreendida de forma simples e divertida.

IV. DESENVOLVIMENTO

Alguns exercícios serão agora descritos a fim de ilustrar o objetivo deste trabalho.

Na análise de movimento dos corpos é importante que o aluno saiba a relação entre três grandezas: deslocamento, velocidade e aceleração. Além disso, é necessário saber diferenciar os conceitos de taxa de variação instantânea e taxa de variação média.

Os primeiros exercícios elaborados têm como objetivo obter informações do movimento de um móvel, como velocidade média, velocidade instantânea, aceleração média e aceleração instantânea, conhecendo apenas a equação horária que descreve o movimento. Nesses casos tem-se a utilização da ferramenta matemática derivada.

Para se determinar a velocidade média num intervalo de tempo deve-se utilizar a taxa de variação média descrita por:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s - s_o}{t - t_o} \quad (1)$$

Já para o cálculo da velocidade num instante de tempo, utiliza-se a taxa de variação instantânea, conforme a expressão a seguir:

$$v = \frac{ds}{dt} \quad (2)$$

O mesmo é feito para o cálculo da aceleração média e da aceleração instantânea:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_o}{t - t_o} \quad (3)$$

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (4)$$

A utilização da integral foi abordada em problemas com interpretação de gráficos. Na física, a área de um gráfico velocidade versus tempo, corresponde ao deslocamento feito pelo móvel num determinado intervalo de tempo. Já a área de um gráfico força versus deslocamento, representa o trabalho realizado por essa força.

Como exemplo dessa aplicação considere que um bloco com massa “m” saia do repouso e deslize por uma rampa inclinada com a força de atrito descrita pelo gráfico a seguir:

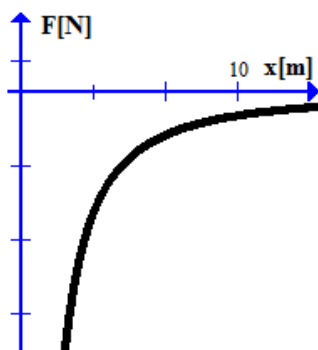


Figura 1: Gráfico da força de atrito.

Como calcular a força de atrito após “x” metros de deslocamento? Nesse exemplo o gráfico é fornecido para análise do que está acontecendo com a força de acordo com a distância; para a resolução desse problema é necessário que aluno saiba o conceito físico de que a integral da força de atrito em relação ao deslocamento, gera o trabalho de atrito desejado em joules.

V. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentada uma aplicação diferenciada para ajudar alunos na aprendizagem da disciplina de física I, que se baseia em aplicar a ferramenta integral e o cálculo diferencial, abordando problemas simples ao mais complexo. Foram também apresentados dois exemplos de como aplicar a ferramenta com alguns comentários relevantes ao estudo do aprendizado. Por fim, uma citação que resume a motivação deste trabalho: "Estimular os alunos a levantar problemas e identificar as respectivas alternativas de solução é uma atitude docente transformadora, pois esse tipo de exercício conjunto na sala de aula leva à reelaboração e produção de conhecimentos".

REFERÊNCIAS

- [1] MAURI, Teresa. *O que faz com que o aluno e a aluna aprendam os conteúdos escolares?* In: COLL, Cesar et. al. *O construtivismo na sala de aula* 6a. Edição. Editora Ática. São Paulo. Brasil. 2002. pp.79-122.
- [2] Plano de Ensino da disciplina de NB207
- [3] YOUNG, Hugh D. Sears e Zemansky Física I: Mecânica. 12ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008. 403p.

Educação à Distância: o uso das novas tecnologias de informação e de comunicação para transformar o aprendizado

Gabrielle Pereira Camargo

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
gabriellecamargo@gec.inatel.br

Luiz Felipe Simões de Godoy (Orientador)

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
luizfelipe@inatel.br

Resumo— As deficiências nos conteúdos matemáticos, referentes ao ensino médio, apresentadas pelos alunos ingressantes nos cursos de engenharia é um dos obstáculos enfrentados pelos alunos e professores no núcleo básico. Um dos assuntos que merecem importante destaque é a Trigonometria. O estudo das Funções Trigonométricas são pré-requisitos necessários para diversas disciplinas de engenharia. Este trabalho tem como objetivo geral, minimizar essas deficiências, ao mesmo tempo, estimular a formação de engenheiros, despertando o interesse vocacional dos alunos de ensino médio para engenharia. Para isto, foi desenvolvido, em parceria com o Núcleo de Educação à Distância do Inatel (NEaD), um conjunto de ferramentas educacionais, que serão apresentadas na forma de minicursos, à distância, para algumas escolas de ensino médio, e ainda, utilizadas pelos novos alunos no núcleo básico da engenharia.

Palavras chave — Dificuldades de Aprendizagem, Ferramentas Tecnológicas, Trigonometria.

I. INTRODUÇÃO

Acredita-se que a tecnologia pode ser uma aliada na motivação do interesse dos alunos para o estudo e, a inovação no modo de educar está justamente em utilizar as novas tecnologias de informação e de comunicação para transformar o aprendizado. Segundo [1], “Saber ensinar não é transferir conhecimentos, mas é criar as possibilidades para sua própria produção ou a sua construção.” (FREIRE, 2006,p.47) É dentro desta perspectiva que este trabalho se alinha, utilizar as tecnologias desenvolvidas para educação a distância no intuito de promover o ensino e a aprendizagem. Porém, isto só será possível se às tecnologias forem somadas metodologias pedagógicas atraentes, humanizadoras e que vislumbrem o aluno a todo instante. Uma metodologia, baseada na educação à distância, pode ser capaz de atender aos diversos estilos de aprendizagem que se preocupam com o desenvolvimento das competências, habilidades e atitudes relativas à forma de estudar. Através da elaboração de situações-problema, alimentadas e provocadas constantemente pelo mediador (tutor), poder-se-á, proporcionar feedback técnico e afetivo,

estimulando e motivando o aluno a “aprender a aprender”, como é citado em [2]:

“Qualquer processo formativo só tem a ganhar se se preocupar, antes de mais nada, com a construção da capacidade de construir; como regra, qualquer curso deveria começar com um “ciclo básico” comum propedêutico, no qual, todos, sem exceção, seriam motivados a passar no aprender para o aprender a aprender.” DEMO, 1995, p.31)

Neste contexto, configura-se como trabalho do pesquisador, a elaboração e confecção do material didático sobre conceitos e aplicações matemáticas da trigonometria e das funções trigonométricas. Convergindo didaticamente para as perspectivas de suas aplicações nos cursos de engenharia e tecnologia. Os pesquisadores serão os autores responsáveis pela transformação do conceito e exercitação em conteúdos motivadores, que despertem o interesse e motivem a aprendizagem dos alunos para os quais serão oferecidos minicursos à distância. De acordo com [3]:

“o autor é responsável pela produção do material didático impresso ou nos portais educacionais, que se insere no contexto da produção do conhecimento, trabalhando conteúdos que terão um caráter coletivo e que contempla: a problematização dentro do contexto do aluno, o diálogo entre todas as partes envolvidas nesse processo e a reflexão diante do resultado obtido.” (FONSECA;FONSECA, 2006)

Ao orientar a aluna pesquisadora, na confecção deste minicurso, houve a preocupação de adequar sua produção a uma linguagem atrativa aos jovens. Além disso, procurou-se proporcionar uma maior autonomia, tornando o estudante, um ser mais crítico, reflexivo, capaz de ensinar e aprender ao mesmo tempo pelas interações existentes entre aluno-aluno, tutor-aluno e aluno-tutor.

Neste intuito, este trabalho, visa produzir materiais educativos e didáticos que contemplarão o funcionamento de tecnologias atuais e do cotidiano ligadas à engenharia por meio das potencialidades ligadas à EaD.

II. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo geral, minimizar as deficiências matemáticas referentes ao ensino médio,

apresentadas pelos alunos, mais especificamente, no ensino da Trigonometria. O estudo das Funções Trigonométricas são pré-requisitos necessários para diversas disciplinas de engenharia, assim como: Cálculo, Álgebra e Física. A intenção é preparar melhor o aluno do ensino médio para as aplicações da Trigonometria, isto é, aumentar seus conhecimentos sobre Trigonometria e, ao mesmo tempo, estimular a formação de engenheiros, despertando o interesse vocacional para engenharia. Para isso, elaborou-se um material didático que será utilizado em minicursos à distância para alunos de ensino médio e, que poderá ser utilizado no início do ciclo básico dos cursos de engenharia, como auxílio nos estudos. Acredita-se que através da utilização dos recursos tecnológicos seja possível motivar o interesse dos jovens que, nesta geração, estão intimamente ligados às ferramentas computacionais.

III. CONFECÇÃO

Para o bom desenvolvimento do projeto foi estudado elementos essenciais no planejamento de programas em EAD, videoconferência, quadro branco e softwares como Aulanet, WebCT e WCB. Além disso, durante a confecção da apostila, foram estudados os diversos temas de matemática básica dentre eles, o teorema de Pitágoras e Tales.

Ao apresentar exercícios contextualizados baseados em situações do dia-a-dia despertamos mais interesses dos alunos na resolução e visualização dos mesmos, facilitando a compreensão e aumentando o desempenho dos estudantes.

A apostila foi elaborada, procurando primar pela simplicidade e clareza para melhor entendimento do aluno, tendo como principais fontes de pesquisas teóricas, livros didáticos de matemática de autores brasileiros com grande experiência de magistério.

O ensino da matemática é, sobretudo, possibilitar o desenvolvimento geral das capacidades de raciocínio, de análise e de visualização. Sendo assim, foi prerrogativa na confecção do material, elaborar e/ou selecionar exercícios de autores que trabalham com propostas que exploram o contexto e o cotidiano dos jovens. Para isso, foi preciso fazer um levantamento bibliográfico de alguns autores indicados pelo professor orientador. Dos autores pesquisados, dois foram os principais norteadores deste trabalho, a saber: Luiz Roberto Dante e Manoel Rodrigues Paiva. O primeiro, Luiz Roberto Dante é livre-docente em Educação Matemática pela Unesp – Rio Claro, SP; doutor em Psicologia da Educação: *Ensino da Matemática*, pela PUC-SP e mestre em Matemática pela USP. Atualmente ministra cursos e palestras sobre aprendizagem e ensino da Matemática para professores do Ensino Fundamental e Médio e, ainda, escreve livros didáticos e paradidáticos de Matemática para o Ensino Fundamental e Médio. Manoel Rodrigues Paiva é licenciado em Matemática pela Faculdade de Filosofia, Ciência e Letras de Santo André, possui mestrado em Educação Matemática pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo e foi professor do Ensino Fundamental, Médio e de curso pré-vestibular durante 29 anos. Com este levantamento concluído passamos a fase de avaliação das questões. Investigamos os exercícios que contemplavam em suas soluções aplicações da trigonometria

no contexto do aluno de ensino médio. Assim, faz parte deste contexto as questões de Física nas quais os elementos da trigonometria são amplamente utilizados, como decomposição de vetores, inclinação de uma rampa, campo visual. Além disso, foram consideradas situações do dia a dia em que a curiosidade motiva a apreensão dos conhecimentos matemáticos. Foram explorados também exercícios que contemplam as conversões entre os registros de representação semiótica, isto é, a conversão dos registros algébricos em figurais. Como exemplo, podemos citar as conversões das funções em sua forma algébrica $f(x) = \sin(x)$ na forma gráfica:

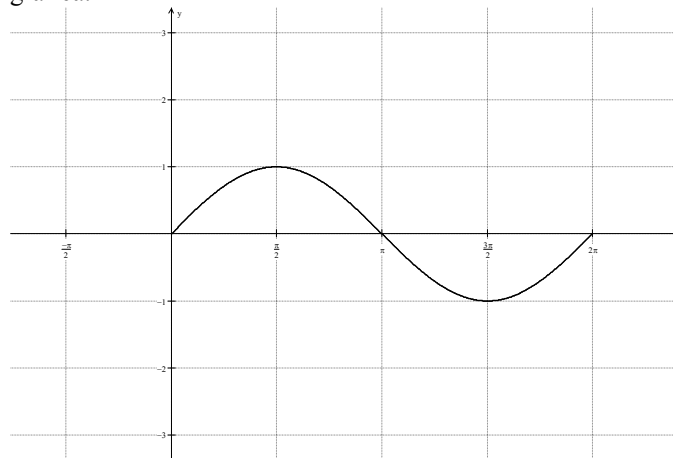


Fig. 1. Gráfico da função $f(x) = \sin(x)$

Em todos os assuntos abordados na confecção da apostila, priorizou-se explorar as representações figurais. Assim, nas definições das funções seno, cosseno, tangente, cotangente, secante e cossecante, as representações geométricas foram contempladas. Não apenas as curvas das funções, mas as representações no ciclo trigonométrico.

Após a confecção do material didático, com ajuda do EaD, todo o material foi convertido em livro virtual que será disponibilizado no site do Inatel, para a utilização pública. Esse mesmo material poderá ser utilizado para os minicursos à distância oferecido aos alunos de Ensino Médio da rede particular e pública. A intenção é continuar este trabalho desenvolvendo para o EaD jogos e Quizzes com o motivo do estudo da trigonometria. Acreditamos que este material disponibilizado através das ferramentas tecnológicas do EaD, pode motivar o interesse dos jovens para a pesquisa na busca do conhecimento.

IV. CONCLUSÕES

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela, tampouco, a sociedade muda.” Paulo Freire.

Este trabalho nos proporcionou, primeiramente, uma reflexão sobre os saberes matemáticos. Aprendemos através das diversas Teorias que, saber matemática é reconhecer o objeto matemático nos diversos registros de representação, e

ainda, saber transitar por esses registros. Entendemos que ao apresentar aos alunos, exercícios propostos contextualizados na forma de situações cotidianas a motivação para sua realização deve ser positiva. Podemos fazer essa conjectura, pois a geração de jovens alunos que estão passando pelo Ensino Médio, em sua grande parte, está intimamente ligada ao uso das tecnologias. Isso nos leva a inferir que a possibilidade de estarem conectados com o conhecimento através das ferramentas tecnológicas, por si só, cria um laço de relacionamento com o estudante. A nossa perspectiva para este trabalho oferecer minicursos aos alunos das escolas públicas, através do ensino à distância, proporcionando um material didático simples e de fácil leitura.

REFERÊNCIAS

- [1] FREIRE, Paulo. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. 34. ed. São Paulo: Editora Paz e Terra, 2006.
- [2] DEMO, P.. Educação e qualidade. 2. ed. Campinas, SP: Papirus, 1995.
- [3] FONSECA, J. J. S.; FONSECA, S. M. H. P.. Professores autores de material didático para educação a distância: relato do processo de acompanhamento pedagógico. Seminário da Associação Brasileira de Educação a Distância. Brasília, DF. Disponível em: < HTTP://www.abed.org.br/seminario2006/pdf/tc049.pdf >. Acessado em 20 de setembro de 2012.
- [4] D'AMBROSIO, U. Da Realidade à Ação: Reflexões sobre Educação e Matemática. São Paulo: Summus; Campinas: Ed. Da Universidade Estadual de Campinas, 1986.
- [5] Maria da Graça Nicoletti Mizukami e Luis Roberto de Camargo Ribeiro; Uma Implementação da Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) na Pós-Graduação em Engenharia sob a Ótica dos Alunos. Semina: Ciências Sociais e Humanas, Londrina, v. 25, p. 89-102, set. 2004
- [6] DANTE, Luiz Roberto. Matemática Contextos & Aplicações. Vol. 1 e 2. Editora Ática. São Paulo, 2012.
- [7] PAIVA, Manoel Rodrigues. Matemática: Conceitos, linguagem e aplicações. Vol. 1 e 2. Editora Moderna. São Paulo, 2002.

ANEXOS

ANEXO I

Em um campo de futebol em suas laterais existe uma árvore, deseja-se medir a distância de uma trave a outra, sabendo que a distância da árvore até a trave A é 5m e da trave B é de 8m, e o ângulo B é igual a 60° . Quanto mede a distância entre as duas traves?

ANEXO II

(CFT-PR) Pedrinho não sabia nadar e queria descobrir a medida da parte mais extensa (AC) da "Lagoa Funda". Depois

de muito pensar, colocou 3 estacas nas margens da lagoa, esticou cordas de A até B e de B até C, conforme figura abaixo. Medindo essas cordas, obteve: med (AB) = 24 m e med (BC) = 18 m.

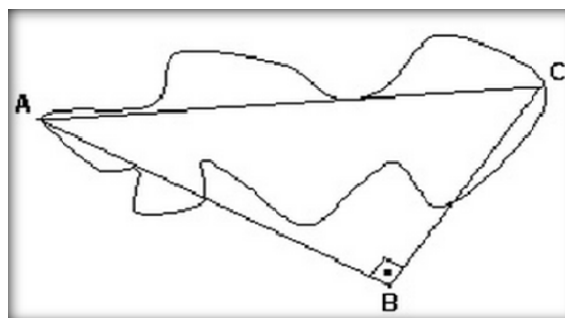


Fig. 2. Exercício do anexo II

Usando seus conhecimentos matemáticos, Pedrinho concluiu que a parte mais extensa da lagoa mede:

- a) 30m. b) 28m. c) 26m. d) 35m. e) 42m.

ANEXO III

(UFBA) A figura mostra a posição de um avião observado a partir de dois pontos, A e B, localizados no solo e distantes 1 Km um do outro. Sabe-se que, nesse instante, o avião dista, respectivamente, $\sqrt{88}$ km e 9km, dos pontos A e B. Nessas condições, determine a altura do avião, em relação ao solo, no instante considerado.

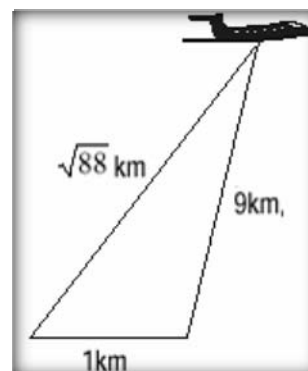


Fig. 3. Exercício do anexo III

Estudo e Desenvolvimento de um Sítio Virtual para Auxílio do Estudo de Física

Karina Perez Mokarzel

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
karina@inatel.br

Felipe Chaves

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
felipe.chaves@inatel.br

Kennety Diego Ribeiro

Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel
kennety@gee.inatel.br

Thamer Kersul Brito

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
thamer@gee.inatel.br

Resumo— Foi desenvolvido um sítio virtual para o auxílio no estudo de física. Neste sítio o aluno poderá testar o seu conhecimento com resoluções de exercícios contidos em um banco de dados e a cada resolução correta acumulará pontos que serão amostrados em um ranking. Este ranking tem como principal intuito disseminar uma competição, afim de motivar o estudo. O professor poderá acompanhar seus alunos através do site. Utilizamos a ferramenta computacional para despertar maior interesse, como um novo modelo de estudo, no qual aplicamos o conteúdo de forma digital e interactiva permitindo assim auxiliar aqueles que almejam melhorar seu aprendizado.

Palavras-chave: Física, Ensino-Aprendizagem, site, sítio virtual.

I. INTRODUÇÃO

A. A busca de novas formas de aprendizagem.

Segundo a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, professor Emérito da Universidade de Columbia, em Nova Iorque: “Para que se consiga a aprendizagem significativa, uma condição básica é que o aluno tenha uma disposição para aprender e que o material de ensino (aula, textos, lâminas, ...) sejam potencialmente significativos. Quando falo em potencialmente significativos, quero dizer que não é qualquer aula que trás um novo ambiente para a aprendizagem significativa”[1]. Conforme o pensamento de Ausubel, buscamos uma nova ferramenta que tenha valor significativo no ensino. Utilizamos o meio computacional pois as simulações, experiências digitais, videos aula etc... são formas diferentes de estudo que acabam tornando-se atraentes por serem um método atual e eficiente de transmitir e aplicar conteúdos. Permitindo assim aos docentes, competência de proporcionar aos alunos experiências de aprendizagem eficazes e de novas maneiras.

A utilização desta técnica tem sido inovadora podendo ser altamente eficaz. Assim que o aluno é motivado a usar a nova ferramenta, ele pode estar cada vez mais perto de descobrir

aonde estão suas maiores dificuldades assim que for desenvolvendo as atividades proposta. Além de ter um instantâneo auxílio de verificar sugestões bibliografias que contém o assunto no qual tem apresentado problemas, o aluno poderá contactar o professor rapidamente com e-mails disponíveis no portal. Vale a pena ressaltar que o aluno pelo Sítio Virtual, terá disponível todo material de apoio que o professor julgar necessário para o decorrer da atividade e conteúdo extras de renomados professores de Física de diversas Universidades.

Celulares, tablets e outros dispositivos vão permitir que a aplicação do conhecimento esteja cada vez mais próximo. O estudante passa a ter uma mobilidade em aprender. O estudante começa uma tarefa em sala e pode acaba-la em casa.

“O aluno não pode mais ser visto como um silo onde o professor estoca informações para uso eventual no futuro. Mais importante do que memorizar dados é a habilidade de identificar problemas e saber onde encontrar a informação necessária para solucioná-lo”.[2]

O professor nesse momento se torna mediador do processo de aprendizagem e não apenas como transmissor de informações.

Não será necessário cursos para a utilização do sítio. É de maneira simples que o aluno a qualquer mometo possa iniciar seu uso, a partir do momento que o site estiver disponível na rede geral.

B. A necessidade de introdução do meio computacional nos estudos.

A tecnologia é cada vez mais presente na realidade das crianças e jovens, matriculados tantos nas escolas da rede pública quanto na rede privada. Contudo, apesar do contexto social apresentar diferenças, a capacidade de construir conhecimento a partir desta ferramenta torna-se semelhante. O que permite entre linhas sua ampla utilização em um futuro próximo.

É evidente que o uso do site revela um elemento de apoio à construção do conhecimento e não roubará a cena de um de uma sala de aula comandada por um professor de maneira

alguma. Portanto inovar, criar, experimentar é, pois, desafios importantes na vida profissional que tanto serviram aos docentes quanto aos discentes.

A introdução do computador, como recurso didático, começou por causar mudança no processo de produção escolar, pois, atualmente os alunos já manifestam capacidade de pesquisa como complemento do livro didático, digitação e apresentação de comunicação com os professores, além do fato do professor ter a oportunidade de propor determinados assuntos. Existem aplicativos que permitem a incorporação de ideias, a partir, de pesquisas instantâneas relacionadas com o tema da aula que podem complementar o assunto do professor de forma qualitativa e quantitativa. Como é o caso do mindmap e do brainstorm.

II. O DESENVOLVIMENTO

A implementação desta ferramenta é um passo importante para o auxílio do estudo-aprendizagem de Física pois estamos vivenciando a era digital e isso é um ponto positivo para despertarmos o interesse dos jovens em usá-la já que são a maioria do público alvo.

A. A Programação Utilizada.

A necessidade da utilização de uma linguagem que exige estudos lógicos programáveis de boa repercussão foram fatores que influenciaram o uso do PHP, HTML, JAVASCRIPT e CSS. Por exemplo o desenvolvimento da página Web foi criada a partir destas linguagens. O servidor responsável pelo controle de todo o banco de dados contendo a programação do projeto e todo controle de usuários, páginas e banco de dados foi MySQL.

O modelo proposto para implementação necessita de um computador local que armazenará o MySQL. Este servidor poderá ser acessado apenas pelos desenvolvedores.

Na implementação em questão foram necessários meses de desenvolvimento das páginas e correções.

Com relação ao usuário o site ficou muito amigável de forma que permite seu uso por qualquer estudante logado na rede interna.

B. As Páginas.

No primeiro acesso o usuário terá de preencher um cadastro simples contendo somente dados necessários para a utilização da ferramenta. Após realizado o cadastro já é possível acessar o conteúdo do programa.

Fig. 1. Cadastro.

A seguir temos a página inicial para fazer o login do usuário, sendo ele aluno ou professor. Após cadastrado.

Fig. 2. Login.

Dentre as outras páginas vistas nas abas superiores do site, a página de exercício é o principal foco. É o ambiente onde estão dispostos os exercícios para resolução e um campo ao lado de dúvidas, que nesse caso é uma referência bibliográfica, caso o aluno sinta uma certa dificuldade na questão ele deve verificar a referência e revisar o conteúdo.

No canto direito da página podemos visualizar o ranking que é o ambiente de competição onde os nomes dos usuários com mais exercícios resolvidos aparecerão.

Aba home, página inicial, explicando o site e os parceiros do projeto. Aba matéria, local onde o aluno tem acesso aos materiais publicados pelo professor e videoaulas. Aba bibliografia, contém as referências utilizadas para desenvolvimento dos exercícios. Veja Exemplo na figura abaixo.

Fig. 3. Exercício Aluno.

Na página a seguir o professor poderá adicionar exercícios, listar, modificar e apagar. O ranking do professor mostra todos os participantes do projeto, inclusive a matrícula, para que no final do semestre ele possa gratificá-los de acordo com o combinado. Outros dados permitirão que o rendimento dos alunos seja monitorado em tempo real. Quando as atividades são atualizadas na rede, o professor consegue não só avaliar mas também observar quais questões cada aluno não conseguiu resolver e quais demoraram mais tempos. Essa opção é um adicional importantíssimo ao professor pois a partir destas considerações poderá trabalhar melhor um tema ou assunto dentro da sala de aula o que torna evidente que não é a intenção afastar alunos da aula presencial.

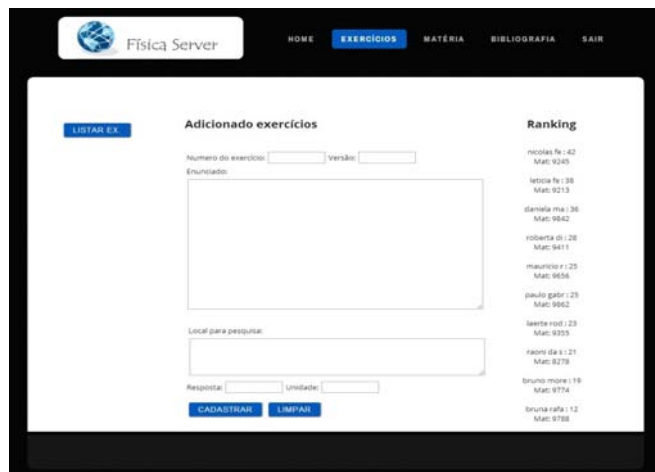


Fig. 4. Exercício Professor.

III. CONCLUSÕES

O site foi aplicado no segundo semestre de 2013 na rede interna do Instituto Nacional de Telecomunicações – INATEL para os alunos matriculados na matéria de física 2 e teve uma ótima repercussão sendo aprovados pelo professores e alunos da disciplina. Lembrando que as bibliografias de referências são todas de acesso aos alunos do INATEL contendo exemplares suficientes para todos que estavam cadastrados. É possível aproveitar desta tecnologia de várias formas por exemplo: se um professor optar por gerar uma competição paragaratificar seus melhores alunos ou apenas divulgar como uma forma alternativa de estudo, são algumas das opções possíveis, além de permitir que o professor faça atualizações e possa acrescentar conteúdo just in time.

REFERÊNCIAS

- [1] Moreira, M. A. Teoria de Aprendizagem. 2ªed. São Paulo: Editora EPU, 2001. P.151.

- [2] Aprenda do seu Jeito. Revista Galileu. ISSN: 01415-9856. Nº272 (março 2014), p. 86.
- [3] SEARS, ZEMANSKY. Física IV: ótica e física moderna. - 10ª ed. - São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004.
- [4] HALLIDAY, David, RESNICK, Robert, KRANE, Kenneth S. Física 2. - 4ª ed. - Rio de Janeiro: LTC Editora S.A. - 1996.
- [5] HALLIDAY, David, RESNICK, Robert, KRANE, Kenneth S. Física 4. - 4ª ed. - Rio de Janeiro: LTC Editora S.A. - 1996.
- [6] NIEDERAUER, Juliano. PHP para quem conhece PHP: recursos avançados para criação de websites dinâmicos. - 1ª ed. - São Paulo: Novatec Editora LTDA, 2004.
- [7] CASTRO, Elizabeth. HTML: para a world wide web.- 1ª ed. - São Paulo: Makron Books do Brasil Editora LTDA, 2000.
- [8] (manual online) PHP Group. (2013, outubro). Manual do PHP. Disponível: http://www.php.net/manual/pt_BR/.
- [9] SEARS, ZEMANSKY. Física II: termodinâmica e ondas. - 10ª ed. - São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2003.

Kennety Diego Ribeiro nasceu em Inconfidentes, MG, em 15 de Dezembro de 1991. Possui o título: Técnico de Informática pelo Instituto Federal do Sul de Minas, campus Inconfidentes (IFE, 2009).

Atualmente está cursando o quarto ano de Engenharia Elétrica pelo Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL) e tem interesse nas áreas de Processamento digital, computação e telefonia móvel.

Já participou de feiras tecnológicas sendo em uma delas premiado em Terceiro lugar com o projeto: “bloqueador de veículo via celular” pelo INATEL, 2010.

Thamer Kersul Brito nasceu em Pouso Alegre, MG, em 29 de Outubro de 1990. Possui o título: Técnico em Telecomunicações pela Escola Técnica de Eletrônica (ETE “FMC” – Santa Rita do Sapucaí –MG, 2008).

Atualmente está cursando o quarto ano de Engenharia Elétrica pelo Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL) e tem interesse nas áreas de Processamento digital, computação e fibra óptica.

Já participou de várias feiras tecnológicas e já foi premiado pelo Núcleo de Empreendedorismo do INATEL como melhor Projeto Inoador com o Projeto: “Tênis Térmico”, 2008.

Desenvolvimento de um Aplicativo para Celulares das Pessoas com Deficiência Auditiva para Situações Emergenciais

Aline Aires Teixeira

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
alinea@gee.inatel.br

Cláudia Cristina Garcez

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
claudia.garcez@inatel.br

Bruna Tavares Leite

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
brunatavares@geb.inatel.br

José Maria da Silva Souza

Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel
jmaria@inatel.br

Resumo— Este projeto se refere ao desenvolvimento de um aplicativo para deficientes auditivos em situações emergenciais, bem como estudo de linguagem de programação. O objetivo é desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis, direcionado aos usuários, para que seja possível comunicação entre eles e entidades públicas. Foi elaborada uma pesquisa sobre o funcionamento de aplicativo baseado na linguagem de programação JavaScript, utilizando um ambiente aberto de desenvolvimento chamada de Titanium. Os resultados obtidos foram o desenvolvimento do aplicativo como criação de vídeo e ícones para implementar nas telas de exibição. Conclui-se que o projeto terá que ter continuidade, mas é possível identificar que o software visa obter conforto, acessibilidade e segurança para deficientes auditivos para garantir inclusão social.

Palavras chave— Deficiência auditiva; Inclusão social; Linguagem de sinais; Software;

1. INTRODUÇÃO

De acordo com censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2010, a deficiência auditiva atinge 9,7 milhões de brasileiros, isto é, apresenta a porcentagem de 5% dos brasileiros que possuem essa deficiência. [1]

A maior parte dessa população com deficiência são deficientes auditivos, ou seja, são aqueles que perderam audição aos poucos devido à doença, lesão ou idade. É interessante saber que a maioria dos ouvintes desconhece a carga semântica que os termos *mudo*, *surdo-mudo* e *deficiente auditivo* evocam. É facilmente observável que, para muitos ouvintes alheios à discussão sobre a surdez, o uso da palavra *surdo* pareça imprimir mais preconceito, enquanto o termo *deficiente auditivo* parece-lhes ser mais politicamente correto. [2]

Na verdade, as pessoas quando nascem surdas a maioria rejeitam o uso do aparelho auditivo porque nunca conviveram com audição, defendem a LIBRAS (Língua Brasileira de Sinais) como sua própria língua e sua cultura. Enquanto os deficientes auditivos lutam pela igualdade social e “normalização” do ser humano, por isso comunica por meio de língua oral.

Por causa dessa diferença entre surdos e deficientes auditivos, é necessário que o aplicativo divida-se em duas formas de entendimento inclusive botões de opção: “Ler Texto” e “LIBRAS”.

Há tecnologias eficientes que auxiliam os surdos e deficientes auditivos de qualquer grau, entretanto essas tecnologias são de alto custo e podem causar a dificuldade da pessoa surda, pois essas tecnologias existentes não são móveis, ou seja, necessitam estar conectadas a rede elétrica de forma permanente.



Fig 1. Telefones TPS01 e TPS03. [3]

Outra tecnologia a ser ressaltada que é de uso dos surdos seria o VPAD da empresa Viable. Este aparelho funciona por meio de intermediação dos interpretes de LIBRAS que irão interpretar os sinais dos surdos para comunicar com ouvintes e depois irá sinalizar para surdos o que os ouvintes falam.



Fig 2. Software VPAD. [4]

Além disso, é possível enviar SMS (Short Message Service) para entidades públicas através da empresa ILIBRAS. Ela oferece aos surdos e pessoas com deficiência auditiva e da fala, o serviço de intermediação, quebrando as barreiras na comunicação entre surdos e ouvintes através de mensagens tipo SMS, atendimento on line (chat) ou e-mail que serão intermediadas em via oral para pessoas ouvintes com quem o surdo deseja se comunicar. Entretanto, o Serviço de intermediação para surdos tem planos de pagamento mensal, semestral ou anual escolhido pelos clientes.



Fig. 3. Sistema ILIBRAS.

Infelizmente a maioria das pessoas surdas e deficientes auditivos ainda são dependentes da família e interpretes para obter auxílio por motivo de emergência ou urgência. Essa falta de independência traz casos graves para usuários como constrangimento e leva ao atraso na realização dos serviços de emergência, por exemplo. [5]

Foi realizada uma entrevista com entidades públicas em Santa Rita do Sapucaí-MG e em Pouso Alegre-MG para saber como elas socorrem e se existe alguma tecnologia disponível nessas cidades, mas houve a afirmativa que o socorro sempre aconteceu por meio de ligações telefônicas para os familiares ou com a ajuda de interpretes.

Daí surgiu a ideia de desenvolver o aplicativo que facilite o manuseio dos usuários com muita segurança, viabilidade e de fácil entendimento para os usuários. Pode ser utilizado em todos os ambientes internos ou externos a sua residência, além disso, agilizar o socorro sem intermediação. Isto poderá ser realizado através de servidor para melhorar a comunicação entre entidades públicas e usuários. A principal vantagem do aplicativo é que será utilizado em um aparelho celular, ou seja, poderá estar com o usuário todo momento que precisar.

II. OBJETIVO

Desenvolver um aplicativo para celular baseado na linguagem de programação JavaScript.

Auxiliar pessoas surdas na comunicação com uso do aplicativo do celular em situações de emergência e/ou urgência.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

A. Funcionamento do Projeto

O aplicativo baseia-se na linguagem de programação JavaScript, utilizando um ambiente aberto de desenvolvimento de aplicativo chamada de Titanium. Esse ambiente é extensível para a criação de belos aplicativos nativos em diferentes dispositivos móveis e sistemas operacionais, incluindo iOS, Android e BlackBerry, bem como híbridos e HTML5. Ele inclui uma fonte aberta SDK (pacote de desenvolvimento de software) que permite aos programadores elaborarem aplicativos para rodarem em uma plataforma específica. Ele conecta com internet APIs (Interface de Programação de Aplicativo). Esta interface é o conjunto de padrões de programação que permite a construção de aplicativos e a sua utilização de maneira não tão evidente para os usuários. Usa-se um IDE (um ambiente integrado para desenvolvimento de software) baseado em Eclipse, quadro MVC que é um padrão de arquitetura de software que separa a informação (e as suas regras de negócio) da interface com a qual o usuário interage. Baseado também em Cloud Services (“nuvem de serviços”) para um back-end móvel pronto para uso. Esse back-end é o nível mais baixo de programação, banco de dados e armazenamento de dados e responsável por todo processamento final dos dados recebidos. [6] [7] [8] [9]

Há dois tipos de entendimentos dos surdos dentro do aplicativo: “Ler Texto” e “LIBRAS” (Língua Brasileira de Sinais). Esses aparecem opções, utilizando botões para clicar inclusive figuras na parte de Ler Texto e vídeos na parte de LIBRAS.

São apenas três perguntas para surdos responderem por meio de escolha de botões sobre qual entidade deseja chamar, o fato da emergência e existência de ferimento e, além disso, formará uma mensagem inclusive o nome onde será salvo por meio de cadastro e localização através de GPS (sistema de posicionamento global) para enviá-la ao outro aplicativo das entidades públicas. Depois das entidades públicas receberem essa mensagem aparecerá uma pergunta sobre quanto tempo irá demorar para socorrer o usuário.

Para conseguir enviar e receber mensagem é necessário o uso do servidor.

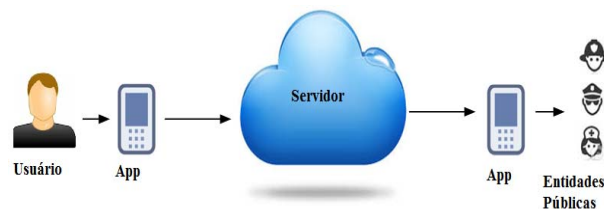


Figura 4. Desenvolvimento de aplicativos para usuários e entidades públicas.

IV. RESULTADOS

O primeiro aplicativo foi finalizado na parte de “Ler Texto” inclusive os ícones (imagens) enquanto na parte de “LIBRAS” ainda está em andamento no “SCRIPT” (Linguagem de programação para organização de telas). Foi realizada a criação de vídeos com o fundo verde, para formação de um cenário virtual, facilitando o entendimento dos surdos sobre as perguntas. Pretende-se através dos passos feitos pelo usuário no primeiro aplicativo, obter a localização via GPS, para completar a mensagem no final da conclusão das opções feitas pelo usuário.

V. CONCLUSÕES

Os estudos relacionados à deficiência auditiva e surdez, evoluíram muito graças a tecnologia de informação. Isto pode ser identificado através das pesquisas realizadas para a obtenção dos objetivos do projeto.

O projeto está em andamento, mas é possível verificar que o aplicativo poderá oferecer acessibilidade e inclusão e independência no dia a dia do usuário.

VI. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo apoio financeiro e aos orientadores pela perseverança e pelo incansável apoio. E ao programador Lucileno Lima pela significativa ajuda.

VII. REFERÊNCIAS

- [1] CENSO 2010. Ministério da Saúde (2010) Política Nacional de Saúde da Pessoa com Deficiência, Brasília, Disponível em: <http://www.saude.gov.br/bus/publicacoes/politica-nacional-pessoa-com-deficiencia.pdf>. Acesso em 28 Mar. 2012.
- [2] Gesser, Audrei. "LIBRAS: Que língua é essa?" (2009). Editora Parábola. 87 páginas.
- [3] Koller. "Promovendo acessibilidade por meio da Comunicação" (2014). Disponível no site: <http://www.koller.com.br/produtos/tps03.html>. Acesso em 14 de março de 2014.
- [4] Viavel Brasil."VPAD". Disponível no site: <http://www.viavelbrasil.com.br/>. Acesso em 14 de março de 2014.
- [5] Acessibilidade para Surdos. "ILIBRAS oferece serviços de intermediação para surdos. Disponível no site: <http://acessibilidadeparasurdos.blogspot.com.br/>. Acesso em 14 de março de 2014
- [6] Tuanny Maia. "Front-end e Back-end". Disponível no site: <http://tuannymaia.com.br/principais-diferencas-entre-front-end-e-back-end/>. Acesso em 14 de fevereiro de 2014.
- [7] Belém, Thiago. " Mas afinal, o que é o MVC?". Disponível no site <http://blog.thiagobelem.net/o-que-e-o-mvc/>. Acesso em 14 de março de 2014.
- [8] TecMundo. "O que é API?". Disponível no site: <http://www.tecmundo.com.br/m/1807.htm>. Acesso em 14 de fevereiro de 2014.
- [9] Blog do Iphone. "O que é SDK?". Disponível no site: <http://blogdoiphone.com/2008/02/o-que-e-afinal-o-sdk/>. Acesso em 14 de fevereiro de 2014.

Sistema de monitoramento e controle de fluxo de água residencial através do Arduino utilizando a Internet

Alan Gonçalves Sinimbú

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia-IESAM
ar_redael@gmail.com

Gustavo Schmitt

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia-IESAM
gustavo-schmitt@hotmail.com

Pedro Bruno Nunes de Almeida

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia-IESAM
pedrobruno07@gmail.com

Anderson José Costa Sena

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia-IESAM
ajcsena@gmail.com

Resumo— Este trabalho tem como objetivo viabilizar um meio de monitoramento e controle automatizado de fluxo de água nas residências via Internet, para que se possa evitar o desperdício. De um modo prático, rápido e eficiente o controle e monitoramento do fluxo de água são feitos por meio de válvulas eletrônicas e sensores de fluxo utilizando o Arduino através de um website.

Palavras chave— Arduino, controle, monitoramento, Internet.

I. INTRODUÇÃO

O desperdício de água ocasionado tanto por perdas decorrentes da deficiência técnica e administrativa dos serviços de abastecimento de água (como por exemplo por vazamentos ou rompimentos nas tubulações que levam a água para as residências), quanto pela má utilização deste recurso, devido a falta de orientação e informação aos cidadãos, é um grande problema. Visando uma forma de monitorar o desperdício de água para que o usuário possa ter um controle do quanto está sendo gasto em sua residência, será desenvolvido neste projeto um sistema de automatização capaz de informar precisamente a quantidade de água consumida.

Este projeto tem como base a criação de um dispositivo de automação que se utiliza de uma válvula eletrônica e de um sensor de fluxo, ambos interligados ao Arduino, sendo que a partir dele se realizará o controle e o monitoramento do fluxo de água na residência do usuário. Esse controle é feito através do sensor de fluxo, que mostra em tempo real, a quantidade de água que está sendo consumida. Essa informação então, é mostrada no website, onde o usuário faz o monitoramento, tanto de sua casa, através de seu computador, quanto de seu

trabalho ou qualquer outro lugar em que ele esteja, através de qualquer outro aparelho que possua uma conexão com a Internet. Caso o usuário perceba que está tendo algum vazamento ou até mesmo um consumo elevado fora do normal, ele pode enviar o comando para acionar a válvula eletrônica através do website que está conectado ao Arduino pelo Ethernet Shield e então bloquear o fluxo de água instantaneamente.

A Internet, hoje, é um dos maiores meios de comunicação utilizados pelo homem (senão o maior) e dispõe de uma grande quantidade de dispositivos interligados entre si e, possui alcance mundial por meio da World Wide Web (WWW), o que justifica o seu uso neste projeto.

II. COMPONENTES DO SISTEMA

Para a realização do projeto é necessário, além do Arduino, um Ethernet Shield (componente do Arduino utilizado para realizar a conexão do mesmo com uma rede local e com a Internet), um sensor de fluxo de água em conjunto com uma válvula solenóide eletrônica para o controle, e de um website para o monitoramento das informações referentes ao fluxo.

A. Arduino

O Arduino (Fig. 1), é uma plataforma desenvolvida para a prototipagem eletrônica, de baixo custo e que pode se comunicar diretamente com qualquer computador que possua uma interface serial. Composto o Arduino existe também um programa que roda em qualquer sistema operacional, seja ele Windows, Linux ou Mac OS-X. E o mais interessante é que tanto o circuito quanto o programa são open source, ou seja, tem sua distribuição livre e gratuita [4]. É considerado de fácil utilização e implementação (no que diz respeito ao hardware e ao software), e possui suporte para entrada/saída de dados

embutido. Sua linguagem de programação é padrão e única, embora tenha em sua essência C/C++.

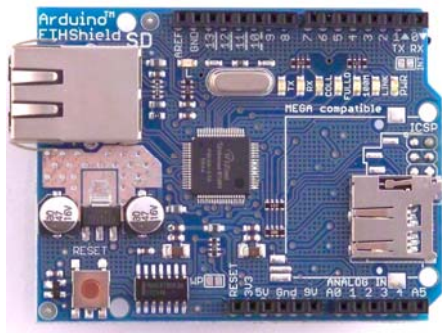


Fig. 1. Arduino UNO.

B. Ethernet Shield

Shields (Fig. 2) são módulos que podem ser acoplados ao Arduino (geralmente no seu topo) através de pinos conectores (Fig. 3), funcionam como expansões que oferecem funções específicas ao Arduino. Para que a conexão com a Internet seja feita, será necessário o uso do Ethernet Shield, que permitirá que o Arduino possa se conectar a uma rede local ou diretamente à Internet, caso a rede já esteja devidamente habilitada (e é este o maior propósito do projeto, embora possa ser utilizado apenas em rede local), enviando assim as informações necessárias para o website, que controlará a válvula eletrônica e monitorará o sensor de fluxo [3]. Segue abaixo suas especificações:

- IEEE802 0,3 af compatível;
- Ondulação de baixa potência e ruído (100mVpp);
- Faixa de tensão de entrada de 36V a 57V;
- Sobrecarga e proteção contra curto-circuito;
- 9V saída;
- Alta eficiência DC / DC conversor: tip 75% @ carga de 50%;



- Isolamento 1500V (entrada à saída);

Fig. 2. Shield Ethernet.

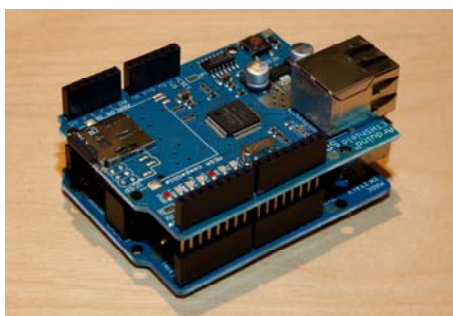


Fig. 3. Arduino com Shield Ethernet acoplado.

C. Sensor de Fluxo

O sensor de fluxo de água (Fig. 4) é constituído por um corpo de válvula plástica, um rotor de água e um sensor. Quando a água flui através dos rolos do rotor, sua velocidade muda com diferentes taxas de fluxo e o sensor emite o sinal de pulso correspondente para o Arduino.

Suas especificações correspondem a:

- Tensão de funcionamento: 5V - 24V;
- Corrente máxima: 15 mA (Dc 5V);
- Peso: 162g;
- Diâmetro externo: 26 milímetros;
- Faixa de vazão: 1 ~ 60 L/min;
- Temperatura de operação: 0°C ~ 80°C;
- Temperatura do líquido: < 120°;
- Umidade em operação 35% ~ 90% RH;
- Pressão de operação: sob 1.75 Mpa;



Fig. 4. Sensor de fluxo de água

D. Válvula Eletrônica

A função da válvula eletrônica (Fig. 5) é regular o fluxo de água da tubulação residencial. Ao ser fechada, ela interrompe o fornecimento de água total, e quando aberta por completo, ela permite que a água volte a fluir normalmente, podendo assim calcular a variação da intensidade desse fluxo até mesmo quando a válvula estiver em posições intermediárias. Segue abaixo suas especificações

- Tensão de funcionamento: 12V;
- Suporta temperatura do fluido até -0 a 60°C;
- Conexão de entrada e saída de 1/2" rosca BSP;
- Pressão de operação: 0,2 a 8kgf/cm² ou 3 a 116libras/pol² ou 0,2 a 8Bar;

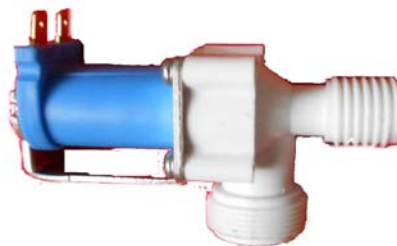


Fig. 5. Válvula eletrônica

E. Página web (website)

PHP (ou "Hypertext Preprocessor", também conhecido originalmente por "Personal Home Page"), é uma linguagem interpretada livre, capaz de gerar conteúdo dinâmico na World Wide Web (WWW), o que a torna extremamente necessária no desenvolvimento do projeto, pois somente com a utilização de uma linguagem desse porte torna-se possível o manuseio dos dados enviados e recebidos pelo Arduino. Para este projeto foi desenvolvida uma página para testes como mostrada na Fig. 6.



Fig. 6. Página web de teste (website).

III. FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

Para a implementação do sistema foi necessário o acoplamento do Ethernet Shield ao Arduino e a partir daí, conectou-se o sensor de fluxo de água em uma das portas analógicas do Ethernet Shield, visto que o mesmo preenche todas as portas do Arduino e, mais uma porta digital configurada como saída, para fazer a conexão também com a válvula eletrônica.

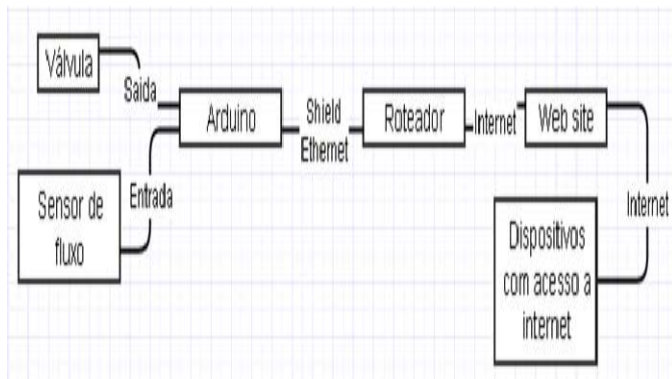


Fig. 7. Diagrama do Sistema.

Em seguida, após a programação devidamente carregada no Arduino, o mesmo foi ligado a uma rede com acesso a Internet, para estabelecer conexão com o site, onde o usuário pode realizar tanto o controle quanto a monitoração do fluxo de água. Após isso, com a porta analógica devidamente configurada como entrada de dados, os pulsos recebidos referentes ao fluxo de água foram adquiridos onde estes, já devidamente interpretados, indicavam se havia ou não passagem de água, ficando a cargo do usuário a interrupção deste fluxo através de seus comandos enviados através do site para o Arduino e através dele para a válvula eletrônica.

Por se tratar de um projeto para residências onde se torna indispensável o uso de energia elétrica, é necessário que se tenha uma maneira de manter o sistema sempre ligado, sendo assim, há a necessidade da instalação de uma fonte de energia reserva no caso da falta de luz, como por exemplo uma bateria adaptada para o circuito ou simplesmente ligar o sistema em um No-break, se o usuário assim o possuir, porém a escolha entre as opções apresentadas ficaria a cargo do mesmo. No caso da conexão do sistema com a Internet por algum motivo não se concretizar, o sistema ainda funciona conectado somente à rede local, onde o usuário poderá acessar o website de monitoramento ao digitar o IP do mesmo.

IV. RESULTADOS OBTIDOS

O programa web está funcionando e se conectando corretamente tanto com o Arduino quanto com a válvula em si, ligando e desligando o fluxo de água (Fig. 8). Através de testes realizados com a utilização dos componentes do sistema conectados com o website para a simples simulação de transmissão e recebimento de dados e controle sobre a quantidade de fluxo, obteve-se resultados bem-sucedidos como mostrado na Fig. 9.



Fig. 8. Circuito do Sistema.

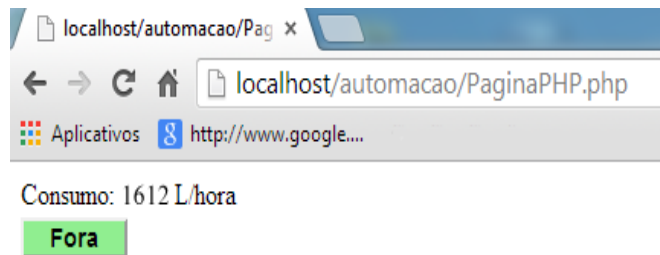


Fig. 9. Válvula ligada via website.

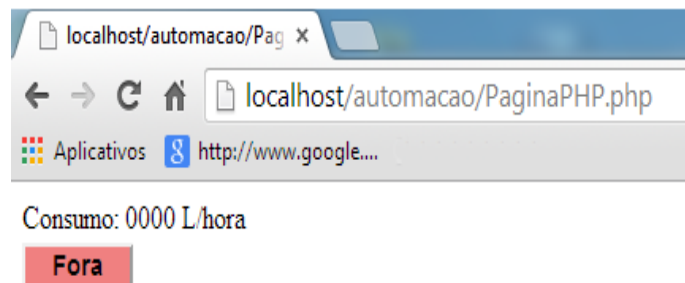


Fig. 10. Válvula desligada via website.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto mostrou-se promissor, pois após a instalação do sistema, percebeu-se uma redução considerável em relação ao desperdício de água na casa do usuário onde houve também uma diminuição significativa no que diz respeito aos gastos ocasionados pelo desperdício citado anteriormente, provando assim a eficiência e praticidade do sistema.

REFERÊNCIAS

- [1]Fábio F.M. de Moraes, Simon Pedro da F. Pinheiro, "Automação predial em salas comerciais utilizando labview e Arduino".
- [2]Maurício Rivello. Automação Residencial. Disponível: <http://engenheirando.com/projetos/automação>
- [3]John Boxall," Arduino Workshop: A Hands-On Introduction with 65 Projects". Pg. 165.
- [4]João Alexandre da Silveira, "Experimentos com o Arduino"

Estacionamento Inteligente

Ana Carolina Bargas Guimarães
Instituto de Estudos Superiores da
Amazônia - IESAM
carol_pop07@hotmail.com

Marcio José Alves França
Instituto de Estudos Superiores da
Amazônia - IESAM
m_arcio_1@hotmail.com

Wilkson Cardoso Aguiar
Instituto de Estudos Superiores da
Amazônia - IESAM
wilksongcardoso@comp.iesam-pa.edu.br

Raiff Smith Said
Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM
raiff_smith@hotmail.com

Johelden Campos Bezerra
Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM
johelden@prof.iesam-pa.edu.br

Resumo — Este trabalho tem com finalidade de desenvolver tecnologias inovadoras no controle e orientação de estacionamentos de médio e grande porte como shoppings, condomínios, prédios comerciais, etc. O projeto visou o estudo da funcionalidade do estacionamento inteligente, cujo projeto está registrado em um artigo científico, no qual, foi entregue em outubro 2013. Através desse estudo, entrega-se na entrega do projeto, um software e hardware que realiza o controle das vagas.

Palavras chaves — Estacionamento Inteligente, controle de estacionamento, gerenciamento de vagas automotivas.

I. INTRODUÇÃO

O sistema de orientação do estacionamento é um dos mais modernos e os mais rentáveis em todo o mundo. O Projeto “Estacionamento Inteligente” visou automatizar estacionamentos de médio e grande porte com o objetivo de minimizar o tempo gasto com a procura de uma vaga, reduzir custos utilizando controles tecnológicos com maior precisão e segurança.

A. Metodologia Utilizada

O presente trabalho constitui-se em um sistema de orientação de estacionamento, no qual é um dos mais modernos e rentáveis do mundo. O estudo foi feito através de programação em Java e linguagem em VHDL, onde foi utilizado um circuito para poder montar o projeto.

O local da pesquisa foi realizado no laboratório de sistemas digitais no INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIOR DA AMAZÔNIA (IESAM) localizado em Belém – Pará, onde desenvolvemos um hardware para demonstração de uma vaga preenchida e uma livre, ou seja, led vermelho a vaga está ocupada e led verde a vaga está livre, como mostrado na figura 1 e 2. O acionamento dos leds é feito manualmente através de um software, onde o usuário aciona o preenchimento da vaga assim que ela estiver livre ou ocupada.

E os principais métodos utilizados foram:

- Observação, definição e levantamento de dados na pesquisa;
- Desenvolvimento do projeto, utilizando programação em Java e placa FPGA;

- Demonstração do projeto através de uma maquete, no qual mostramos como será feita a procura pela vaga.

Os acionamentos dos leds foram feitos de acordo com a programação em VHDL no qual desenvolvemos um algoritmo, como mostrado a baixo:

```
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.numeric_std.all;
entity Analise is
port (
    buf: in std_logic_vector (7 downto 0);
    led1: out std_logic_vector (1 downto 0);
    led2: out std_logic_vector (1 downto 0);
    led3: out std_logic_vector (1 downto 0);
    busy: in std_logic);
end;
architecture Behavior of Analise is

begin
    process
    begin
        wait until falling_edge(busy);
        case buf is
            when "01000001" => led1 <= "10"; --A (Acende o
vermelho)
            when "01100001" => led1 <= "01";
            when "01000010" => led2 <= "10"; --B
            when "01100010" => led2 <= "01";
            when "01000011" => led3 <= "10"; --C
            when "01100011" => led3 <= "01";
            when "01011010" =>
                led1 <= "01"; --Z
                led2 <= "01"; --Z
                led3 <= "01"; --Z
            when "01001111" =>
                led1 <= "00"; --O
                led2 <= "00"; --O
                led3 <= "00"; --O
            when others => null;
        end case;
    end process;
end;
```


Além disso, utilizamos os seguintes materiais:

- ✓ Placa FPGA
- ✓ Fios de ligação
- ✓ Cabo USB
- ✓ Computador
- ✓ ProtoBoard
- ✓ LED Vermelho e Verde
- ✓ Resistores de 270 ohms e 10 ohms

II. RESULTADOS FINAIS

Para o ligamento dos leds utilizamos no FPGA três leds para demonstração de preenchimento das vagas. Quando o led estiver aceso, a vaga estará disponível e quando tiver apagado a vaga estará ocupada, como mostrado na figura 3.

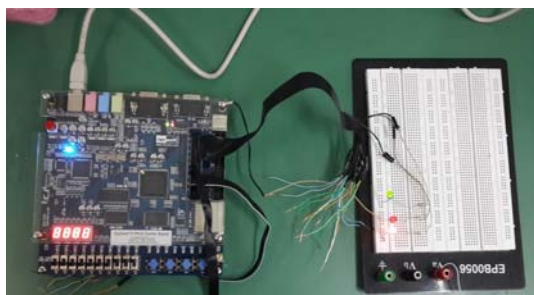


Fig. 3. Utilização da placa FPGA evidenciando o preenchimento das vagas.

Para a ligação do FPGA com o computador foi feita a ligação utilizando o cabo RXTX, no qual o mesmo faz a comunicação do computador com a placa, onde as informações recebidas são analisadas através de um software desenvolvido em linguagem java, como mostrado na figura 4.

Após feita as ligações montamos uma maquete evidenciado na figura 5, onde foi simulado um estacionamento para o preenchimento das vagas. Com isso, quando uma vaga está livre o led verde será acionado e quando um carro estiver ocupando a vaga o led vermelho será ativado.



Fig. 4. Utilização da placa FPGA evidenciando o preenchimento das vagas.

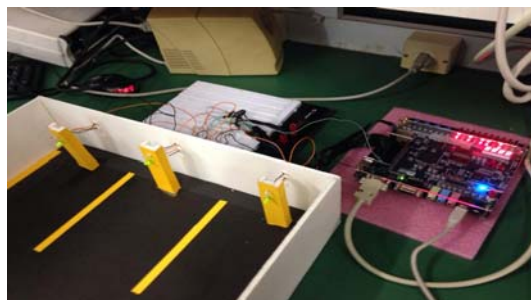


Fig. 5. Maquete representando o estacionamento.

Através disso, concluímos que a procura por uma vaga nos estacionamentos será mais rápida.

REFERÊNCIAS

- [1] FERNANDES, Eduardo Moreira; MIRANDA, Hudson da Conceição; MELO, Roíce Martins de; YANAGA, Whesley de Andrade. Sensores e Componentes;
- [2] SANTOS, Diego; JULIANO, Eduardo; NASCIMENTO, Peterson. Estacionamento Inteligente. São Paulo. 2010;
- [3] Alhak, Abd; Hikmat, Said. Estacionamento inteligente. 2011;
- [4] Maia, Samuel L.; Silva, Marcos A. Medeiros; Silva, Elias T. da. Processador Java Aplicado a Controle;
- [5]] C. Luigi, *Projeto e prototipação de sistemas digitais*, 1. Ed., Editora da UFRGS, Porto Alegre, 2001;
- [6]] R. J. Tocci, N. S. Widmer, G. L. Moss, *Sistemas Digitais – Princípios e Aplicações*, 10. ed., Pearson – Prentice Hill, 2008.

Levantamento de Plataformas para Desenvolvimento de Jogos

Daniel Sader Pontello Neves

Edson Josias Cruz Gimenez

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
danielsader@gec.inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
edsonjcg@inatel.br

Resumo—Este artigo mostra como o desenvolvimento de jogos pode ser integrado com o ensino da Engenharia; entrando em detalhes de como um curso de Desenvolvimento de Jogos 2D foi implementado e aplicado, e sua relação com o ensino das ciências exatas.

Palavras chave—Educação, Desenvolvimento de Jogos

I. INTRODUÇÃO

A. Aprendizado utilizando Jogos Digitais

Os jogos não servem simplesmente como uma forma de entretenimento; eles também podem ser utilizados como uma eficiente forma de transmissão de informação e cultura. Vários projetos, das mais diversas áreas, utilizam jogos digitais para ensinar e informar, como por exemplo, o projeto *Learn with Portals*, da Valve Software, que visa o ensino de conceitos em Matemática, Física e probabilidade utilizando o jogo *Portal 2*.



Fig. 1. Captura de Tela do jogo Portal 2

B. Aprendizado desenvolvendo Jogos

Assim como os jogos podem servir como importantes ferramentas de aprendizado, o desenvolvimento de tais produtos também pode ser utilizado para o ensino. Durante a criação de um jogo, são utilizados os mais variados conceitos da Matemática e da Física, como Vetores, Matrizes, Forças, entre outros. Com isso, torna-se interessante a integração do ensino deste tópico para alunos dos cursos de ciências exatas.

Durante o segundo semestre de 2013 foi aplicado um curso de Desenvolvimento de Jogos 2D para alunos de graduação Inatel, descrito em detalhes nas próximas seções.

II. O CURSO

A. Estrutura

O curso foi iniciado no dia 23 de agosto, e finalizado no dia 19 de novembro, durando de quatorze semanas. Foi composto de aulas de uma hora e meia por semana, as sextas-feiras.

B. Ferramentas Utilizadas

A ferramenta escolhida para o curso foi a Construct 2, da Scirra. Esta ferramenta foi utilizada devido a sua abordagem de desenvolvimento, que faz uso de blocos visuais para a criação de toda a lógica do jogo. Este método de programação faz com que ela seja extremamente intuitiva para desenvolvedores iniciantes e permita a visualização de resultados rapidamente, tornando-a uma ótima ferramenta educativa.



Fig. 2. Interface do Construct 2

A ferramenta, assim como todos os recursos utilizados, são gratuitos. As músicas, imagens e sons utilizados são licenciados utilizando a Creative Commons, uma licença que permite livremente o uso do material para fins não-comerciais.

C. Metodologia de Ensino

A metodologia de ensino utilizada foi baseada na pedagogia

PBL (Problem-Based Learning). Uma base teórica foi aplicada ao início de cada aula, e em seguida um problema foi exposto aos alunos. Os alunos então foram responsáveis por analisar o problema e encontrar meios de resolvê-lo. Os monitores ficaram a disposição dos alunos para quaisquer perguntas.

Alguns recursos da ferramenta não foram explicados diretamente, para estimular a pesquisa individual dos alunos.

Ao final das aulas iniciais, um tema relevante a aula atual foi enviado aos alunos, e uma pequena pesquisa deveria ser feita sobre o tema, para ser apresentada na próxima aula.

D. Critérios de Avaliação

Os estudantes foram avaliados por meio de um miniprojeto e de um projeto final. Estes projetos consistiram em desenvolver um jogo completo, utilizando-se dos conhecimentos adquiridos durante as aulas.

Para o miniprojeto, um pacote de recursos foi fornecido aos alunos, e o jogo deveria ser feito baseado nestes recursos. Para o projeto final, os alunos deveriam pesquisar ou criar seus próprios recursos, tendo atenção especial para não infringir as normas de Direitos Autorais.

Os alunos também foram avaliados em relação a participação nas aulas.

III. RESULTADOS

O curso se mostrou bastante atrativo para os alunos e para os professores, tendo todas as suas vagas ocupadas.

Ao final do curso, os alunos já estavam aptos a desenvolver seus próprios jogos eletrônicos, com recursos avançados de multimídia e princípios básicos de Inteligência Artificial.



Fig. 3. Jogo desenvolvido pelo aluno Marcelo Cysneiros

O curso também forneceu uma visualização diferente para as matérias comuns da Engenharia. Os alunos puderam verificar de forma visual vários conceitos aprendidos nas aulas teóricas da Graduação, como Vetores, Matrizes, etc.

IV. CONCLUSÕES

O desenvolvimento de jogos eletrônicos pode ser usado como uma poderosa ferramenta de ensino; permitindo uma melhor compreensão de assuntos considerados complexos e aumentando o interesse nestes assuntos.

REFERÊNCIAS

- [1] Teach with Portals. Disponível: <http://www.teachwithportals.com/>
- [2] Create Games with Construct 2. Disponível: <https://www.scirra.com/construct2>
- [3] Journal of Game Design and Development Education. <http://www.rit.edu/gccis/gameeducationjournal/>

Sistema Distribuído de um Braço Robótico com Três Graus de Liberdade com Visão Computacional em Tempo Real

Amir Samer Zahlan

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia -
IESAM
amir.zahlan@gmail.com

Gabriel Vianna Soares

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia -
IESAM
gabriel.viannasr@gmail.com

Luiz Cortinhas Neto

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia -
IESAM
Luizcf14@gmail.com

Patrick Pinheiro Monteiro

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia -
IESAM
eng.patrickmonteiro@gmail.com

Resumo—Este trabalho tem o objetivo de descrever o funcionamento de um sistema de um braço robótico controlado por visão computacional utilizando uma luva controladora para detectar gestos em três dimensões e lógica fuzzy para o controle do braço. O sistema possui um sistema distribuído baseado no protocolo de comunicação cliente-servidor via sockets. Para isso, utilizou-se um Raspberry PI – microprocessador baseado na arquitetura ARM – executando o programa do cliente e do outro lado o mesmo microprocessador atuando como o servidor controlando o braço robótico.

Palavras chave—Robô, Braço, Embarcado, Sistema, Distribuído, Sockets, Multiponto, Reconhecimento, Câmera, Raspberry, Filtro, Passa-Alta.

I. INTRODUÇÃO

Um meio versátil e intuitivo de interação humano-maquina onde somente é necessário uma luva com cinco LEDs infravermelho na ponta de cada dedo para que os movimentos possam ser detectados a partir de um processamento digital de imagens capturadas pela webcam em tempo real. Além disso, microprocessadores com a arquitetura ARM são uma nova tendência de baixo custo quando se trata de tecnologia móvel e isso motivou a escolha do Raspberry PI. O presente projeto foi desenvolvido utilizando JavaSE versão 7 pois a linguagem é ideal para minimizar a criação de código e é multi-plataforma.

II. A LUVA

Para evitar um complexo algoritmo de processamento de imagens e obter maior precisão foi desenvolvida uma simples luva como mostra a Figura 1. A luva possui LEDs infravermelho de 5mm na ponta de cada dedo e um circuito com

chave e bateria de CRC2032 para energizar o circuito.



Fig. 1. A Luva.

III. O HARDWARE

Com exceção da luva descrita acima, ainda é preciso de mais dois componentes de hardware: um computador com os requisitos mínimos exigidos e um braço robótico.

A. Requisitos Mínimos do Sistema

Os requisitos mínimos são baseados no Raspberry PI: processador de 700 MHz, 384 MB de memória RAM, 128 MB de Vídeo e uma conexão com a internet de pelo menos 1 Mbps.

B. Braço Robótico

O braço robótico na Figura 8, apelidado de Mark II, foi contruído com chapas de alumínio. Sua estrutura foi dividida em quatro partes. A primeira é a Base, que foi construída sobre uma caixa metálica contendo a fonte de alimentação com saídas de 12 V para alimentar os servo motores MG995 do braço robótico e o microcontrolador da Atmel atmega328P responsável por converter os dados de

entrada em graus para movimentar os braços. A Segunda parte é a Inferior do braço, que é composta por duas peças paralelas de 40 cm de comprimento e 4 cm de largura interligadas por uma peça central. Na sua extremidade está acoplado um servo motor juntamente com a segunda parte do braço.

Terceiro temos a parte superior do braço, muito semelhante com a parte inferior do braço mas de menos comprimento. Também possui um servo motor na ponta para segurar a garra. E por último a garra, para segurar pequenos objetos e leves a garra usa um pequeno servo motor de 9g SG90 com torque de 1kg/cm.

IV. ANÁLISE DE MOVIMENTO

Nesta seção iremos descrever como foi feita a interpretação dos gestos realizados utilizando a luva. Para isso tivemos que analisar alguns aspectos importantes: formato, movimento, posição e orientação. Os reconhecedores de gestos se baseia em pelo menos dois desses aspectos. Como estamos limitados pelas especificações adotadas por um hardware de baixo custo o método de reconhecimento seria mais fácil usar apenas uma mão com cinco pontos para interpretação.

A detecção do movimento começa com uma sequência de imagens capturadas pela webcam. Em seguida, é aplicado um processamento nas imagens para que fiquem destacados os pontos dos LEDs. A imagem é filtrada e binarizada onde cada pixel equivale 0 ou 255 sendo. Na imagem binarizada é aplicada a transformada de Hough[2] para detectar os formatos circulares. A partir dos cinco pontos obtidos é calculado um ponto central representado pelo círculo vermelho e a media entre a distância entre o centro e os cinco pontos é considerada como a profundidade da luva em relação a câmera representada pelo traço amarelo. Podemos visualizar tais marcadores na imagem abaixo(Figura 3).

Para detectar o movimento da mão as coordenadas X, Y e Z do ponto central são comparadas com as coordenadas calculadas anteriormente e assim é tirada a diferença entre as duas coordenadas. A diferença entre as coordenadas com exceção do eixo Z passarão pelo algoritmo de controle baseado na lógica fuzzy para definir o movimento real que vai ser enviado para o braço robótico.



Fig. 3. Resultado do processamento de Imagem.

$$x_{Center} = \frac{\sqrt{((\max(x) - \min(x))^2)}}{2},$$

$$y_{Center} = \frac{\sqrt{((\max(y) - \min(y))^2)}}{2},$$

$$z_{Center} = \left(\frac{\sum x - x_{Center}}{5} \right) - \left(\frac{\sum y - y_{Center}}{5} \right)$$

Fig. 3. Fórmulas para Cálculo do centro da mão.

V. LÓGICA FUZZY

Lógica fuzzy é uma lógica multivalorada responsável por transformar valores não exatos em uma informação aproximada de acordo com as regras definidas. Dessa forma podemos aproximar o ser humano da máquina[3]. As coordenadas são aplicadas na regra da Figura 5 para a movimentação no eixo X enquanto que a regra da Figura 6 são para definir os movimentos no eixo Y. A saída dessas duas regras são aplicadas na regra da Figura 7 para determinar o movimento necessário para exibir um movimento preciso e suave. As coordenadas finais são enviadas ao braço robótico no formato (x y z) com o grau de movimentação de cada eixo.

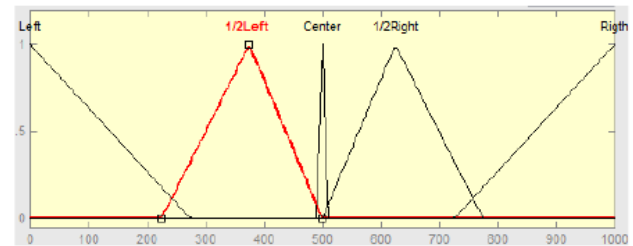


Fig. 3. Lógica fuzzy: entrada do eixo X.

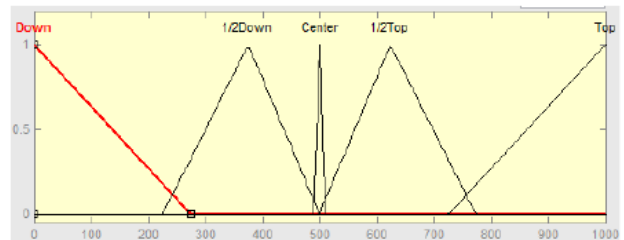


Fig. 3. Lógica fuzzy: entrada do eixo Y.

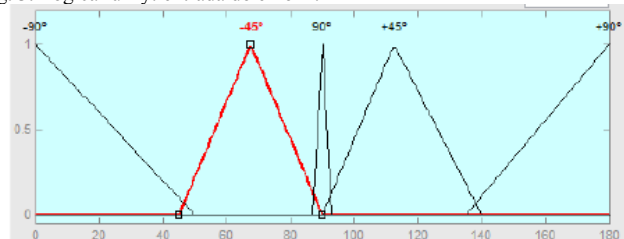


Fig. 3. Lógica fuzzy: Saída em graus.



Fig. 8. Braço robótico MARK II.

VI. CONCLUSÃO

O presente trabalho desenvolvido possibilita um meio de processar imagens e interagir com um braço robótico simbolizando um braço robótico industrial e mostrar como a relação humano-máquina pode se obter bons resultados com pouco investimento, além disso a mobilidade permite que qualquer máquina seja incluída nesse sistema. A maioria dos processos são representados no diagrama de estado abaixo na Figura 9.

O braço robótico demonstra estabilidade e segurança em devido o modelo fuzzy que trabalha para estabilizar o controle 3D do braço.

Os testes realizados com o Raspberry PI como cliente conectado apenas com a câmera aplicando a detecção de movimento, fuzzy e enviando dados ao hardware por comunicação serial foram alcançados com sucesso demonstrados pelos movimentos rápidos e precisos do braço robótico.

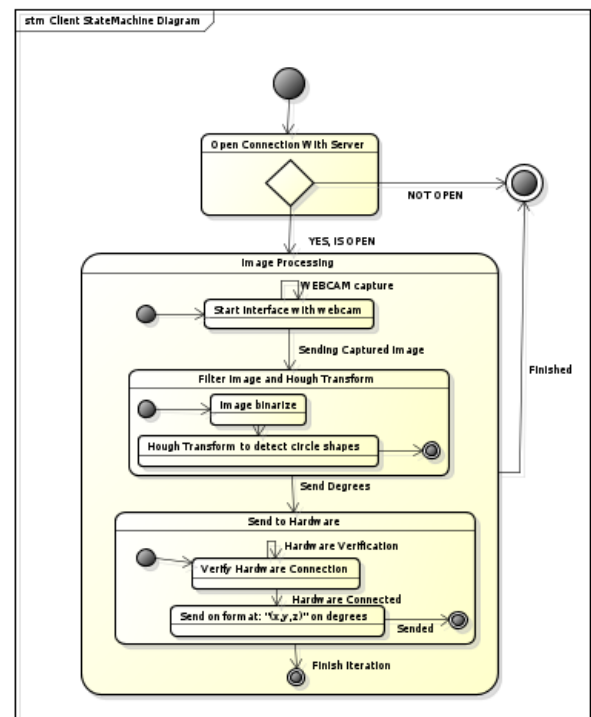


Fig. 8. Diagrama de estado do software do cliente.

REFERÊNCIAS

- [1] J. Laura Dipietro, Angelo M. Sabatini, Paolo Dario. 2008. "A Survey of Glove-Based Systems and Their Applications". IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS - PART C: APPLICATIONS AND REVIEWS. VOL. 38 NO. 4 JULY 2008: 461-482.
- [2] V. F. Leavers "Survey: Which Hough transform?", CVGIP: Image Understanding, vol. 58, no. 2, pp.250 -264 1993
- [3] Tang Wen, Hu Jianbin and Chen Zhong, "Research On a Fuzzy Logic-based Subjective Trust Model", 2005, pp.1654-1659.
- [4] W. Binder and J. Hulaas. Java bytecode transformations for efficient, portable CPU accounting. In First Workshop on Bytecode Semantics, Verification, Analysis and Transformation (BYTECODE 2005), volume 141 of ENTCS, pages 53-73, Edinburgh, Scotland, April 2005.
- [5] T. J. Atherton and D. J. Kerbyson, "Size invariant circle detection," Image and Vision Computing, vol. 17, no. 11, pp. 795-803, 1999.
- [6] D. Kerbyson and T. Atherton, "Circle detection using hough transform filters," in Image Processing and its Applications, 1995., Fifth International Conference on, 1995, pp. 370-374.
- [7] C. Canudas De Wit, B. Siciliano and G. Bastin, Theory of robot control, London: Springer-Verlag, 1996.

Software para Triagem no Pré-Atendimento Hospitalar

Rafael Costa Carneiro

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
rafael.carneiro@gee.inatel.br

Helder Henrique de Souza
Rodrigues

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
helderhenrique@gec.com.br

Prof. Msc João Bosco Assis
Leite

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
jbosco@inatel.br

Resumo – Este artigo relata a aplicação da tecnologia em um pré-atendimento hospitalar. Com o objetivo de humanizar o atendimento emergencial nos prontos socorros, tornando o atendimento mais eficaz e ágil. Destaca a criação de um software que pode ser implementado em centros hospitalares devido ao seu baixo custo.

Palavras chave – Protocolo de Manchester, Triagem, Software e Aplicativo.

I. INTRODUÇÃO

Os atendimentos nos serviços de urgência que ocorrem diariamente nos hospitais, se classificam como emergências médicas que requerem ou solicitam serem prontamente atendidas. A sobrecarga de trabalho dos serviços é inconstante e depende sempre do número de doentes que neles se socorrem e do estado que apresentam. É absolutamente essencial que exista um sistema de classificação de risco implementado para assegurar que estes pacientes sejam observados por ordem de prioridade clínica e não por ordem de chegada. Assim, foi criado a classificação de risco, no ano de 1997 e sendo implementado em Portugal. No Brasil demorou-se mais de uma década para que o sistema implementado no país, sua primeira instalação ocorreu no estado de Minas Gerais, como uma estratégia de reduzir a superlotações que ocorriam nas portas de prontos socorros e hospitais [1,2].

II. TRIAGEM DE MANCHESTER

O Sistema de Triagem de Manchester, com na Inglaterra, está sendo testado internacionalmente e já se encontra em funcionamento em vários hospitais do mundo. Este sistema está acreditado pelo Ministério da Saúde, Ordem dos Médicos e Ordem dos Enfermeiros [1]. E, que é entendido como mais um passo, no sentido de melhor atender quem recorre a um Serviço de Urgência, no qual se exige rapidez e exatidão na proporção da gravidade. Ele consiste em uma serie de perguntas em que o paciente responde ao chegar a um pronto socorro ou a um hospital, podendo assim diferenciar os casos à nível de urgência e garantir um atendimento prioritário.

III. PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO

O processo de triagem é baseado em dados coletados nos grandes centros hospitalares. Foi observado que havia vários níveis de urgência de acordo com cada paciente, assim, foi elaborado o processo de tomada de decisão por meio de um questionário, que classifica o paciente de acordo com o seu nível de urgência. A figura 1 apresenta a classificação do paciente por cores, que identifica o nível de urgência de seu estado de saúde, assim que se realiza a triagem [2]. Em conjunto com esta classificação, foi desenvolvido um tempo de espera para cada cor que vai desde 0 minuto, que seria o caso vermelho, até 240 minutos, que seria o caso azul. Como esta classificação visa o atendimento de risco ela acaba excluindo pacientes que vão ao hospital para uma visita de rotina ou realizar algum exame. Levando-se em consideração estes casos, o hospital de Portugal criou a cor branca para atender estes tipos de pacientes. Este procedimento está sendo implementado em outros hospitais portugueses, visto que a recepção e a execução da ideia foram aprovadas por órgãos da Saúde[1].



Figura 1 – Classificação da emergência [1]

A triagem é realizada de acordo com uquestionário, que foi constatado pela pesquisa como padrão a todos os hospitais, que foi baseado na classificação de risco e nos

dados vitais que são checados quando a pessoa passa pelo pré atendimento. O paciente que pode estar acompanhado de um responsável da família, responsável da saúde ou médico responde no questionário às perguntas que foram cadastradas em um software, que é capaz de realizar a triagem. De acordo com o fluxograma da figura 2 [2], pode-se notar um caso de triagem de um paciente com sintomas de asma.

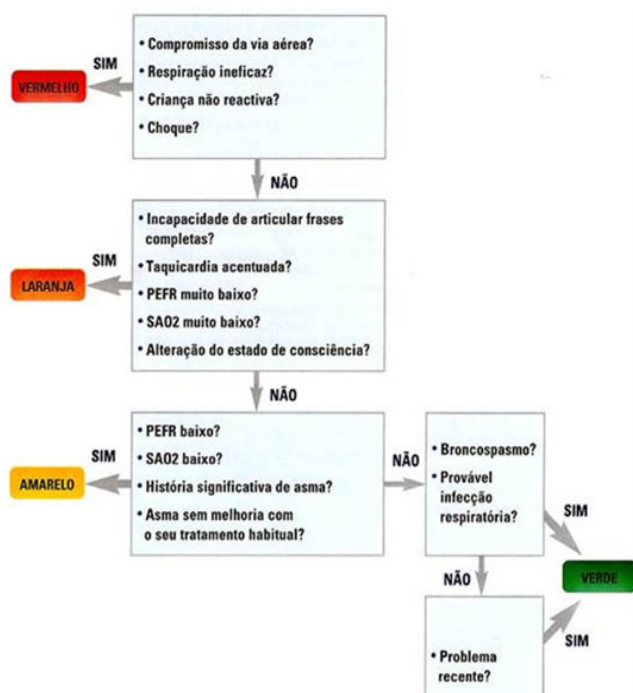


Figura 2 – Fluxograma da Triagem de Manchester [1]

IV. APLICAÇÃO NA ATUALIDADE

Como este processo já está sendo utilizado desde 1997 na cidade britânica de Manchester [1], foi observado que este sistema funciona com uma velocidade e precisão de 50% maior que o método tradicional [2], que consiste em uma enfermeira fazer todos os testes nos pacientes e anotar em seu prontuário para ser guardado em um banco de dados do próprio hospital. Com o sistema já estabelecido em 2011, o governo brasileiro apoia algumas empresas para que seja desenvolvido um hardware contendo um software capaz de realizar a triagem para automatizar o processo de triagem, este processo foi implementado em 24 postos de saúde no estado de Minas Gerais, em caráter piloto [3]. Apesar de sua grande aplicação, este sistema chegou a poucos hospitais brasileiros, uma vez que o seu custo de produção ficou muito alto inviabilizando uma implementação em grande escala nacionalmente.

V. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Com o sistema em funcionamento em alguns hospitais, se observou que o pré-atendimento tornou-se mais eficiente e aumentou a humanização com os pacientes. Todo processo veio permitir atender em média cinco vezes mais pacientes no mesmo intervalo de tempo, com uma exatidão maior, pois o software com as perguntas elimina parte da falha humana e auxilia o funcionário responsável a realizar a triagem. Esse processo de tomada de decisão ainda garante

que todo paciente passe por uma triagem, deixando de ser utilizado o achismo para classificar o risco do paciente, que antes era feito com base em casos anteriores com os mesmos sintomas [4].

Desta forma, o governo consegue ter um banco de dados com as informações de todo pré-atendimento e, ainda, quais sintomas ou doenças ocorrem em cada região do Brasil, em tempo real, para que ele possa tomar medidas preventivas ou corretivas.

Uma das maiores dificuldades em se implantar este sistema nas unidades de saúde dos hospitais, nos pré-atendimentos, está no alto custo de desenvolvimento e no alto custo dos já existentes no mercado. E, também, se pode adicionar o custo após instalação no treinamento de enfermeiros e atendentes que irão operar o sistema. [4] Somado as desvantagens apresentadas anteriormente, também existe a falta de mobilidade do equipamento, o que torna a triagem fixa em um ambiente muitas vezes não propício para um caso de emergência, segundo o que se constatou em visita ao Hospital Sírio Libanês, situado na cidade de Pouso Alegre, MG. Acredita-se, assim, que todas essas dificuldades contribuem na não implementação do sistema em larga escala nos hospitais do país.

VI. SOFTWARE

O projeto de criação do software para triagem no pré-atendimento foi idealizado com base nas principais desvantagens apresentadas nos modelos já existentes de triagem, com o objetivo de aprimorar e tornar o sistema mais acessível ao sistema hospitalar no Brasil. Portanto, foi desenvolvido um software nos moldes de um aplicativo, seguindo a apostila de Sistema de Manchester de Classificação de Risco, versão brasileira de 2003 [4], que mostra detalhadamente como se fazer uma triagem de Manchester.

O software foi desenvolvido com o pensamento de ser portátil e prático, em melhoria aos existentes no mercado, para isto ele utiliza como hardware um dispositivo móvel contendo o sistema operacional Android, escolhido por ser um sistema open source (código aberto a qualquer pessoa que tenha interesse em acessá-lo). E, também, se escolheu a linguagem de programação Java, pois foi usada ao longo da programação a IDE (Ambiente Desenvolvimento Integrado).

Com o objetivo principal de se obter baixo custo, o software desenvolvido poderá ser instalado em qualquer dispositivo móvel de baixo custo e, ainda, de ser intuitivo e de apresentar maior praticidade. Uma de suas principais características é a redução no tempo de atendimento ao paciente, a partir do momento em que ele chega ao pronto socorro até se identificar a cor correspondente à gravidade de seu estado. As pesquisas realizadas indicam que todo o processo de atendimento pode levar de 5 a 10 minutos, conforme se registrou em visita ao Hospital Sírio Libanês, mas se já existir um cadastro do paciente no banco de dados do hospital, esse tempo poderá, em alguns casos, ser reduzido.

Essa mobilidade acrescentada ao software irá permitir que o enfermeiro ou enfermeira, ou qualquer profissional da saúde, possa ir até o paciente quando necessário e realizar uma triagem com urgência, dentro ou fora do ambiente hospitalar. Essa vantagem que o novo sistema oferece é devido à integração do aplicativo a um banco de dados online, desenvolvido para atuar junto ao software e a outras interfaces gráficas, conseguida com a utilização da

linguagem SQL, Linguagem de Consulta Estruturada. Este banco pode ser acessado diretamente pelo administrador, localizado no hospital onde os pacientes serão atendidos.

VII. METODOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

Para o desenvolvimento desse software inicialmente foi feita uma pesquisa para saber o que havia de informações sobre a triagem de Manchester, como era feita, quais os hospitais a usavam e como eram armazenados os dados coletados pela triagem. Para isto buscamos a apostila do Sistema Manchester de Classificação de risco [2].

Foi feita uma pesquisa de campo no Hospital Sírio Libanês, para se observar como é realizada uma triagem no ambiente hospitalar. Com essas informações foi desenvolvida a primeira versão do software com a IDE Netbeans. Por sua facilidade de criar telas gráficas e apresentá-las a um engenheiro biomédico, para aceitação de software e continuidade das pesquisas.

Com a primeira versão aceita foi refeita toda a programação para a IDE Eclipse, uma vez que o aplicativo deve rodar em um dispositivo móvel. Nesse sistema, o modo de salvar os dados dos pacientes localmente é pela linguagem SQL. Depois de este processo ser executado corretamente os dados são transferidos a um banco de dados online, para que se tenha acesso sem necessidade de um computador local.

VIII. CONCLUSÕES

Com base no estudo levantado ao longo do ano foi possível perceber que com a automatização do processo de acolhimento nos hospitais, implementando a triagem de Manchester, há uma melhora significativa na qualidade do sistema de atendimento. O processo de classificação de urgência automatizada torna o atendimento mais rápido e mais eficaz para todos que utilizam o sistema de saúde. Entretanto, com o alto custo dos produtos disponíveis no mercado atualmente é inviável a implementação em rede nacional. A expectativa é que esse sistema desenvolvido, que poderá ser implantado em qualquer dispositivo móvel, possa vir a estar acessível a todos os centros hospitalares do Brasil para facilitar e humanizar ainda mais o processo de pré-atendimento.

REFERÊNCIAS

- [1] Portal da Enfermagem, Portal da Enfermagem. Disponível em: http://www.portaldafenfermagem.com.br/plantao_read.asp?id=1461. Acessado em 20 de novembro de 2013.
- [2] Mackway-Jones, Kevin e Marsden, Janet e Windle, Jill. Sistema Manchester de Classificação de Risco. 1ª Edição. 250p.
- [3] A enfermagem, Vinicius Pablo de Souza. Disponível em: <http://aenfermagem.com.br/materia/protocolo-de-manchester/>. Acessado em 20 de janeiro de 2014.
- [4] Tolife, Tolife. Disponível em: <http://www.tolife.com.br/classificacao-de-risco?lang=pt>. Acesso em 16 de maio de 2013

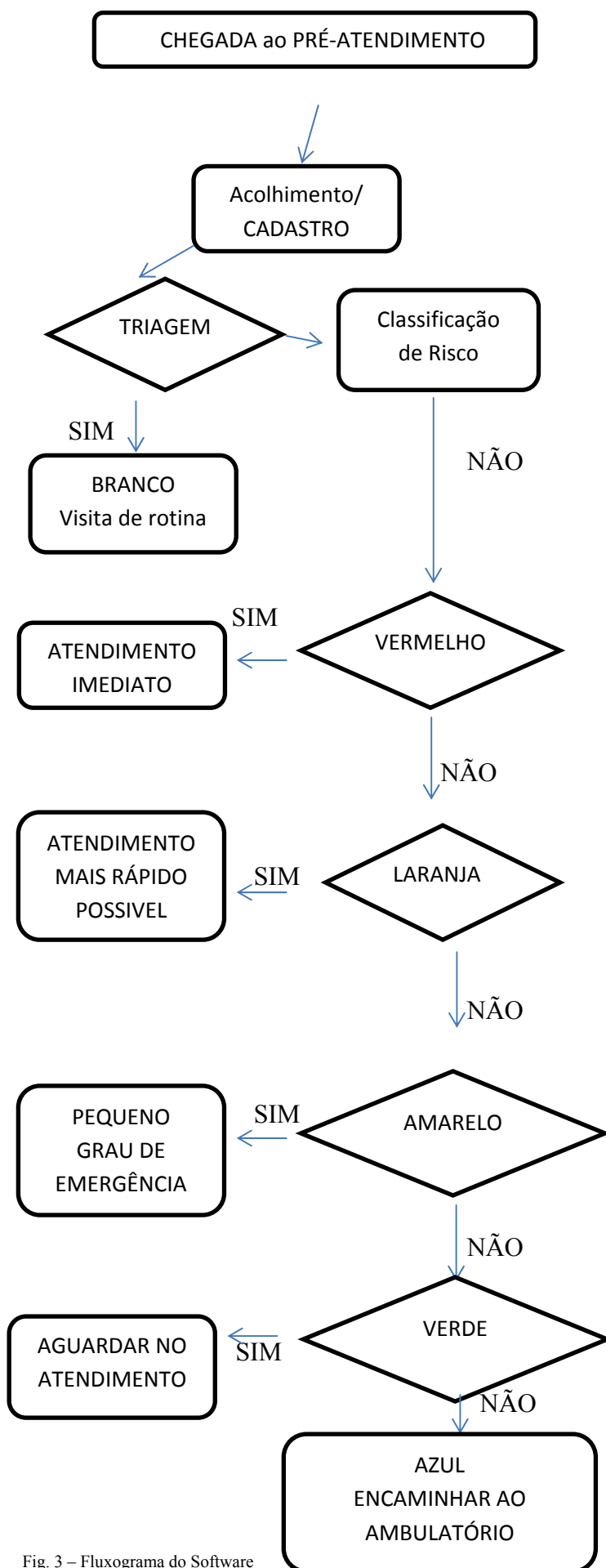


Fig. 3 – Fluxograma do Software

Bio-baterias geradas a partir do açúcar

Alan Henrique Inocêncio

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
inocencio@gee.inatel.br

Bruna Daniel Ferreira
Gonçalves

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
brunad@gee.inatel.br

Pedro Sérgio Monti

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
pedro@inatel.br

Resumo—Este artigo é dedicado ao estudo de Bio-baterias geradas a partir do açúcar.

As baterias para os dispositivos mais comuns são feitas de lítio e podem armazenar grande quantidade de energia em relação ao seu peso. Mas o lítio é um elemento raro na natureza e os seus maiores depósitos naturais estão localizadas no Chile, Argentina, China e Austrália.

Diminuir os custos das baterias é o motivo para que os pesquisadores busquem explorar outros materiais.

Uma equipe da Universidade de Ciência de Tóquio, Liderado por Shinichi Komaba, tem pesquisado sobre baterias à base de sódio, usando íons de sódio como o cátodo – lado positivo – e de carbono a partir do açúcar comum, como o ânodo – lado negativo.

A descoberta pode significar que as baterias podem ser produzidas com matérias que não possuam problemas de abastecimento e ainda, com relação ao lítio, que é reciclado em escala limitada.

Palavras chave—Engenharia Elétrica, Bio-baterias, Baterias, Tecnologia, Energia.

I. INTRODUÇÃO

Com a evolução desenfreada das cidades, da indústria e devido às mudanças climáticas globais, o homem e as empresas têm se conscientizado da importância sobre a conservação e proteção do meio ambiente, e esse é um dos principais motivos para que pesquisadores procurem novas fontes de energia, como foco no custo, benefícios e na energia verde.

A geração de energia a partir do açúcar não é nenhuma novidade, já que o açúcar é uma fonte natural de energia. Várias pesquisas estão sendo realizadas no sentido de tornar o açúcar uma fonte de energia.

II. AÇÚCAR COMO SUCESSOR DO LÍTIO

As baterias para os dispositivos mais comuns são feitas de lítio e podem armazenar grande quantidade de energia em relação ao seu peso. Mas o lítio é um elemento raro na natureza e os seus maiores depósitos naturais estão localizadas no Chile, Argentina, China e Austrália.

Diminuir os custos das baterias é o motivo para que os pesquisadores busquem explorar outros materiais.

Uma equipe da Universidade de Ciência de Tóquio, Liderado por Shinichi Komaba, tem pesquisado sobre baterias

à base de sódio, usando íons de sódio como o cátodo – lado positivo – e de carbono a partir do açúcar comum, como o ânodo – lado negativo.

Para conseguir o carbono do açúcar, os cientistas queimaram o açúcar na ausência de oxigênio, a uma temperatura de 1.000°C a 1.500°C. Isso produz um pó de carbono de alta qualidade¹.

Uma bateria criada desta forma, como pesquisada no Japão, pode armazenar 20 por cento a mais de energia do que uma bateria produzida com carbono convencional.

A descoberta pode significar que as baterias podem ser produzidas com matérias que não possuam problemas de abastecimento e ainda, com relação ao lítio, que é reciclado em escala limitada.

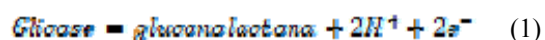
O próximo passo dos pesquisadores japoneses será avaliar a resistência do material em relação aos ciclos de carga².

III. PROTÓTIPO DE BIO-BATERIAS QUE GERA ENERGIA A PARTIR DO AÇÚCAR PURO

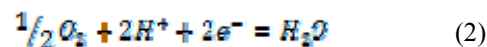
O protótipo de Bio-baterias que gera energia a partir do açúcar puro é uma experiência da empresa Sony. Este é um campo crescente e que tomará frente na área de tecnologia num futuro não muito distante.

A. Reação eletroquímica³

O funcionamento da Bio-baterias baseia-se em uma reação eletroquímica que utiliza a glucose (açúcar) como combustível. O anodo retira elétrons e íons de hidrogênio do açúcar por meio de uma oxidação enzimática:



Os íons de hidrogênio migram para o catodo passando através do separador de celofane. Quando chegam ao catodo, os íons de hidrogênio e os elétrons absorvem oxigênio do ar e produzem água:



IV. ENERGIA LIMPA: AÇÚCAR E ÁGUA

De acordo com a Eletroquímica Shelley Minter, pesquisadora da Universidade de Saint Louis, no estado do Missouri, EUA, a união da biologia e da química pode levar a construção de uma bateria melhor e mais limpa. O açúcar é usado como combustível em todas as coisas vivas⁴.

Como todas as baterias, a ideia é combinar o combustível – açúcar – para gerar eletricidade. Com isso, todos os componentes desse dispositivo são biodegradáveis.

O ingrediente chave que compõe a bateria é a chamado “charge-stripping enzyme”.

O protótipo criado pelo grupo da Universidade de Saint Louis era do tamanho de um selo postal e alimentou com sucesso uma calculadora de mão.

As potenciais aplicações para este dispositivo são os carregadores de telefone celular, sensores de controle remotos para detectar armas químicas e biológicas⁵.

V. BENEFÍCIOS

De acordo com a CFD Research Corporation, a ideia é desenvolver um dispositivo que permita gerar energia através de glicose e sacarose, tipos de açúcar comumente encontradas em refrigerantes e bebidas de hidratação utilizadas após a prática de esportes. Utilizar-se-iam enzimas para converter açúcar em energia elétrica e com isso, recarregar o dispositivo quando mais açúcar for adicionado⁶.

Segundo Sameer Singhal, diretor de biomédica e energia da empresa, um pacote de açúcar contém a mesma quantidade de energia que 6 pilhas AA de lítio.

A cana de açúcar é mais segura, não é inflamável ou tóxica⁷.

VI. APLICAÇÕES

-Marca-passo utilizando bioenergia a partir do açúcar (glicose).⁸

-Indústria militar – soldados precisam carregar muito peso em bateria para seus rádios, sensores infravermelhos, óculos de visão noturna e equipamentos de GPS, por exemplo. Em relação ao peso e capacidade de carga essas baterias ganhariam em relação às de lítio⁹.

-Aplicações médicas tornam-se mais compatíveis ao corpo, pois não liberariam resíduos tóxicos¹⁰.

-Militares americanos testaram um dispositivo eletrônico capaz de manter o sistema composto por um microprocessador e um display LCD por 10 horas, utilizando apenas 20 ml de solução de açúcar¹¹.

-Híbridos com hidrogênio¹²

-Conversão de glucanos – amido e celulose – e água em hidrogênio e dióxido de carbono como:



A produção de hidrogênio através de açúcar é de baixo custo e totalmente renovável¹⁴.

As Bio-baterias além de serem mais eficientes e duradouras que as convencionais do século XXI, como as de Lítio, são ecologicamente mais corretas que as outras, e é exatamente nesse ponto que se encaixam na nova tendência, que prevê maior conservação do meio ambiente. Lembrando que as

reservas a serem exploradas são limitadas e muitas vezes para a produção de baterias de Lítio, países, como o Brasil, precisam exportar a matéria prima.

Os estudos sobre o impacto dessa nova tecnologia no mercado ainda é prematuro. Os cientistas ainda não têm expectativa de quando as Bio-baterias estarão disponíveis no mercado. Porém, não há dúvidas de que essa nova tecnologia promoverá o surgimento de outras do mesmo tipo em todo o mundo, de diversas formas, em inúmeros setores, que mudarão totalmente a conduta dos cidadãos e das empresas em geral, contribuindo para um mundo ecologicamente mais preocupado e mais verde, que ofereça recursos por um tempo de vida maior, sem que o homem abandone sua forma de vida atual e principalmente sem tantas respostas negativas do Planeta diante da exploração humana.

VII. COMPARAÇÃO COM A TECNOLOGIA ATUAL

As baterias estão presentes em todas as partes e lugares na nossa vida e com o avanço das tecnologias elas se tornam cada vez mais indispensáveis no cotidiano. Encontramos baterias em celulares, notebooks, câmeras fotográficas, aparelhos médicos, como por exemplo, em marca-passos, aparelhos para medir pressão e glicemias e em diversos aparelhos eletrônicos.

Devido ao rápido crescimento das tecnologias podemos encontrar no mercado diversos tipos de baterias fabricadas com os mais variados materiais. Atualmente estão sendo pesquisadas baterias de íons de lítio, de nano fios de Silício, de nano fibras de carbono, de lítio-enxofre, nucleares, ecologicamente corretas, de ar e de vírus¹⁵.

A. Baterias de íons de lítio

A primeira bateria de lítio foi criada pelo químico Gilbert Nerton Lewis em 1912, mas somente a partir de 1970 foi que elas tornaram-se disponíveis comercialmente, devido ao nascimento de novas tecnologias e com o surgimento de aparelhos portáteis. Devido a problemas de segurança, as tentativas de criar baterias recarregáveis de lítio falhavam por causa da instabilidade inerente do metal de lítio durante o carregamento. Devido a esta circunstância a pesquisa teve que mudar seu foco para uma bateria não metálica de lítio, usando íons de lítio. Mesmo que sua densidade de energia seja ligeiramente inferior ao do metal de lítio, depois que foi comprovada a segurança da bateria, em 1991, a Sony corporation comercializou a primeira bateria de íon de lítio¹⁶.



Figura 1 Bateria de Lítio Ion¹⁷

B. Baterias de Nano fios Silício

Pesquisadores da Universidade de Stanford encontraram no final de 2007; uma maneira de aumentar em até dez vezes a energia armazenada nas baterias de lítio. Através da pesquisa de Yi Cui, as baterias de lítio seriam fabricadas com fios de silício ao invés do carbono.

Com esta tecnologia, uma bateria de um notebook potente poderia armazenar energia para até vinte horas de uso. Esta é uma quantidade impressionante se dermos conta que as baterias atuais duram em média de duas horas.

As baterias atuais de lítio utilizam ânodos de carbono para armazenar sua carga. Isso quer dizer que a carga da bateria está intimamente ligada à quantidade de lítio que pode ser armazenado em cada ânodo.

Através da substituição do carbono por silício que é um material mais eficiente porém se desgasta mais rapidamente devido à expansão e encolhimento dos íons armazenados, que deterioravam rapidamente os ânodos.

A solução para este problema foram os nano fios de silício. O lítio é armazenado em uma porção de pequeninos microfios de silício com um diâmetro de 100 vezes menor que uma folha de papel. Os nano fios inflam quatro vezes mais do que uma bateria normal, mas não quebram ao liberar o lítio de volta ao "trabalho" ¹⁸.

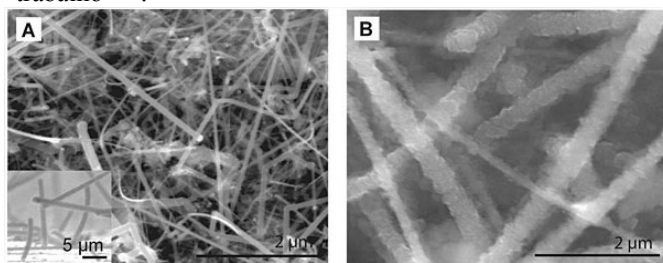


Figura 2 - Nano fios ¹⁹

C. Baterias de nano fibras de carbono

Pesquisadores conseguiram demonstrar que baterias de lítio podem armazenar várias vezes mais energia do que as baterias de lítio atuais. Esta pesquisa foi realizada na Universidade de Stanford, nos Estados Unidos. A nova tecnologia permitirá construir uma bateria que armazene mais carga, mantendo o mesmo peso das atuais ou terá uma bateria que armazene a mesma carga das atuais, mas que seja muito mais leve.

As nano fibras de carbono (Figura - 3) são recobertas com silício usando um processo conhecido como deposição de vapor químico, criando eletrodos mais leves e com maior capacidade de armazenamento de energia ²⁰.

D. Baterias de lítio – enxofre

Pesquisadores conseguiram desenvolver uma bateria elétrica que, usando enxofre, oferece desempenho quatro vezes superior às que utilizam íons de lítio para armazenar energia. Em 2013 foi realizada no Laboratório Nacional de Oak Ridge, Estados Unidos. Tendo em conta de além de mais densa, a invenção é mais barata de produzir.

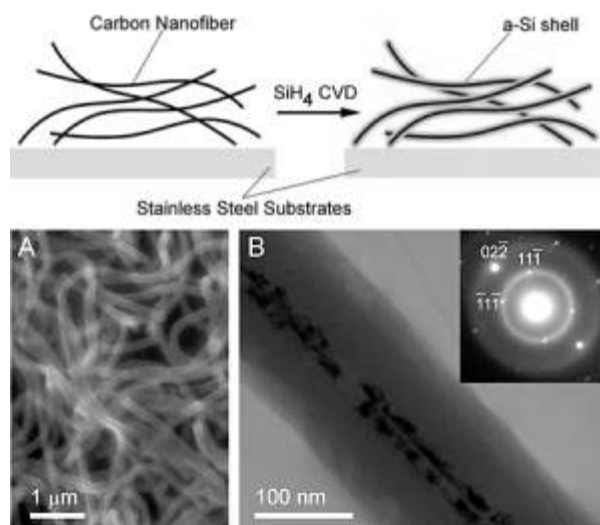


Figura 3 - (A) Nano fibra de carbono; (B) Silício ²¹.

A bateria de enxofre vem surpreendendo os pesquisadores, por vir se mostrando mais durável do que a bateria convencional.

Observou-se que com o decorrer tempo, a bateria de notebook, por exemplo, perde eficiência, pois a capacidade de armazenamento diminui conforme o usuário realiza ciclos de uso da bateria. Cada ciclo corresponde à uma transição de "descarregada" para "totalmente carregada".

Devido à invenção de lítio-enxofre, o desgaste ainda irá existir, mas seria um problema inferior comparando com as demais baterias. Isso significa que, mesmo depois de um ano de uso ininterrupto, um smartphone carregaria rapidamente e manteria os mesmos níveis de eficiência e autonomia de quando era novo ²².



Figura 4 - Comparação da bateria de lítio - enxofre com uma moeda ²³.

E. Baterias Nucleares

Enquanto especialistas se esforçam para convencer os políticos e o público de que as usinas nucleares são seguras e representam uma maior viabilidade para a humanidade, o professor Jae Kwon, da universidade de Missouri, nos Estados Unidos, é bem mais confiante.

Jae Kwon está pesquisando e desenvolvendo baterias nucleares, pequenos dispositivos que, segundo o pesquisador, serão menores, mais leves e mais eficientes do que as baterias recarregáveis de lítio.

"Para fornecer energia suficiente, nós precisamos de técnicas com maior densidade de energia," diz Kwon. "A bateria de radioisótopos pode oferecer uma densidade de

energia seis vezes maior do que as baterias químicas."

Construído pela equipe do professor Kwon, o protótipo tem o tamanho de uma moeda.

Embora possa levantar preocupações em andar com uma bateria destas no bolso, o pesquisador afirma que as baterias nucleares são seguras.

"As pessoas ouvem a palavra nuclear e pensam em algo muito perigoso," diz ele. "Entretanto, as fontes de energia nucleares já vêm abastecendo com segurança vários dispositivos, como satélites espaciais e submarinos."

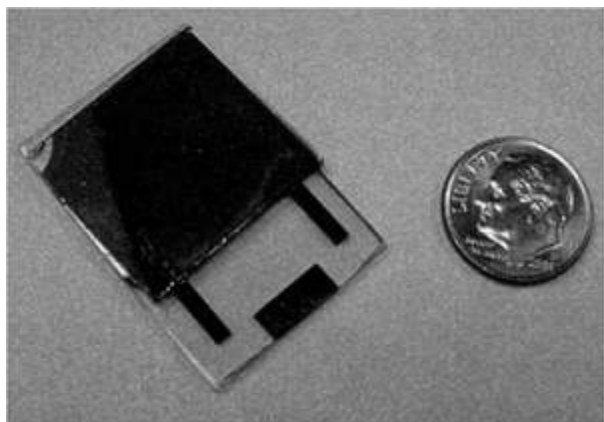


Figura 5 - Bateria nuclear, com seis vezes mais capacidade do que as baterias de lítio²⁴.

Além da miniaturização desses pequenos geradores nucleares há também alteração no semicondutor utilizado. Fontes nucleares normalmente utilizam semicondutores sólidos, enquanto a bateria nuclear portátil utiliza um semicondutor líquido.

"A parte crítica de usar uma bateria radioativa é que, quando você gera a energia, uma parte da radiação pode destruir a rede atômica do semicondutor sólido. Usando um semicondutor líquido, nós acreditamos que poderemos minimizar esse problema," explica Kwon.

Quando totalmente desenvolvidas, já próximo da etapa de comercialização, as baterias nucleares poderão ser tão finas quanto um fio de cabelo humano. O Dr. Kwon afirma que ainda serão necessários alguns anos de trabalho e aprimoramento para que esse objetivo seja atingido²⁵.

F. Baterias ecologicamente correta

A princípio, o termo ecologicamente correto é utilizado para produtos, artesanais, manufaturados ou industriais que sejam não poluentes, não tóxicos, ou notadamente benéficos ao meio ambiente e a saúde, contribuindo para o desenvolvimento de um modelo econômico e social sustentável²⁶.

Para um produto receber a tarja de ecológico, todo o processo produtivo deverá conter alguns requisitos tais como ser limpo e apropriado, utilizar matéria-prima natural renovável ou não (mas reaproveitável), utilizar matéria-prima sintética reaproveitada ou reciclada, utilizar insumos ecológicos, ter baixo consumo energético para sua fabricação, ter menor carga residual sobre o meio ambiente, apresentar possibilidade máxima de recuperação ou reciclagem.

Como exemplo, foi desenvolvido pela Sony um protótipo de uma bateria que funciona com açúcar. A Bateria gera eletricidade suficiente para fazer funcionar um tocador de músicas e um par de alto-falantes. O revestimento foi feito com plástico vegetal e ela funciona da seguinte maneira: enzimas quebram o açúcar, liberando energia. A Sony informou que pretende comercializar o produto, mas não tem previsão para isto acontecer.



Figura 6 - O carregador ecológico alimenta um Walkman²⁷

Pela corrida da melhor bateria ecologicamente correta vem a holandesa Philips Electronics que se propôs a criar um selo, o Green Tick, que acompanhará produtos que consumirão 10% a menos de energia e serão produzidos com matérias mais ecológicas. A empresa começa a campanha com suas TVs, mas pretende expandir para outros produtos também.

Além das fontes mais comuns, como a energia solar ou a energia eólica, pesquisadores da Universidade de Brigham Young desenvolveram uma bateria a base de glicose e carboidratos - em outras palavras, funciona a base de açúcar! Essa bateria tem uma taxa de conversão de 27%, tendo uma boa taxa de eficiência. Em média, as baterias têm um índice de rendimento médio de 25%.

Ainda sobre economia de energia, o francês Gilles Belley criou um dispositivo chamado Energy Saving Adaptor - ESA. Segundo estudos, aparelhos em stand by são responsáveis por 10% do consumo de energia de uma casa. Cada módulo do ESA é responsável por um aparelho: quando o mesmo se encontra muito tempo em stand by, o dispositivo o desliga sozinho²⁸.



Figura 7- Glicose e carboidratos²⁹

VIII. ESTUDOS SOBRE A IMPLANTAÇÃO DESSA NOVA TECNOLOGIA

O conceito de que a necessidade de novas tecnologias se dá somente pelo objetivo de melhorar a vida das pessoas que fazem uso delas ou, apenas de uma sequência da evolução dessas tecnologias está se tornando um raciocínio do passado. A nova tendência abrange uma margem muito maior, de uma mudança que já se iniciou e irá atingir todas as empresas e seus sistemas de gestão e produção, assim como os cidadãos diante das suas escolhas mais particulares.

O conceito da escassez, que se resume na definição de que as necessidades do homem são infinitas, mas os recursos são finitos, e é esse o maior motivo de essa nova tendência estar tomando conta, de todas as formas, do cotidiano das pessoas.

Os últimos acontecimentos de mudanças climáticas, Aquecimento Global, e suas consequências também contribuíram para essa nova tendência tecnológica que é voltada para a conservação da natureza, do planeta Terra e, conseqüentemente, da raça humana e da sua permanência na Terra ainda por muitas gerações. E para elas o que se espera e almeja é que possam usufruir de melhores ou dos mesmos recursos naturais, os quais hoje são usufruídos por todas as formas de vida no planeta.

Sustentabilidade no setor energético é a nova tendência, pelo que essa pesquisa focou o trabalho exatamente no tema Sustentabilidade no setor energético é a nova tendência, pelo que essa pesquisa focou o trabalho exatamente no tema “Energia Verde”.

As Bio-baterias, além de serem mais eficientes e duradouras que as convencionais são ecologicamente sustentáveis. As Bio-baterias, além de serem mais eficientes e duradouras que as convencionais são ecologicamente sustentáveis.

IX. ANÁLISE DO IMPACTO MERCADOLÓGICO E ECONÔMICO DA IMPLANTAÇÃO DESSA NOVA TECNOLOGIA.

Um grande motivador para que a Bio-baterias possam ser produzidas no Japão, Europa e Estados Unidos seriam a grande dificuldade de encontrar materiais como íons de lítio no país, assim, seriam necessários importar vários componentes de outros países.

Para que esta tecnologia possa ser produzida no Brasil teria que ter um motivador para a produção de seus componentes e, principalmente, ter pessoas formadas nessa área saindo das universidades.

As grandes empresas foram surpreendidas nesses últimos cinco anos com a introdução de tecnologias que não haviam sido consideradas em seus planos estratégicos; e isto lhes custou muito caro até que um novo posicionamento fosse definido³⁰.

As empresas teriam que se preparar de uma forma rápida para esta nova demanda: adaptação e novos setores estariam surgindo nas empresas.

Muitas pessoas irão optar pela Bio-baterias forçando o descarte das baterias antigas e, provavelmente, de forma incorreta, prejudicando o meio ambiente. Uma reeducação de como descartar as baterias e empresas a coletá-las seria um motivo para que o governo atuasse no processo.

O MDA, Ministério do Desenvolvimento Agrário, vem apoiando a produção e divulgação de informações

relacionadas às cotações das principais matérias primas e de outros produtos relacionados à produção de biodiesel³¹. Com a entrada das Bio-baterias, seria interessante que este apoio de produção para esta nova tecnologia.

Em 2011, a demanda aquecida mesmo com os problemas vividos pela economia mundial garantiu receitas recordes para o Brasil.

A participação das matérias-primas nas exportações brasileiras aumentou de 59% em 2010, para 62% em 2011. AS exportações são recordes na área agropecuária, superando US\$ 95 bilhões³².

Embora a Bio-baterias ainda não estejam sendo produzidas, existe um potencial mercado para exportação e preços internacionais bons, o que garantira uma forte elevação da renda interna dos produtores.

X. CONCLUSÕES

Muitos fatores podem ser levados em consideração para que a humanidade comece a pensar em migrar da energia convencional para energia renovável. Devido à escassez de matéria prima que constitui a geração de energia, obrigatoriamente as empresas buscam uma forma de driblar este fator.

Embora as empresas estejam acostumadas a utilizarem os mesmos materiais que vêm sendo aprimorados a gerações, devido à dificuldade de obter as matérias primas, de forma sábia, investimentos em pesquisas estão sendo feitos para que se possa, de forma mais viável, obter componentes para a geração de energia.

Ao contrário dos combustíveis não renováveis, como os de origem fóssil, por exemplo, as fontes de energias renováveis, no geral, causam um pequeno impacto ao meio ambiente, com poluição e desmatamento. Portanto, a Bio-baterias é uma excelente alternativa ao sistema energético tradicional, principalmente numa situação de luta contra a poluição atmosférica e o aquecimento global.

Outro tipo de energia que vem sendo muito discutido é a agro energia, que tem sido adotada por diversos países, inclusive o Brasil. Utilizando a biomassa florestal e a combustão de lenha e carvão vegetal é consumida, principalmente, pelas siderúrgicas. As vantagens do consumo desse tipo de energia são o baixo impacto ao meio ambiente e a não alteração do efeito estufa, atualmente uma das maiores preocupações dos ambientalistas³³.

Uma das formas de gerar energia muito utilizada no agro negócio é através de biodigestores. São equipamentos de fabricação relativamente simples, que possibilitam o reaproveitamento de detritos para gerar gás e adubo. Para que o biodigestor produza energia, é colocado restos de alimentos e fezes de animais acrescidos de água.

Através das bactérias anaeróbicas, que não dependem de oxigênio, estes detritos entram em decomposição, durante este processo todo material orgânico é convertido em gás que poderá ser utilizado para outras finalidades.

A utilização da cana-de-açúcar como fonte de energia vai além do etanol. A palha da planta e o bagaço representam uma fonte de energia respeitável e em expansão. Segundo dados da Associação Paulista de Cogeração de Energia (Cogen), cada tonelada de cana-de-açúcar produz 250 quilos de bagaço e 204

quilos de palha, capazes de gerar 199,9 quilowatts/hora. Estudos apontam que a geração de energia por usineiros, somadas, já é equivalente a 7ª hidrelétrica do país.

É importante que sejam desenvolvidas tecnologias mais eficazes na captação e utilização de energias alternativas e

renováveis, de maneira que estas causem um baixo impacto ambiental.

REFERÊNCIAS

- [1] ¹http://www.theregister.co.uk/2012/09/25/sodium_ion_batteries_sucrose_anode/
- [2] ²<http://news.discovery.com/tech/sweet-sugar-batteries-120927.htm>
- [3] ³<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010115070824>
- [4] ⁴<http://www.livescience.com/7212-sweet-battery-runs-sugar.html>
- [5] ⁵http://www.naturalnews.com/022047_fuel_cells_portable_electronics.html
- [6] ⁶<http://www.businessweek.com/videos/2012-07-09/bio-batteries-powered-by-sugar>
- [7] ⁷<http://planetforward.org/tv-segments/bio-batteries-powered-by-sugar/>
- [8] ⁸<http://www.economist.com/node/21557718>
- [9] ⁹http://www.al.com/42/index.ssf/2012/08/cfd_research_in_huntsville_mak.html
- [10] ¹⁰http://www.al.com/42/index.ssf/2012/08/cfd_research_in_huntsville_mak.html
- [11] ¹¹<http://science.dodlive.mil/2010/08/26/the-bio-battery-converting-sugar-into-electrical-energy/>
- [12] ¹²<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036031991001520X>
- [13] ¹³<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036031991001520X>
- [14] ¹⁴<http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2009/ee/b818694d/unauth>
- [15] ¹⁵<http://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia/2945-novas-baterias-que-prometem-mudar-as-nossas-vidas.htm>
- [16] ¹⁶<http://litiobaterias.blogspot.com.br/2011/05/historia.html>
- [17] ¹⁷<http://litiobaterias.blogspot.com.br/2011/05/historia.html>
- [18] ¹⁸<http://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia/2945-novas-baterias-que-prometem-mudar-as-nossas-vidas.htm>
- [19] ¹⁹<http://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia/2945-novas-baterias-que-prometem-mudar-as-nossas-vidas.htm>
- [20] ²⁰<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=bateria-pesa-menos-ou-maior-capacidade&id=010115091007>
- [21] ²¹<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=bateria-pesa-menos-ou-maior-capacidade&id=010115091007>
- [22] ²²<http://www.techtudo.com.br/curiosidades/noticia/2013/06/bateria-s-com-enxofre-podem-armazenar-ate-quatro-vezes-mais-energia.html>
- [23] ²³<http://imasters.com.br/noticia/pesquisadores-criam-baterias-com-enxofre-que-armazenam-ate-quatro-vezes-mais-energia/>
- [24] ²⁴<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=baterias-nucleares-miniaturizadas-superam-baterias-litio&id=010115091013>
- [25] ²⁵<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=baterias-nucleares-miniaturizadas-superam-baterias-litio&id=010115091013>
- [26] ²⁶<http://verdevida.wordpress.com/2007/08/20/o-que-e-ser-ecologicamente-correto/>
- [27] ²⁷http://andafter.org/publicacoes/na-onda-do-ecologicamente-correto_155.html
- [28] ²⁸<http://informaticasmec2009.blogspot.com.br/2011/08/tendencia-do-seculo-xxi-e-pensar-mais.html>
- [29] ²⁹<http://informaticasmec2009.blogspot.com.br/2011/08/tendencia-do-seculo-xxi-e-pensar-mais.html>
- [30] ³⁰http://www4.serpro.gov.br/noticias-antigas/noticias-2005-1/20050310_01
- [31] ³¹http://comunidades.mda.gov.br/portal/saf/institucional/Mercado_de_biodiesel_e_de_mat%C3%A9rias_primas
- [32] ³²<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2012/01/1029576-em-ano-de-recordes-materia-prima-ganha-espaco-nas-exportacoes.shtml>
- [33] ³³<http://www.verdeghaia.com.br/blog/a-importancia-das-fontes-alternativas-e-renovaveis-de-energia-em-tempo-de-crise/>

Estudo da aplicação de Campo Magnético nos vasos linfáticos e na microcirculação sanguínea

Andressa Ferreira de Oliveira

Natália Cenira Ottoni Albuquerque

Antônio Marcos de Souza

Instituto Nacional de Telecomunicações
- Inatel

andressa_ferreira@geb.inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações
- Inatel

natalia.albuquerque@inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações
- Inatel

amarcos@inatel.br

Resumo—Este artigo trata de um trabalho multidisciplinar que visa auxiliar os profissionais da área de saúde no tratamento de doenças linfáticas, como o linfedema, assim como o desenvolvimento de novas tecnologias para esse fim, através do uso de campo magnético estático. Este artigo aborda com detalhes estudos sobre campos magnéticos e sistema circulatório. Após a construção do embasamento teórico, testes serão feitos em ratos em um laboratório a fim de se obter dados dos resultados da interação do campo magnético com o sistema linfático.

I. INTRODUÇÃO

O trabalho sobre o qual este artigo trata tem por objetivo o aprofundamento do estudo da ação do campo magnético na microcirculação sanguínea, tendo como foco a ação deste campo nos vasos linfáticos. Se comprovado que os vasos linfáticos também sofrem dilatação ou constrição com a aplicação do campo magnético, esse estudo poderá auxiliar os profissionais da área de saúde no tratamento de doenças linfáticas, como o linfedema, assim como o desenvolvimento de novas tecnologias para esse fim.

II. INSTRUÇÕES GERAIS

A aplicação de campos magnéticos no tratamento de processos inflamatórios e edemas tem crescido nos últimos anos, através de estudos científicos realizados nesta área.

No ano de 2007, um estudo realizado por Cassandra E. Morris e Thomas C. Skalak, que visava analisar a eficiência da redução de processos inflamatórios utilizando campos magnéticos estáticos e através dos experimentos realizados, chegou à conclusão de que novos estudos deveriam ser feitos para verificar a ação e os efeitos destes campos no sistema circulatório. Como conclusão deste estudo os autores observaram que a aplicação do campo magnético estático pode modular a pressão arterial e o fluxo, sugerindo assim o uso deste tipo de campo no tratamento de tecidos edematosos.

No estudo, ímãs de 70 [mT], cerca de 10 vezes mais fortes do que um ímã de geladeira, mostraram um forte efeito, expandindo vasos que haviam sido artificialmente constritos e contraindo vasos que haviam sido artificialmente dilatados. Os resultados mostram que a terapia magnética pode induzir o relaxamento de vasos em tecidos com suprimento de sangue deficiente - ou seja, os ímãs realmente aumentam a circulação sanguínea.

A. Estudo Teórico das Ondas Eletromagnéticas

Segundo a lei de Faraday, a fem induzida em uma espira fechada é dada pela taxa de variação do fluxo magnético, com o sinal negativo, através da área delimitada pela espira. A lei de Faraday é escrita na forma:

$$\mathcal{E} = - \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \quad (1)$$

(lei de Faraday da indução)

A lei de Faraday se aplica quando há variação no fluxo magnético.

A lei de Ampère é definida com base em uma integral de linha em torno de uma trajetória fechada, designada por:

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} \quad (2)$$

Para introduzir a idéia básica da lei de Ampère, considere-se o campo magnético produzido por um condutor retilíneo longo que transporta uma corrente. O campo a uma distância r do condutor possui módulo dado por:

$$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi r} \quad (3)$$

As linhas de campo magnético são circunferências centralizadas sobre o condutor. A integral de linha é sempre zero quando não existe nenhuma corrente passando na área determinada pelo percurso de integração.

O enunciado geral da lei de Ampère é:

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I \quad (4)$$

A lei de Ampère, na forma em que foi enunciada, é válida apenas quando as correntes são estacionárias e na região não existem materiais magnéticos nem campo elétrico variável.[4]

A estimulação magnética é baseada nas leis de Faraday, as medidas feitas por ele permitiram a observação da chamada indução magnética. Trata-se da geração de uma força eletromotriz sobre um enrolamento quando ele é atravessado por um campo magnético variável. A indução magnética é dada pela fórmula:

$$B = \frac{F}{A} \quad (5)$$

Onde B é a indução magnética, F fluxo magnético e A é a área da secção perpendicular ao fluxo magnético [1]

A figura abaixo mostra uma argola de ferro com enrolamentos, A e B, com fios de cobre isolados entre si.

Com esse experimento, Faraday mostrou que a variação da corrente no circuito A gerava uma corrente no circuito B, que estava eletricamente isolado de A. Faraday percebeu que o responsável pela indução era o campo magnético gerado pelo circuito A, que atravessava o circuito B. Daí a importância, nessa experiência, da argola de ferro; a mesma experiência, realizada com uma argola de material não-magnético (madeira, plástico), apresentaria efeitos muito pequenos, de difícil detecção.

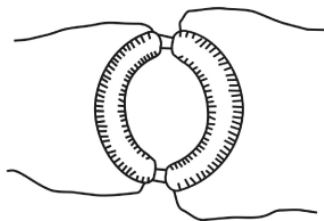


Fig. 1. Argola de ferro descrita no experimento.

Até mesmo no vácuo, ao variar o campo magnético nota-se o aparecimento de um campo elétrico, originando as ondas eletromagnéticas. Na aplicação em tecidos biológicos o que se procura fazer é criar um pulso de campo magnético intenso na região a ser tratada. A rápida e intensa variação do campo magnético gera uma força eletromotriz naquela região, provocando o aparecimento de correntes elétricas, caso o meio seja condutor elétrico. Quanto mais intenso e localizado for melhor é o resultado.

Em bobinas, o campo magnético é mais intenso onde estão os enrolamentos, o valor máximo do campo ocorre próximo da espira interna da bobina.

Para que ocorra o aumento das correntes induzidas no tecido a ser tratado, é necessário produzir uma variação significativa do campo magnético na região de interesse (e o mínimo possível fora dela).

B. Sistema Linfático

O coração, os vasos sanguíneos e o sangue formam o sistema circulatório. A circulação sanguínea supre as necessidades dos tecidos corporais, como transporte de nutrientes e hormônios, eliminação de produtos do metabolismo e, com isso, mantém o ambiente apropriado em todos os líquidos teciduais do organismo para que as células sobrevivam e funcionem da maneira ideal.

O sistema linfático é uma rede complexa de órgãos linfóides, linfonodos, ductos linfáticos, tecidos linfáticos, capilares linfáticos e vasos linfáticos que produzem e transportam o fluido linfático (linfa) dos tecidos para o sistema circulatório, ou seja, é constituído por uma vasta rede de vasos semelhantes às veias (vasos linfáticos), que se distribuem por todo o corpo e recolhem o líquido tissular que não retornou aos capilares sanguíneos, filtrando-o e reconduzindo-o à circulação sanguínea. O sistema linfático também é um importante componente do sistema imunológico, pois colabora com glóbulos brancos para proteção contra bactérias e vírus invasores.

B.1 Ligação do Sistema Circulatório com o Sistema Linfático

O sistema circulatório é frequentemente dividido em sistema cardiovascular, que consiste no coração, nos vasos sanguíneos e no sangue, e sistema linfático, que consiste em vasos linfáticos, tecidos linfáticos no interior do baço, timo, tonsilas e linfonodos.

Na microcirculação ocorre a principal função do sistema circulatório: O transporte de nutrientes para os tecidos e a remoção dos produtos da excreção celular. As pequenas arteríolas controlam o fluxo sanguíneo para cada região tecidual, e as condições locais, nos tecidos, por sua vez, controlam o diâmetro das arteríolas. Assim, cada tecido, na maioria dos casos, controla seu próprio fluxo sanguíneo, de acordo com suas próprias necessidades.

O sistema linfático apresenta uma via acessória por meio da qual o líquido pode fluir dos espaços intersticiais para o sangue. É importante notar que os linfáticos transportam, para fora dos espaços teciduais, proteínas e grandes partículas que não podem ser removidas por absorção direta pelos capilares sanguíneos. Em retorno da proteína para o sangue, dos espaços intersticiais, é função essencial, sem a qual morreríamos em certa de 24 horas.

B.2 Canais Linfáticos do Corpo

Quase todos os tecidos corporais têm canais linfáticos especiais que drenam o excesso de líquido diretamente dos espaços intersticiais. As exceções incluem as porções superficiais da pele, o sistema nervoso central, o endomísio dos músculos e ossos. Entretanto, mesmo esses tecidos têm minúsculos canais, referidos como pré-linfáticos, pelos quais o líquido intersticial pode fluir; esse líquido é, por fim, drenado para vasos linfáticos ou, no caso do encéfalo, para o líquido cérebro-espinhal e, dele, diretamente voltado para o sangue.

B.3 Capilares Linfáticos Terminais e sua Permeabilidade

A maior parte do líquido filtrado nas extremidades arteriais dos capilares sanguíneos flui entre as células e é, finalmente, reabsorvido de volta pelas extremidades venosas dos capilares sanguíneos; entretanto, em média, cerca de 1/10 do líquido segue para os capilares linfáticos e retorna ao sangue pelo sistema linfático, em vez de fazê-lo pelos capilares venosos. O volume total dessa linfa é, normalmente, de apenas dois a três litros por dia.

O líquido que retorna à circulação pelos linfáticos é extremamente importante, por conter substâncias de alto peso molecular, tais como proteínas que não podem ser absorvidas dos tecidos por qualquer outra via, embora possam entrar nos capilares linfáticos quase sem impedimentos. Isso ocorre por causa da estrutura especial dos capilares linfáticos.

B.4 Linfa e Vasos Linfáticos

A rede linfática dos vasos começa com os capilares linfáticos. Os capilares linfáticos são tubos de extremidade fechada que forma uma vasta rede nos espaços intercelulares no interior da maioria dos tecidos. No interior das vilosidades do intestino delgado, por exemplo, os capilares linfáticos chamados lácteos transportam produtos gordurosos absorvidos para fora do trato gastrointestinal. Como paredes dos capilares linfáticos são constituídas por células endoteliais como junções comunicantes, o líquido intersticial, as proteínas, microorganismos e gorduras absorvidas (no intestino delgado) podem entrar facilmente. Tendo o líquido entrado nos capilares linfáticos, passa a ser chamado linfa. A drenagem linfática adequada é necessária para evitar o acúmulo de líquido intersticial, uma situação conhecida como edema.

Da fusão dos capilares linfáticos, a linfa é carregada para vasos linfáticos maiores chamados ductos linfáticos. As paredes dos ductos linfáticos são muito semelhantes àquelas das veias. Eles têm as mesmas três túnicas e também contêm válvulas para evitar o refluxo. A pressão que mantém o movimento da linfa procede de massagem produzida pela contração dos músculos esqueléticos e movimentos intestinais, e das contrações peristálticas de alguns vasos linfáticos. As válvulas mantêm a movimentação da linfa em uma só direção.

Posteriormente os ductos linfáticos que interligaram desembocam em um dos principais vasos: o ducto torácico e o ducto linfático direito. O ducto torácico maior drena a linfa dos membros inferiores, do abdome, da região esquerda do tórax, do membro superior esquerdo, e do lado esquerdo da cabeça e do pescoço.

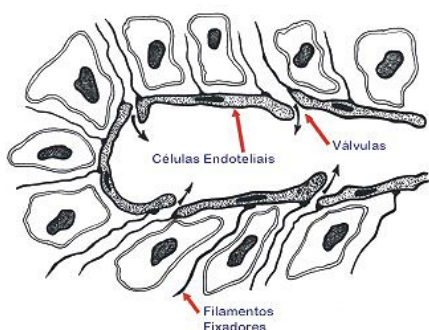


Fig. 2. Estrutura especial dos capilares linfáticos permitindo a passagem de substâncias de alto peso molecular para a linfa

O tronco principal desse vaso sobe ao longo da coluna vertebral e drena na veia subclávia esquerda. Na região abdominal, há uma dilatação do ducto torácico em forma de saco chamado cisterna do quilo, que recolhe a linfa dos membros inferiores e região intestinal. O pequeno ducto linfático direito drena os vasos linfáticos na região do membro superior direito, da região torácica direita e do lado direito da cabeça do pescoço. O ducto linfático direito se abre na veia subclávia direita próxima à veia jugular interna.

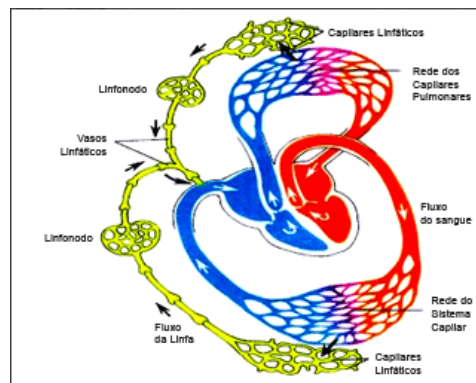


Fig. 3. Relação esquemática entre os sistemas circulatório e linfático.

B.5 Formação da Linfa

A linfa é derivada do líquido intersticial que flui para os linfáticos. Por isso, logo após entrar nos linfáticos terminais, ela apresenta, praticamente, a mesma composição de líquido intersticial.

A concentração de proteína no líquido intersticial da maioria dos tecidos é de, em média, cerca de 2 g/dL, e a da linfa que flui desses tecidos é próxima a esse valor. Ao contrário, a linfa formada no fígado apresenta concentração elevada de proteína, de 6 g/dL, e a linfa formada nos intestinos tem uma concentração de proteína de 3 a 4 g/dL.

Como cerca de dois terços de toda a linfa são, em condições normais, derivados do fígado e dos intestinos, a linfa do ducto torácico, que a mistura da linfa de todas as paredes do corpo, tem em, em geral, concentração de proteínas de 3 a 5 g/dL.

O sistema linfático é, também uma das principais vias de absorção de nutrientes vindos do trato gastrointestinal, em especial, para a absorção de praticamente todos os lipídios dos alimentos. De fato, após uma refeição rica em gorduras, a linfa do ducto torácico chega a conter, por vezes, até 1 a 2% de lipídios.

Por fim, mesmo grandes partículas, como bactérias, podem passar através das células endoteliais e entrar nos capilares linfáticos e, desse modo, chegar à linfa. À medida que a linfa passa pelos linfonodos, essas partículas são quase inteiramente removidas e destruídas.

B.6 Linfonodos

A linfa é filtrada pelo tecido reticular e de centenas de linfonodos que se agrupam ao longo dos vasos linfáticos. O tecido reticular contém células fagocíticas que ajudam a purificar o líquido. Linfonodos são pequenos corpos em forma de feijão incluídos no interior das cápsulas de tecido conjuntivo fibroso. Fitas de tecidos conjuntivos especializados chamadas trabéculas dividem o linfonodo em septos. Vasos

linfáticos aferentes levam a linfa para o linfonodo, onde ela circula pelos seios, uma série de canais irregulares. A linfa deixa o linfonodo pelos vasos linfáticos eferentes que emergem pelo hilo – uma depressão no lado côncavo do linfonodo. Nódulos linfáticos no interior de linfonodos são locais de produção de linfócitos e são, portanto, importantes no desenvolvimento de uma resposta imune.

B.7 Intensidade do Fluxo Linfático

Cerca de 100 mililitros de linfa flui, por hora, pelo ducto torácico do humano em repouso, e, aproximadamente, outros 20 mililitros fluem para a circulação, a cada hora, por outros canais, perfazendo o total estimado do fluxo linfático de cerca de 120 mL/h, ou 2 a 3 litros por dia.

B.8 Outros Órgãos Linfáticos

Além dos linfonodos já descritos, as tonsilas, o baço e o timo constituem órgãos linfáticos. As tonsilas formam um anel protetor de tecido linfático em torno das aberturas entre as cavidades nasal e oral e a faringe.

O baço está localizado no lado esquerdo da cavidade abdominal, à esquerda do estômago ao qual está suspenso. O baço não é um órgão vital no adulto, mas ajuda outros órgãos na produção de linfócitos, filtração do sangue, e destruição de eritrócitos.

B.9 Efeito da pressão do Líquido Intersticial sobre o Fluxo Linfático

Qualquer fator que aumente a pressão do líquido intersticial também aumenta o fluxo linfático, se os vasos linfáticos estiverem funcionando normalmente. Esses fatores incluem:

- Pressão capilar elevada
- Pressão coloidosmótica aumentada do líquido intersticial.
- Permeabilidade aumentada dos capilares

Todos esses fatores fazem com que o balanceamento das trocas de líquido na membrana capilar sanguínea favoreça o movimento de líquido para o interstício, dessa forma aumentado, ao mesmo tempo, o volume e a pressão do líquido intersticial e o fluxo linfático.

B.10 Bombeamento causado pela compressão Intermitente externa dos linfáticos

Além do bombeamento causado pela contração intermitente intrínseca das paredes dos vasos linfáticos, qualquer fator externo que comprima, também de modo intermitente, o vaso linfático pode provocar o bombeamento. Em ordem de importância, esses fatores são:

- Contração dos músculos esqueléticos circundantes
- Movimento de partes do corpo
- Pulsações de artérias adjacentes aos linfáticos
- Compressão dos tecidos por objetos externos ao corpo

A bomba linfática fica muito ativa durante o exercício, frequentemente aumentando o fluxo linfático por 10 a 30 vezes. Ao contrário, durante períodos de repouso, o fluxo linfático é extremamente lento, quase nulo.

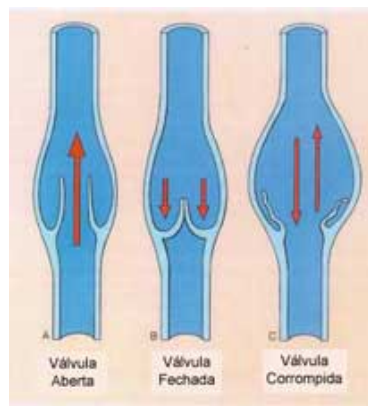


Fig. 5. Válvulas do sistema linfático.

B.11 Bomba Capilar Linfática

O capilar linfático terminal também é capaz de bombear linfa, além do bombeamento realizado pelos vasos linfáticos maiores. Como explicado anteriormente, as paredes dos capilares linfáticos aderem firmemente às células do tecido circundante, por meio de filamentos de ancoragem. Assim, cada vez que excesso de líquido chega ao tecido e faz com que ele se inche, os filamentos de ancoragem puxam a parede do capilar linfático, e o líquido flui para dentro do terminal linfático pelas junções entre as células endoteliais.

Então, quando o tecido é comprimido, a pressão no interior do capilar aumenta e faz com que as bordas sobrepostas das células endoteliais se fechem como válvulas. Por esse motivo, a pressão empurra a linfa para frente em direção ao linfático coletor, em vez de para trás, em direção às junções celulares.

B.12 Linfedemas

Um dos mais prevalentes distúrbios linfáticos é a insuficiência linfática, ou linfedema, que ocorre devido a um acúmulo de fluido linfático no tecido intersticial. Isso resulta em inchaço nos braços, pernas e às vezes em outras partes do corpo.

A gravidade desta doença varia de complicações extremamente leves para uma desfigurante, infecção dolorosa e celulite profunda na pele.

Se não for tratada, a pele torna-se eventualmente de fibrose (espessamento da pele e tecidos subcutâneos), com perda da estrutura normal, funcionalidade e mobilidade.

B.13 Os dois tipos de linfedema são:

Linfedema primário:

É uma condição hereditária que ocorre devido à dificuldade ou falta de vasos linfáticos. Ela afeta de um a até quatro membros e até mesmo outras partes do corpo, inclusive órgãos internos.

Pode apresentar no nascimento, se desenvolver com o início da puberdade ou ocorrer na idade adulta, sem causas aparentes.

Linfedema Secundário:

A desordem é basicamente adquirida, que ocorre devido a algum trauma, infecção ou cirurgia que interrompe os vasos linfáticos ou resulta na perda dos gânglios linfáticos.

Existem várias outras doenças no sistema linfático, mas focamos no linfedema que é o foco do nosso estudo.



Fig. 6. Pernas de pessoa com linfedema.

C. Base para o Estudo

“Acute exposure to a moderate strength static magnetic field reduces edema formation in rats” dos autores Cassandra E. Morris and Thomas C. Skalak

Tipo de campo magnético utilizado no experimento:

- Campo magnético estático (SMF)
- “Força dos campos magnéticos, utilizada no estudo, varia dentro de uma faixa de valores definidos entre 7.5-400mT”
- “O tratamento magnético foi aplicado dentro de 30 s de injeção através de um dispositivo de posicionamento lexan que colocou o ímã diretamente sobre a pata injetada, 2 mm, a partir da superfície”
- “Os ímãs utilizados nestas experiências (Magnetotherapy, Rivera Beach, FL, e Conceitos Engenharia, Birmingham, AL), cada medindo 3,5 cm de diâmetro, foram digitalizadas com uma resolução de 2 mm ao longo de uma área de 5 cm², 2 mm, a partir da superfície do ímã”

“A aplicação de 10 ou 70 mT, mas não de 400-mT, um campo magnético estático (SMF) por 15 ou 30 minutos imediatamente em seguida a aplicação da *‘histamine’* para induzir o edema, resultou em uma redução significativa de 20-50% na formação do edema. Em adição 2-h, 70-mT de aplicação de campo para um edema CA-induzido (λ -carrageenan (CA)) também resultou na redução de 33-37% do edema.”

C.1 Aplicação do campo magnético em vasos sanguíneos

A exposição a um campo magnético de força moderada reduz a formação de edemas em ratos.

A aplicação externa de campos magnéticos estáticos, tem se tornado popular como terapia complementar e/ou alternativa com investigação mínima no que se trata de eficiência e mecanismo. Está sendo utilizado especificamente para o tratamento de condições inflamatórias como lesão dos tecidos moles. Obs.: A literatura atual aborda bastante o uso dos campos magnéticos pulsados (PEMF) para o tratamento de vários problemas (exemplos: a não união de ossos quebrados, ‘osteo-artrite e etc’) e muito pouco a respeito do uso dos SMF (campos magnéticos estáticos).

Inflamações localizadas foram induzidas através da injeção de agentes inflamatórios (λ -carrageenan (CA)) ou *‘histamine’* nas patas traseiras de ratos, isoladamente ou em conjunto com agentes farmacológicos. Isto resultou em uma reação inflamatória espaçada e temporal (bem definida no tempo).

A aplicação de 10 ou 70 mT, mas não de 400-mT, um campo magnético estático (SMF) por 15 ou 30 minutos imediatamente em seguida a aplicação da *‘histamine’* para induzir o edema, resultou em uma redução significativa de 20-50% na formação do edema. Em adição 2-h, 70-mT de aplicação de campo para um edema CA-induzido (λ -carrageenan (CA)) também resultou na redução de 33-37% do edema.

Aplicação deste campo magnético, antes da injeção (do agente inflamatório) ou do tempo de edema máximo (máxima ação do edema), não influenciou na formação ou no tratamento respectivamente.

Juntos estes resultados sugerem a existência de um ‘limiar terapêutico’ de força de campo magnético estático (abaixo de 4000-mT) e uma dependência temporal de eficácia.

D. Proposta de aplicação de campo magnético em vasos linfáticos

Os resultados satisfatórios da aplicação de campo magnético estático na micro circulação nos leva a crer que esse mesmo experimento realizado pelo o Dr. Skalak, terá resultados mais significativos se aplicado ao sistema linfático, estimulando a drenagem e resultando em um tratamento eficaz para edemas linfáticos.

A proposta é estimular inchaços similares aos edemas linfáticos humanos em ratos de laboratório e aplicar campos magnéticos com diferentes interações no local, assim, iremos utilizar bobinas e ímãs com diversas intensidades e tamanhos em busca de resultados também satisfatórios.

III. CONCLUSÕES

Os estudos acima demonstram que o campo magnético estático traz resultados satisfatórios quando aplicado a microcirculação, interagindo com o campo magnético gerado pelo o corpo humano, com isso, essa interação auxilia no tratamento de edemas estimulando a drenagem de líquidos e acelerando o seu desaparecimento.

O novo estudo proposto que é a aplicação de campo magnético estático no sistema linfático nos leva a crer que os resultados serão mais significativos e eficaz.

Sobretudo, pretende-se que o projeto frutifique no sentido de beneficiar os pacientes que sofrem com linfedemas.

REFERÊNCIAS

- [1] GUYTON, A.C.; HALL, J.E. Tratado de Fisiologia Médica. 11ª ed. Rio de Janeiro, Elsevier Ed., 2006.
- [2] 1 Kraus, J.D e Fleisch- Electromagnetics with Applications. New York: McGraw Hill, 1999.
- [3] 2 Youmg, Hugh.D Sears e Zemnasky- Física III, São Paulo: Pearson, 2004.

A Importância da Limpeza de Material Laboratorial

Diego Vieira Pereira

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
diegovieira@geb.inatel.br

Larissa Mayra Silva Ribeiro

Instituto Nacional de Telecomunicações
– Inatel
larissa.ribeiro@geb.inatel.br

Francisco Eduardo de
Carvalho Costa

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
costafec@inatel.br

Resumo — Este trabalho é uma pesquisa bibliográfica sobre limpeza, desinfecção e esterilização no combate a infecções hospitalares decorrentes a contaminações em equipamentos médicos (eletrônicos e artigos médicos) e de superfícies em unidades de saúde por falta de um processo adequado e eficaz de higiene. Ele descreve as mais eficientes formas e etapas para a higienização completa desejável, demonstrando a imprescindível importância de uma limpeza realizada de modo correto para otimização dos processos de desinfecção e esterilização.

Também foi realizada em laboratório uma pesquisa utilizando diferentes produtos de limpeza a fim de provar e medir sua eficiência e eficácia para higienização de equipamento médico.

Palavras chave—Infecção Hospitalar, Limpeza, Desinfecção, Esterilização.

I. INTRODUÇÃO

A infecção hospitalar representa uma condição grave que influencia na morbimortalidade dos pacientes que permanecem internados em hospitais e EAS – Estabelecimento Assistencial de Saúde.

Definido pelo Ministério da Saúde (MS), conforme a Portaria nº 2.616 de 12/05/1998 [12], a Infecção Hospitalar (IH) é a infecção adquirida após a admissão do paciente, e que se manifesta durante a internação ou após a alta, quando puder ser relacionada com a internação ou procedimentos hospitalares.

A IH é a infecção que tem sua ocorrência devido aos procedimentos invasivos, sendo eles diagnóstico ou terapêutico, onde as práticas dentro de um EAS são predominantes.

As infecções hospitalares são as mais frequentes e importantes complicações ocorridas em pacientes hospitalizados. No Brasil, estima-se que 5% a 15% dos pacientes internados contraem alguma infecção hospitalar. [18]. Como consequência das IH, há um aumento nos índices de mortalidade e também há um aumento nos custos de internação dos pacientes, já que estes necessitam ficar internados por mais tempo em um EAS.

As IH de origem autógena, ou seja, aquela que se desenvolve da infecção a partir da microbiota do paciente, sendo de origem comunitária ou intra-hospitalar, corresponde a dois terços das IH. Torna-se difícil a determinação se a IH que o paciente adquiriu foi de fonte exógena, que acontece durante a internação, ou se o paciente trouxe para o EAS algum tipo de microrganismo da comunidade onde este vive.

Houve, com o passar dos anos, uma evolução nos programas de controle de infecção hospitalar, onde ficou evidenciado que as ocorrências de IH vão além do meio hospitalar, ou seja, também há ocorrências em qualquer estabelecimento assistencial à saúde onde são desenvolvidas ações e/ou procedimentos que podem ocasionar no aparecimento destas.

As condições em que se encontram um paciente em um EAS podem contribuir para o risco e aumento de IH. Feridas abertas, queimaduras, traumas, cirurgias, utilização de equipamentos invasivos e a própria mão dos profissionais de saúde, quando não higienizadas adequadamente, são exemplos de fatores que podem ocasionar o aparecimento de IH.

O conhecimento dos mecanismos de transmissão, aliados a ampliação dos recursos diagnósticos laboratoriais, delinearam medidas objetivas para o controle. Entre os principais meios de prevenção incluem-se a lavagem de mãos, isolamento de doenças transmissíveis e medidas específicas para cada sítio de infecção. A prevenção das infecções hospitalares deve constituir o objetivo de todos os profissionais de saúde [11].

As IH podem ser evitáveis ou não. A lavagem correta das mãos, uso de EPI's, e o processamento de superfícies e artigos - este último passando por processos de desinfecção e esterilização - são medidas eficazes que diminuem os riscos de infecção nos EAS.

Assim, o foco deste trabalho é apresentar a importância de se fazer uma limpeza e desinfecção adequada nos utensílios hospitalares, visto que uma limpeza incorreta, contendo resíduos, tanto de detergentes como microbiotas de outros pacientes, podem agravar a situação de pacientes hospitalizados.

A. Limpeza de artigos médico-hospitalares

Limpeza é o procedimento de remoção de sujidade e detritos para manter em estado de asseio os artigos, reduzindo a população microbiana e removendo contaminantes orgânicos e inorgânicos. Constitui o núcleo de todas as ações referentes aos cuidados de higiene com os artigos hospitalares. A limpeza deve preceder os procedimentos de desinfecção ou de esterilização, pois reduz a carga microbiana através da remoção da sujidade e da matéria orgânica presentes nos materiais. Estudos têm demonstrado que a limpeza manual ou mecânica, com água e detergente ou produtos enzimáticos reduzem aproximadamente 100000 do bioburden (número inicial de microrganismos contaminantes). O excesso de matéria orgânica aumenta não só a duração do processo de esterilização, como altera os parâmetros para este processo. O avanço tecnológico tem lançado no mercado equipamentos complexos dotados de estreitos lúmens que tornam a limpeza um verdadeiro desafio. [16]

Desta forma, é legal afirmar que a limpeza realizada de forma rigorosa é uma condição básica para qualquer processo de desinfecção e esterilização[16].

A limpeza e desinfecção de superfícies em serviços de saúde são elementos básicos e eficazes nas medidas de controle para quebrar o ciclo epidemiológico das infecções. E segundo o Manual de limpeza e desinfecção (2010) da ANVISA “O Serviço de Limpeza e Desinfecção de Superfícies em Serviços de Saúde visa garantir aos usuários dos serviços de saúde uma permanência em local limpo e em ambiente com menor carga de contaminação possível, contribuindo com a redução da possibilidade de transmissão de infecções oriundas de fontes inanimadas” [16].

Portanto há necessidade de limpeza de artigos médicos e superfícies em serviços de saúde e para isso há métodos importantes de limpeza e são eles: manual, mecânica em ultrassônica ou mecânica em termodesinfetadora e ação química (coadjuvante a limpeza manual). Para artigos médicos temos limpezas:

- Limpeza manual: Remoção de sujidades por meio de fricção aplicada sobre uma superfície utilizando detergente, escova e água. Deve ser aplicado a instrumentais delicados (ex: bisturis com ponta de rubi, ótica etc); utilizar escovas apropriadas (não abrasivas - para evitar a corrosão do instrumental) no corpo do instrumental, nas articulações e nas cremalheiras da pinça, seguindo a direção das ranhuras.
- Mecânica em ultrassônica: Utiliza-se lavadora ultrassônica, é uma limpeza realizada por cavitação que é um processo no qual inúmeras bolhas se formam pela vibração dos cristais de ultrassom e explodem na superfície das peças, funcionando como ventosas, criando pressões negativas, que dissolvem e dispersam os resíduos, aderidos aos artigos. Sendo indicado para instrumentais que possuem conformações complexas e lúmens (usar obrigatoriamente na limpeza de materiais endoscópicos com exceção das óticas)

- Mecânica em termodesinfetadora: Utiliza-se lavadora termodesinfetadora e realiza a limpeza por turbilhonamento, ou seja: ocorre a dispersão de jatos de água através de braços rotatórios. Deve ser associado, o uso de detergentes enzimáticos. A desinfecção ocorre pela termocoagulação, utilizando-se a circulação de água quente na superfície dos artigos, ocorrendo a morte microbiana dos microrganismos termo sensíveis. Utiliza ciclos pré-definidos baseados em normas europeias, com fases de pré-lavagem, lavagem com detergente enzimático, enxague e secagem, feita com ar quente. Possui uma ação mecânica menor que a lavadora ultrassônica. Sendo indicada na limpeza de instrumentais cirúrgicos cuja formatação seja menos complexa e, em artigos de assistência respiratória realizando até mesmo pasteurização.
- Ação química: São usados em conjunto com a limpeza manual para facilitar no desprendimento dos detritos e sujidades. Usamos água potável (Vantagem: Mantém o sangue e a sujidade úmida, amolece a sujeira, mas não a remove por completo.), detergente enzimático (Efetivo na remoção de sujidade, dependendo da concentração das enzimas, temperatura da solução e tempo de contato. Solubiliza e desprende a matéria orgânica do material em curto período de tempo; não corrosivo, atóxico e de fácil enxágue. Excelente ação de limpeza, mas não é bactericida.) e eventualmente peróxido de hidrogênio.

E ainda segundo o Manual de limpeza e desinfecção (2010) da ANVISA “as superfícies em serviços de saúde e hospitalares que são fixas (pisos, paredes, tetos, portas, mobiliários e equipamentos) não representam risco significativo de transmissão de infecção na área hospitalar, tornando-se necessária a limpeza ser realizada sempre que apresentar sujidade utilizando-se” [1]:

- Sabão que é um produto para lavagem e limpeza doméstica, formulado à base de sais alcalinos de ácidos graxos associados ou não a outros tensoativos. É o produto da reação natural por saponificação de um álcali (hidróxido de sódio ou potássio) e uma gordura vegetal ou animal. O detergente é um produto destinado à limpeza de superfícies e tecidos através da diminuição da tensão superficial. [1]
- Detergentes que possuem efetivo poder de limpeza, principalmente pela presença do surfactante na sua composição. O surfactante modifica as propriedades da água, diminuindo a tensão superficial facilitando a sua penetração nas superfícies, dispersando e emulsificando a sujidade. O detergente tem a função de remover tanto sujeiras hidrossolúveis quanto aquelas não solúveis em água.[1]
- Água potável.

A limpeza proporciona de uma forma geral eliminação de

microrganismos ao final do processo, aumenta o contato do agente esterilizante ou desinfetante com o artigo que proporciona um processo de desinfecção / esterilização eficaz e tudo isso acarreta em um aumento da vida útil do artigo médico ou de superfícies em serviços de saúde. Portanto a limpeza é precedente para as outras etapas de higienização. “É possível limpar sem esterilizar, mas não é possível garantir esterilização sem limpar.”

B. Desinfecção de artigos médico-hospitalares

Desinfecção é o processo, obrigatoriamente, posterior à limpeza e não deve ser realizado caso a limpeza não tenha sido efetuada. Este processo elimina todos os microorganismos ou objetos inanimados patológicos, com exceção dos endósporos bacterianos. Essa etapa da higienização dos artigos médicos ou superfícies de serviços de saúde se difere da esterilização, visto que não elimina totalmente todas as formas de vida microbiana. Por definição, os dois procedimentos se diferenciam quanto à capacidade de eliminar os esporos, propriedade peculiar à esterilização. Alguns desinfetantes, os quimioesterilizadores, podem eliminar esporos com tempo de exposição prolongado (seis a dez horas) [3].

Em concentrações similares, os quimioesterilizadores, quando utilizados por período de exposição abaixo do que trinta minutos, por exemplo, possui a capacidade de eliminar microrganismos vivos, com exceção dos endosporos bacterianos, sendo, portanto, denominados desinfetantes de alto nível. Alguns conseguem eliminar vírus lipofílicos, fungos e bactérias vegetativas em torno de dez minutos (desinfetantes de baixo nível) e há os que destroem os vírus hidrofílicos e bacilo da tuberculose em períodos de pouco mais 30 minutos (desinfetantes de nível intermediário). Após tais considerações, conclui-se que os germicidas diferem entre si basicamente quanto ao espectro antimicrobiano e à rapidez com que agem [3].

A desinfecção pode ser realizada por método químico ou físico (termodesinfecção). E ainda, segundo a Classificação de *Spalding*, apenas artigos semicríticos e não críticos devem ser submetidos à desinfecção (desinfecção de alto nível, nível intermediário ou de baixo nível). Lembrando de que a limpeza é pré-requisito para se obter uma desinfecção eficaz, principalmente para a desinfecção química [12].

A desinfecção por método químico exige que todos os artigos estejam limpos e secos antes de serem imersos em solução de desinfetante. Após a desinfecção, os artigos devem ser enxaguados abundantemente. E a desinfecção por método físico utiliza-se de sistemas automáticos em lavadoras termodesinfetadoras com programas específicos e de endoscópio e ainda ou por equipamento pasteurizador.

Os níveis de desinfecção são classificados da seguinte forma:

- Desinfecção de alto nível – destrói todas as bactérias vegetativas, micobactérias, fungos, vírus e parte dos esporos. O enxágue deverá ser feito preferencialmente com água estéril e manipulação antisséptica;

- Desinfecção de nível intermediário – virucida, bactericida para formas vegetativas, inclusive contra o bacilo da tuberculose. Não destrói esporos;
- Desinfecção de baixo nível – é capaz de eliminar todas as bactérias na forma vegetativa, não tem ação contra esporos, vírus não lipídicos nem contra o bacilo da tuberculose. Apresenta ação relativa contra fungos.

E para se escolher o desinfetante adequado ele deve possuir as seguintes características:

- Alta eficácia: Deve ser virucida, bactericida, tuberculicida, fungicida e esporicida (Ampla espectro de ação antimicrobiana);
- Atividade rápida: Deve ser capaz de obter desinfecção de alto nível rapidamente;
- Compatibilidade com o material: Deve produzir alterações insignificantes na aparência ou função (clareza ótica);
- Atóxico: Não deve apresentar risco à saúde do operador ou paciente, bem como ao meio ambiente;
- Inodoro: Não deve ter nenhum tipo de odor, agradável ou desagradável;
- Não causar manchas: Não deve causar manchas na pele, roupas ou superfícies dos ambientes;
- Reutilização prolongada: Deve possibilitar o uso repetido por um período de tempo prolongado;
- Tempo longo de armazenamento: Deve possibilitar o armazenamento antes do uso por um período de tempo prolongado, sem perder a atividade;
- Custo: Deve ter custo razoável por ciclo.
- Não ser corrosivo para metais;
- Não danificar artigos ou acessórios de borracha, plástico ou equipamentos ópticos;
- Sofrer pouca interferência de matéria orgânica;
- Possuir baixa toxicidade;
- Ser compatível com sabões e detergentes;
- Ser estável quando concentrado ou diluído;

São produtos para desinfecção:

- Álcool
- Compostos biclorados
- Formaldeído
- Peróxido de hidrogênio
- Compostos iodados
- Glutaraldeídos
- Fenóis
- Compostos quaternários de amônia
- Radiação UV
- Pasteurização

C. Esterilização

A definição de esterilização não poderia ser mais bem descrita senão segundo paragrafo retirado do artigo publicado pela Coordenação de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH/HUCFF/UFRJ) o qual diz “Esterilização é o processo que se utiliza de agentes químicos ou físicos para destruir todas as formas de vida microbiana. Convencionalmente

considera-se um artigo estéril quando a probabilidade de sobrevivência dos microrganismos que os contamina é menor do que 1: 1.000.000. Esse critério é o princípio básico dos testes biológicos usualmente utilizados para controlar o processo de esterilização. É preciso que se saiba que a definição dos processos de esterilização inclui parâmetros para esterilização previamente definidos em condições laboratoriais. Um destes parâmetros é a carga microbiana (“bioburden”), que é o termo utilizado para denominar a quantidade de microrganismos presente no objeto a ser esterilizado. Todos os processos de esterilização, a nível hospitalar, baseiam-se em bioburden de 10⁶ esporos por campo. Por exemplo, para as mesmas condições de esterilização o fator de segurança diminui de 10⁻² (1:100) se o bioburden aumentar de 10⁶ para 10⁷. A limpeza prévia é o principal fator que reduz a carga bacteriana dos artigos, podendo reduzir até 04 log de organismos contaminantes. Portanto, quanto mais limpo estiver um artigo, menor as chances de haver falhas na esterilização.” [4][5][7]

Alguns microrganismos podem sobreviver ao processo de esterilização se houver falhas humanas e mecânicas. As principais falhas humanas, além da limpeza ineficaz, são uso de invólucros inadequados, confecção de pacotes com dimensões desproporcionais, posicionamento incorreto na câmara de esterilização, tempo de exposição insuficiente ao agente esterilizante, entre outras. Apenas o teste biológico negativo não garante a esterilidade dos artigos[4][5][7].

E para que haja sucesso na esterilização deve se adotar o melhor método para ela, abaixo segue detalhados os dois métodos possíveis:

1 - Método Físico:

- Esterilização por vapor: O vapor quente sob pressão é o método mais usado para esterilização de materiais médico-hospitalares do tipo crítico. É não tóxico, de baixo custo e esporicida. Por esses motivos, deve ser usado para todos os itens que não sejam sensíveis ao calor e à umidade. O calor úmido destrói os microorganismos por coagulação e desnaturação irreversíveis de suas enzimas e proteínas estruturais. Este tipo de processo é realizado em autoclaves de dois tipos: Gravitacional ou alto vácuo. [13]
- Esterilização por calor seco: Este método é reservado somente aos materiais sensíveis ao calor úmido. Guarda suas vantagens na capacidade de penetração do calor e na não corrosão dos metais e dos instrumentos cortantes, sendo porém método que exige tempo de exposição para alcançar seus objetivos, por oxidação dos componentes celulares. [13]

2 - Método Físico-Químico:

- Óxido de etileno: É quase que exclusivamente utilizado para esterilização de equipamentos que não podem ser autoclavados. A efetividade do processo depende da concentração do gás, da temperatura, da umidade e do tempo de exposição. Age por alcalinização de proteínas, DNA e RNA. As

desvantagens para sua aplicação são o tempo necessário para efetivar o processo, o custo operacional e os possíveis riscos aos pacientes e aos profissionais envolvidos. Apresenta potencial carcinogênico e mutagênico, genotoxicidade, podendo alterar sistema reprodutor e nervoso e, ainda, causar sensibilização aos profissionais envolvidos no processo, devendo haver supervisão médica constante nos mesmos. [2][13]

- Radiação Ionizante: Método extremamente caro de esterilização, tendo sido usado para tecidos destinados a transplantes, drogas, entre outros. Para outros artigos, perde para o óxido de etileno, justamente devido a seu custo. As vantagens do processo estão em permitir aos produtos serem tratados na sua embalagem de transporte e também no fato dos prestadores de serviço possuírem irradiadores de grande porte, onde pallets inteiros são processados ao mesmo tempo sem a necessidade de desconfigurar a carga, e os produtos não necessitam retornar ao fabricante inicial para serem reembalados. Nesta condição, podem ser despachados diretamente para o consumidor final reduzindo substancialmente os custos de logística. [2][13]
- Químicos líquidos: Há várias substâncias químicas que se prestam à esterilização quando aplicadas por período de seis a dez horas. São recomendadas somente para aqueles materiais que não podem ser esterilizados por calor ou óxido de etileno. [2][13]
- Filtração: É usada para remover bactérias de fluidos farmacêuticos termolábeis que não podem ser esterilizados de outra forma. [2][13]
- Ondas curtas: Tem-se mostrado eficaz para inativar culturas bacterianas, vírus e alguns esporos bacterianos. Deve passar por melhor avaliação para seu uso hospitalar. [2][13]

A esterilização deve ser monitorizada para que se garanta que seu objetivo foi atingido. Pode-se lançar mão de indicadores locados preferencialmente dentro da embalagem do material, e não fora da mesma, como é prática corrente. Dessa forma, pode-se garantir que qualquer que tenha sido o método utilizado para a esterilização, o mesmo atingiu o objeto dentro de seu invólucro. O funcionamento do equipamento de esterilização pode ser monitorizado por fatores biológicos, como esporos bacterianos. Os artigos que levantarem suspeitas quanto ao processo de esterilização ao qual foram submetidos devem obrigatoriamente ser considerados não estéreis;

Por exemplo, presença de umidade dentro de uma caixa de material cirúrgico submetida a esterilização por vapor úmido. Quanto ao invólucro, exigem-se algumas características, como permeabilidade ao agente esterilizante, resistência ao calor, à tração e ao manuseio, impermeabilidade a partículas microscópicas e isenção de nutrientes microbianos (amidos) e resíduos tóxicos (corantes e alvejantes). Há grande variedade de materiais utilizados como invólucro. Quanto à

adequação dos mesmos aos processos de esterilização de uso corrente: [3]

Por fim deve adotar um critério para o sistema de esterilização, e é sugerido o seguinte:

- 1) Uso de baixas temperaturas (menos de 60°C);
- 2) Ser compatível com diferentes materiais: plástico ou
- 3) Ser um método rápido;
- 4) Ser não tóxico para quem o manuseia;
- 5) Ser seguro aos materiais a serem esterilizados;
- 6) Ser seguro ao meio ambiente;
- 7) Não deixar resíduos no artigo;
- 8) Manter atividade frente a resíduos orgânicos;
- 9) Diminuir a margem de erro humano. Deve ser de fácil manuseio;
- 10) Uso único de esterilizante, evitando ser esta uma fonte de contaminação cruzada;
- 11) Ser de baixo custo operacional.

II. METODOLOGIA

Os produtos de limpeza utilizados neste trabalho foram coletados no Hospital Antônio Moreira da Costa, em Santa Rita do Sapucaí – MG, sendo:

- Cloro:

Marca Oxi-Clor; Lote: FSH132210; Fab.: 17/10/2013; Val.: 24 meses.

- Sabão:

Marca Lan 30; Código: 824052; Carga: 25116; Fab.: 09/13 (MM/AA); Val.: 24 meses.

- Desinfetante:

Marca: Version SN; Código: 624030; Carga: 25423; Fab.: 10/13 (MM/AA); Val.: 24 meses.

Foram selecionados tubos de ensaio em vidro e tubos de centrífuga em polipropileno para o experimento. Os tubos foram preenchidos com 10 mL de solução salina adicionada de 3,5g de albumina (mesma quantidade presente no soro humano) e deixados repousar por 20 minutos. A seguir os tubos foram esvaziados e deixados para secar a temperatura ambiente. Após secos, os tubos foram divididos em sete lotes: controle (sem molho e sem limpeza); com molho em produto a base de cloro; com molho em sabão; com molho em desinfetante. Os tubos que ficaram de molho foram posteriormente lavados com o uso de um cepilho e postos para secar a temperatura ambiente. Após secos, todos os tubos, incluindo o lote controle, foram adicionados de 5 mL de solução salina, agitados em vortex por 30 segundos e destes foram retiradas as amostras a serem dosadas pelo método do Biureto.

III. RESULTADOS

Observamos que o uso dos produtos recolhidos nos hospitais não é eficaz na remoção da albumina da superfície de materiais vítreos e plásticos (Tabela 1).

TABELA 1 – EFICÁCIA DA REMOÇÃO DE PROTEÍNAS (ALBUMINA) SEM LAVAGEM ULTRASSÔNICA.

Tipo de tubo	Produto de limpeza	Proteínas (g/dl)	Agrupamento de Tukey
Plástico	Cloro	0.485	a
Vidro	Desinfetante	0.445	ab
Vidro	Sabão	0.437	ab
Controle	Nenhum	0.342	ab
Plástico	Sabão	0.280	ab
Vidro	Cloro	0.247	ab
Plástico	Desinfetante	0.082	b

IV. DISCUSSÃO

Os processos de limpeza de material plástico e vítreo após contato com sangue humano não apresenta eficácia quando a proteína albumina, presente no soro humano, adere as superfícies. Isto ocorre com frequência quando o instrumental ou material laboratório fica parado aguardando para ser lavado. Sem uma devida limpeza os processos de desinfecção e esterilização não atingirão a eficácia desejada.

V. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FUTURAS

Conclui-se que os produtos selecionados em hospitais para a limpeza de material cirúrgico e laboratorial não são eficazes se a sujidade (proteína) permanecer por longo tempo em contato com a superfície antes da limpeza.

Propomos novos testes reduzindo o tempo de secagem e com molho na solução de limpeza logo após o contato das superfícies com as proteínas e comparar com o uso da lavadora ultrassônica.

REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Segurança do paciente em serviços de saúde: limpeza e desinfecção de superfícies/Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Anvisa, 2010. 116 p. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/4ec6a200474592fa9b32df3fbc4c6735/Manual+Limpeza+e+Desinfeccao+WEB.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em 02 de fevereiro de 2014.
- [2] BRITO, M. F. P.; GALVÃO, C. M.; FRANÇOLIN, L.; ROTA, C. S. G. VALIDAÇÃO DO PROCESSO DE ESTERILIZAÇÃO DE ARTIGOS MÉDICO-HOSPITALARES SEGUNDO DIFERENTES EMBALAGENS. Rev. Bras. Enferm., Brasília, v. 55, n. 4, p. 414-419, jul./ago. 2002
- [3] COSTA, A. J. F.; KALIL, E. M. Desinfecção e Esterilização. ACTA ORTOP BRAS 2(4) - OUT/DEZ, 1994B. Smith, "An approach to graphs of linear forms (trabalho não publicado)," unpublished.
- [4] COSTA, D. A.; GUERRA, L. M.; MESQUITA, G. V.; NETO, O. L. A. Processamento dos materiais médico-hospitais: uma revisão bibliográfica sobre a eficácia da esterilização. Revista Epidemiol Control Infect, pág. 62-66, 2013.
- [5] Coordenação de Controle de Infecção Hospitalar CCIH/HUCFF/UFRJ. ESTERILIZAÇÃO DE ARTIGOS EM UNIDADES HOSPITALARES. Disponível em: <<http://www.hucff.ufrj.br/download-de-arquivos/category/9-ccih?download=249:orientacoes-e-recomendacoes>>. Acesso em: 01 jan. 2014.
- [6] Fernandes AT, Ribeiro Filho N, Barroso EAR. Conceito, cadeia epidemiológica das infecções hospitalares e avaliação custo benefício das medidas de controle. In: Fernandes AT, Fernandes MOV, Ribeiro

- Filho N, organizadores. Infecção hospitalar e suas interfaces na área da saúde. São Paulo: Atheneu; 2000. p. 215-65.
- [7] GABOR, S. Desinfecção e Esterilização. Disponível em: <<http://silviogabor.com.br/blog/desinfeccao-e-esterilizacao/>>. Acesso em: 01 jan. 2001.
- [8] Haley R. W. Cost-benefit analysis of infection control programs. In: Bennett JV, Brachman PS. Hospital infection. 4th ed. New York: Lippincott-Raven Publishers; 1998. p. 249-67.
- [9] Haley RW, Culver DH, White JW, Morgan WM, Emori TG, Munn VP, et al. The efficacy of infection surveillance and control programs in preventing nosocomial infections in US. hospital. Am J Epidemiol. 1985;121: 182-205.
- [10] Lacerda RA. Infecção hospitalar e sua relação com a evolução das práticas de assistência à saúde. In: Lacerda RA. Controle de infecção em centro cirúrgico: fatos, mitos e controvérsia. São Paulo: Atheneu; 2003. p. 9-23.
- [11] Machado A, Ferraz AAB, Ferraz E, Arruda E, Nobre J, Konkewicz LR, Pimentel ML, Leão MTC, Trabasso P, Grimbaum R. Prevenção da Infecção Hospitalar. 2001. Disponível em: <http://www.projetodiretrizes.org.br/projeto_diretrizes/065.pdf>. Acesso em 03 de fevereiro de 2014.
- [12] Ministério da Saúde (BR). Portaria Nº 2.616, de 12 de maio de 1998. Expede na forma de anexos diretrizes e normas para a prevenção e controle das infecções hospitalares. Diário Oficial da União 1998 jul.
- [13] NICÊSIO, R. G. Métodos de Esterilização. Disponível em: <<http://www.biomedicinabrasil.com/2012/03/metodos-de-esterilizacao.html>>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2014.
- [14] Pereira, M S.; Souza, ACS.; Tipple, AFV.; Prado, MA. A Infecção Hospitalar e suas Implicações para o Cuidar da Enfermagem. Goiás. Texto Contexto Enferm 2005 Abr-Jun; 14(2):250-7. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/tce/v14n2/a13v14n2.pdf>>.
- [15] Pittet D, Wenzel RP. Nosocomial bloodstream infection. Secular trends in rates, mortality and contribution to total hospital deaths. Arch Intern Med 1995;155:1177-84.
- [16] Rammé, A.L. Limpeza, Desinfecção e Esterilização de Artigos como Medidas de Prevenção e Controle de Infecções Relacionadas a Assistência à Saúde. Centro Estadual de Vigilância em Saúde. Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.saude.rs.gov.br/upload/1335381338_Limpeza,%20Desinfec%C3%A7%C3%A3o%20e%20Esteriliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20Artigos%20como%20Medidas%20de%20Preven%C3%A7%C3%A3o%20e%20Controle%20de%20IRAS.pdf>. Acesso em 05 de fevereiro de 2014.
- [17] SANTOS, N. C. M. Enfermagem na prevenção e controle de infecção hospitalar. 3 ed. São Paulo: Érica, 2008. cap. 04, p. 37-38.
- [18] Wenzel RP. The Lowbury Lecture. The economics of nosocomial infection. J Hosp Infect 1995; 31:79-87.

Caixa Térmica Transportadora de Órgãos

Diego Roque Salles dos Santos

Instituto Nacional de Telecomunicações
diegoroque_04@hotmail.com

Guilherme Machado Conde

Instituto Nacional de Telecomunicações
guilhermeconde06@gmail.com

Resumo – Este documento contém informações para Inovação Tecnológica da Caixa Térmica Transportadora de Órgãos e Tecidos. A proposta é implementar um circuito de controle para manutenção da temperatura interna da caixa. A caixa inovada poderá realizar o transporte de órgãos sem a necessidade da utilização de gelo, como ainda é feito nos grandes centros hospitalares. O circuito manterá a temperatura interna da caixa em uma faixa considerada ideal para o transporte de órgãos e tecidos, entre 2 e 5°C. Ele será colocado dentro de uma espécie de cesta adaptada no interior da caixa. Isso se faz necessário para evitar a contaminação do material por algum tipo de bactéria que por ventura venha a se hospedar na superfície da caixa. Todo o sistema será alimentado por bateria conectada a uma fonte de energia. Com essa inovação, o transporte de órgãos e tecidos ocorrerá de modo mais eficiente e seguro.

Palavras chave – ANVISA, Caixa Transportadora de Órgãos e Tecidos, Célula Peltier, Material Antibacteriano, Transporte de Órgãos e Tecidos.

I. INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Transplante de Órgãos, em seu Registro Brasileiro de Transplantes do ano de 2013, o Brasil é o segundo país do mundo em número de transplantes, perdendo apenas para os Estados Unidos. O crescimento previsto em julho de 2007 na taxa de doadores efetivos (que era de 5,4 por milhão de população - pmp), de 10 a 15% ao ano (aumento de 1 a 1,5 doador pmp) foi obtido até 2012 (12,6 pmp). Entretanto, em 2013 o crescimento de 5% na taxa de doadores efetivos (13,2 pmp) foi menor que o previsto e pela primeira vez não atingiu a meta proposta (13,5 pmp). Essa situação exigirá esforço de todos os segmentos envolvidos para se obter os 15 doadores pmp previstos para 2014. Para se ter uma ideia, entre 2003 e 2013, foram transplantados no Brasil, 3.052 corações, 16.486 fígados, 2.330 pâncreas, 782 pulmões e 64.639 rins. Considerando que a população cresce a cada ano e a necessidade de transplantes no Brasil cresce na mesma proporção, sem procedimentos muito bem elaborados para identificação de doadores e receptores, somados a um sistema eficiente para transporte e equipes bem preparadas estrategicamente posicionadas, as chances de sobrevivência serão reduzidas.

A proposta desse estudo visa melhorar a segurança no transporte de órgãos e tecidos, pois nos dias atuais, mesmo com toda a tecnologia a favor, o transporte ainda é realizado em sua maioria através do processo tradicional, onde se utiliza a caixa térmica comum resfriada com gelo, com

mínimo controle da temperatura interna a qual é submetido o material.

Na primeira fase do trabalho, foram realizadas pesquisas e identificadas as condições atuais para o transporte de órgão no Brasil. Em seguida, iniciou-se o levantamento da tecnologia e de todos os componentes a serem utilizados para colocar em prática o projeto em estudo. E finalmente, com todos os materiais e informações em mãos, foi realizado a montagem, testes de segurança e validação do protótipo desenvolvido.

II. DESENVOLVIMENTO

Uma vez identificado todas as características necessárias para a estrutura física da Caixa Térmica Transportadora de Órgãos e Tecidos, bem como as tecnologias a serem utilizadas para alcançar o objetivo do estudo, foram iniciados os trabalhos de desenvolvimento, montagem, testes e validação da proposta.

Com base nas informações levantadas, foram definidas as características básicas do sistema.

Para realizar o controle do sistema utilizou-se uma plataforma Arduino, que é uma plataforma de desenvolvimento eletrônico de fácil acesso e simples programação. Apesar de ser uma estrutura utilizada em estudos acadêmicos, permitiu validar o fluxo de controle. A migração do controle idealizado para um microcontrolador, permitindo assim sua comercialização, se mostrou possível de ser realizada sem maiores problemas.

Para indicação dos dados para o usuário, utilizou-se um display 16x2.

O sensor escolhido foi o LM35, um sensor de precisão, fabricado pela National Semiconductor, que apresenta uma saída uma tensão linear proporcional à temperatura a qual está submetido. Pode ser alimentado por uma tensão de 4 a 20Vdc, e oferece uma sensibilidade 10mV para cada Grau Celsius de temperatura. O LM35 não necessita de qualquer calibração externa para fornecer com exatidão, valores temperatura com variações de ¼°C ou até mesmo ⅓°C dentro da faixa de temperatura de -55°C à 150°C.

Para promover a variação e estabilização da temperatura desejada, foram utilizados dois módulos Peltier. Módulos Peltier, também conhecidos como pastilhas termoelétricas, são pequenas unidades de que utilizam tecnologia de matéria condensada para operarem como bombas de calor. Uma unidade típica tem espessura de alguns milímetros e forma quadrada. Esses módulos são essencialmente um

sanduíche de placas cerâmicas recheado com pequenos cubos de Bi₂Te₃ (telureto de bismuto). Sua operação é baseada no “Efeito Peltier”, que quando uma corrente é aplicada, o calor move de um lado ao outro – onde para ser removido foi necessária a utilização de dissipadores. Quando excitadas apresentam em uma face o resfriamento e na outra a liberação do calor. A grande vantagem da utilização das pastilhas do tipo Peltier foi a ausência de peças móveis, gás *freon*, barulho e vibração, quando comparadas aos processos tradicionais de resfriamento.

O funcionamento final do protótipo se deu da seguinte maneira:

Quando a temperatura interna da caixa estiver acima de 5°C, as células Peltier entram em funcionamento e iniciam a refrigeração do ambiente. Quando a temperatura interna chegar a 2°C, as células param de operar e a temperatura interna não sofrerá sua ação até voltar a atingir 5°C.

Com isso será possível manter uma temperatura interna média entre 2 a 5°C, que é a faixa de temperatura ideal para realizar o transporte de órgãos sem comprometer suas características fisiológicas. A medida da temperatura, uma vez realizada pelo sensor LM35, é transferida na forma de tensão para a entrada analógica do módulo Arduino. O Arduino faz a conversão do sinal analógico para digital, compara o valor recebido com algumas variáveis pré-definidas e com base no resultado envia o comando para ligar ou desligar os módulos Peltier. O valor medido pelo LM35 será mostrado no display, indicando para o usuário a temperatura interna da caixa naquele exato momento. Desta forma, foi possível manter a temperatura da Caixa Térmica Transportadora de Órgãos e Tecidos dentro do limite estabelecido sem a necessidade de utilizar gelo, como nos processos tradicionais.

III. TESTES E RESULTADOS

Foram realizados testes com amostras equivalentes, com a massa e volumes equivalentes aos órgãos que poderão serem transportados.

A caixa vazia, após iniciada, passou pelo processo de resfriamento e estabilizou sua temperatura interna dentro do limite estabelecido. Pelo tempo, a temperatura tende a se elevar e quando atingida a temperatura máxima, de 5°C, são acionados os módulos Peltier. O processo de resfriamento é novamente iniciado e a temperatura é reduzida até 2°C, momento em que os módulos são desligados. A temperatura média interna foi mantida entre 2 e 5°C.

Uma dificuldade foi identificada, que pode ser caracterizada com uma falha quando observada por uma avaliação mais crítica. Devido a inércia térmica, o ponto de acionamento e desacionamento, faziam com que a temperatura ainda variasse por algum tempo, sendo observado temperaturas internas abaixo de 2°C e acima 5°C. O controle utilizado foi baseado em princípios discretos e sua eficiência não poderia ser significativamente melhorada. A solução para essa situação, foi a redução da faixa para valores deslocados a partir dos limites estabelecidos em 0,3°C. Desta forma, o controle apresentou boa eficiência e atendeu os requisitos iniciais do projeto.

A seguir são apresentadas imagens do sistema desenvolvido.

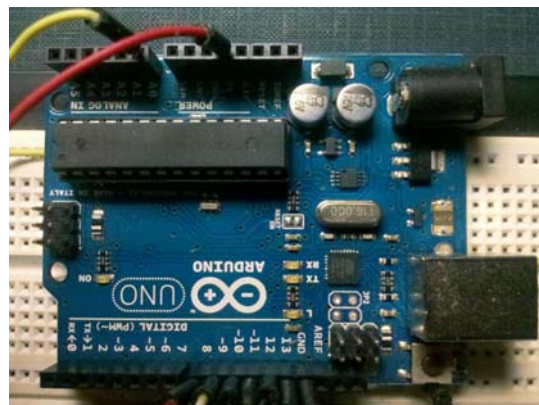


Fig1 – Módulo Arduino utilizado para desenvolvimento do controle.

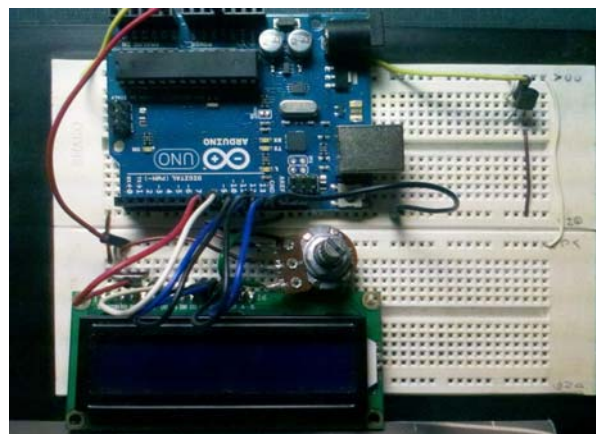


Fig 2 – Módulo Arduino com *display* e sensor LM35 conectados.



Fig 3 – Processo de montagem final da . Caixa Térmica Transportadora de Órgãos e Tecidos

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostraram ser possível manter a temperatura interna da Caixa Térmica Transportadora de Órgãos e Tecidos em valores ideais para uma utilização segura, sem a necessidade de utilização de gelo, apenas pela utilização das tecnologias relacionadas com a Eletrônica. Foram identificados pontos de melhoria no projeto fruto do estudo realizado, como utilizar uma técnica de controle mais eficiente, a fim de evitar variações desnecessárias de temperatura; e melhorar a estética, a fim de que a caixa fique com uma boa aparência e protegida.

A caixa desenvolvida disponibilizará para a sociedade uma nova tecnologia a favor da área de saúde e da sobrevivência dos seres humanos, permitindo realizar um transporte seguro de órgãos e tecidos entre regiões distantes. Com essa facilidade, a sociedade poderá ver o transplante de órgãos de forma mais acessível, motivando a doação por parte de

quem ainda não é doador. Com esse aumento, a dor e o sofrimento de aguardar em uma fila por um doador compatível poderão ser minimizados.

O grande desafio agora será a regulamentação da Caixa Térmica Transportadora de Órgãos e Tecidos perante a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que é o órgão responsável pela aprovação de qualquer equipamento médico-hospitalar.

REFERÊNCIAS

- [1] Módulos Peltier. Disponível em <http://www.peltier.com.br/>. Acesso em 10/06/13.
- [2] Associação Brasileira de transplante de Órgãos. Disponível em <http://www.abto.org.br/abtov03/>. Acesso em 11/06/13.
- [3] Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Disponível em <http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/home>. Acesso em 10/01/14.
- [4] Tribunal de contas da união (programa de doação, captação e transporte de órgãos). Disponível em <http://portal2.tcu.gov.br/portal/pls/portal/docs/2058972.PDF>. Acesso em 13/08/13.

Jogos para auxílio às pessoas portadoras de deficiência auditiva

Rafael Macedo de Almeida

Carlos Alberto Ynoguti

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
rafaelmacedo@gec.inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
ynoguti@inatel.br

Resumo—Pessoas surdas em geral não falam ou falam mal por causa da ausência de realimentação acústico de suas próprias vozes. Neste trabalho é apresentado um jogo computacional para prover de forma visual esta realimentação, com o objetivo de melhorar a fala destas pessoas.

Palavras chave—Deficiência auditiva, aquisição da fala, processamento de voz, jogos computacionais.

I. INTRODUÇÃO

A fala é a forma mais antiga de comunicação entre as pessoas, e certamente a mais usada. É em geral através da fala que acontecem as primeiras interações entre as crianças e seus pais, e esta interface é certamente uma das bases para o aprendizado das pessoas [1].

Por outro lado, a privação auditiva constitui grave distúrbio sensorial, que afeta a capacidade de comunicação oral e de aprendizagem pois prejudica a recepção da fala e sua retroalimentação, essenciais ao aprendizado dos atos coordenados necessários à aquisição da língua oral. Deficientes auditivos severos e profundos são incapazes de aprender a falar sem técnicas especiais. A falta da audição reduz a monitoração primária necessária ao desenvolvimento normal da aquisição da língua oral.

Para Helen Keller, cega e surda, que aprendeu a comunicar-se pelo tato, os problemas da surdez são mais profundos, mais complexos e mais importantes que os da cegueira. Para Helen Keller, “a surdez é o maior dos infortúnios, a perda do mais vital dos estímulos: o som da voz, que nos traz a linguagem, desencadeia os pensamentos e nos mantém na companhia intelectual dos homens” [3].

Várias técnicas são usadas por fonoaudiólogos para auxiliar estas pessoas na produção da fala, a maior parte delas usando métodos táteis para fornecer evidências desta realimentação acústica. A presença ou não da oralidade por exemplo pode ser verificada facilmente colocando-se a mão sobre a glote e verificando se a mesma vibra (sons orais) ou não (sons surdos).

Alternativamente, pretende-se neste trabalho desenvolver jogos computacionais, a exemplo do que foi feito em [4] para exercícios de aprimoramento da coordenação fonoarticulatória

para pessoas com deficiência auditiva. A idéia é analisar o sinal da fala produzida e produzir uma realimentação visual da mesma, guiando a pessoa em seu treinamento. Os jogos devem proporcionar um ambiente lúdico no qual o deficiente auditivo possa sentir prazer ao explorar as suas potencialidades ao longo da prática que poderá permitir a coordenação articulatória.

O presente trabalho se encontra organizado da seguinte maneira: na Seção II é apresentado o sinal de voz, e como ele pode ser parametrizado para os objetivos deste trabalho; na Seção III é apresentado o jogo desenvolvido e finalmente, na Seção IV, são apresentadas as conclusões do trabalho, bem como sugestões para a continuidade desta pesquisa.

II. O SINAL DE VOZ

A fala é produzida pela passagem do ar, impulsionado pelos pulmões, através do trato vocal. Diferentes configurações do trato vocal levam a diferentes fonemas.

Por exemplo, nas Figuras 1 e 2, tem-se as formas de onda dos fonemas /a/ e /ô/, respectivamente.

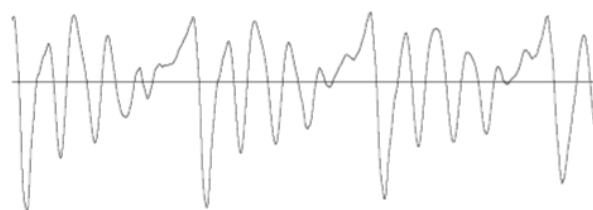


Figura 1: Forma de onda do fonema /a/.

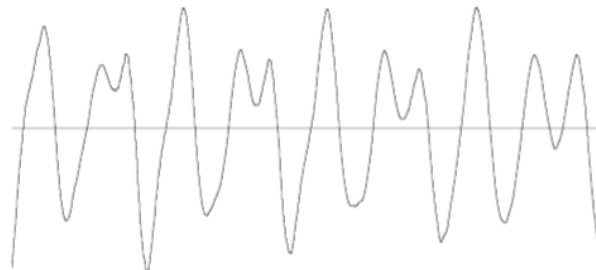


Figura 2: Forma de onda do fonema /ô/.



Figura 6: Tela do jogo, onde se mostra a região alvo, e o ponto referente ao som que está sendo produzido no momento (ponto preto à esquerda do alvo), para o fone /a/.

B. Implementação

O jogo foi desenvolvido em linguagem Java para ser utilizado em PCs. Um diagrama em blocos da parte relativa à extração dos parâmetros e posicionamento do cursor é mostrada na Figura 7.

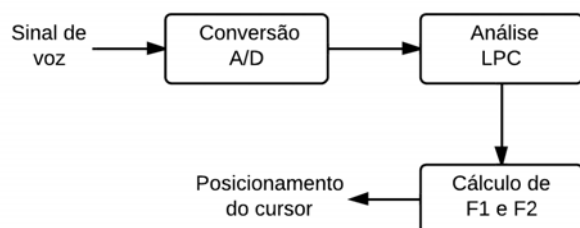


Figura 7: diagrama em blocos do posicionamento do cursor

Como primeira etapa, captura-se o som através do microfone, que repassa o sinal para uma interface, que na maioria dos casos é a placa de som, onde se converte o sinal analógico em digital, para depois começarmos a tratar os dados, que serão armazenados em vetores.

Alguns fatores podem prejudicar a captura, como por exemplo: microfone de má qualidade e ruídos em gerais, além dos do próprio computador. Uma das formas de resolver seria escolher adequadamente o local da gravação além de possuir um equipamento de hardware de alto desempenho.

Neste projeto foi utilizada uma frequência de amostragem de 8 KHZ, e a quantidade de bits por amostra foi fixada em 16.

Antes do cálculo dos parâmetros LPC, o sinal de voz foi passado por um filtro de pré-ênfase de primeira ordem com coeficiente 0,95, e segmentado em janelas de 20 ms através de uma janela de Hamming. As janelas são atualizadas a cada 10 ms.

De cada janela foram extraídos então 10 coeficientes LPC, e a partir destes, foram calculadas as frequências das duas primeiras formantes. Estas duas frequências são então mostradas na tela do jogo, aparecendo como um ponto na tela (veja o ponto preto, um pouco à esquerda e abaixo do alvo).

C. Resultados preliminares

Foram realizados testes preliminares com pessoas de fala normal para confirmar as regiões alvo da Figura 5.

Também observou-se que à medida em que os sons produzidos se aproximavam do som do fonema colocado como alvo, o ponto negro se aproximava do alvo, indicando que a escolha de F_1 e F_2 como parâmetros acústicos parece ser adequada.

O próximo passo da pesquisa é conseguir voluntários que sejam realmente surdos para, com o acompanhamento de fonoaudiólogos, verificar se realmente a estratégia sugerida é eficaz no auxílio a estas pessoas.

IV. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentado um jogo para auxílio a deficientes auditivos na melhoria de sua fala.

Este baseia-se nas informações das duas primeiras formantes para fornecer uma realimentação visual ao deficiente, tentando compensar a falta de realimentação acústica, imprescindível para a aquisição da fala.

Como trabalhos futuros, têm-se como sugestão a melhora do software para aceitar palavras, não somente treinando a pronúncia de letras e também a melhora do algoritmo que captura o som, ou até mesmo a implementação de outra forma. Seria interessante que fosse feita uma gramática para realizar comandos através da fala, facilitando muito a realização de algumas tarefas.

REFERÊNCIAS

- [1] Rabiner, L. R., Juang B. H. Automatic speech recognition - a brief history of the technology development, Elsevier Encyclopedia of Language and Linguistics, 2005.
- [2] A. A. Silva. A surdez e a pessoa surda: revisão e tópicos básicos. In: CICCONE, M. Comunicação Total. 2a ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 1996.
- [3] K. Almeida. & M.C.M Iorio, M.C.M. Próteses auditivas – fundamentos teóricos & aplicações clínicas. São Paulo: Lovise, 1996.
- [4] Antônio Marcos de Lima Araújo. Jogos computacionais fonoarticulatórios para crianças com deficiência auditiva. Tese de Doutorado. Unicamp. Campinas, 2000.
- [5] Rabiner, L. R., Juang B. H. Fundamentals of speech recognition. Prentice Hall, 1993.
- [6] <http://en.wikipedia.org/wiki/Formant> (acesso em fevereiro de 2014).
- [7] <https://ccrma.stanford.edu/~jmccarty/formant.htm> (Acesso em fevereiro de 2014).
- [8] O'Shaughnessy, Douglas. Speech communications human and machine 2 ed. New York, NY: IEEE Press, 2000.
- [9] Rabiner, Lawrence R. Fundamentals of speech recognition. New Jersey: Prentice Hall, 1993.

Recepção de Sinal AM empregando o princípio de Rádio definido por Software

Carlos Roberto dos Santos

Jéssica Luiza de Jesus

Ramon Faria Dias

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
carlos@inatel.br

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
jessical@gec.inatel.br

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
ramon.faria@gee.inatel.br

Resumo: Este artigo descreve a recepção de um sinal AM utilizando o princípio de Rádio definido por Software e implementado com o transceptor WaveRunner e o aplicativo VisSim/Coom, como alternativa às soluções comumente baseadas na plataforma USRP e GNU Radio.

Palavras-chave: RDS, Radio definido por software, WaveRunner, AM.

I. INTRODUÇÃO

Com origem nos sistemas militares do Departamento de Defesa America no (DoD), o RDS (Software Defined Radio – SDR) surgiu da necessidade de integração das várias interfaces aéreas existentes nos seus Sistemas de Comando e Controle (SC2). De forma a se obter esta interoperabilidade, tornou-se necessário desenvolver rádios que interagissem simultaneamente com duas interfaces aéreas ou mais e nas várias faixas de frequências existentes, executando a função de um gateway, e que pudesse ser modificado por uma simples troca de software, sem a necessidade de maiores ajustes em hardware, aumentando a vida útil dos equipamentos e resultando em uma maior relação Custo/Benefício. Problema análogo é vivido no mundo da telefonia móvel comercial, a qual possui diversas interfaces aéreas em funcionamento nas várias administrações e em faixas de frequências diferentes. De forma a se obter uma globalização das comunicações móveis, há de se definir uma forma de criar interoperabilidade entre os diversos sistemas, seja por uma padronização de interfaces aéreas, seja através de soluções tecnológicas [1].

Estes rádios definidos por software (RDS) são rádios onde o processamento do sinal é feito através de um software sendo executado em um processador, ou seja, sem a necessidade de hardware para que o sinal possa ser interpretado e seja entregue a sua aplicação. É uma tecnologia com um alto grau de flexibilidade, pois problemas que em rádios convencionais são tratados através de mudanças de hardware, passam a serem tratados em software. RDS trata-se de uma tecnologia que tem um baixo custo de implementação, pois em uma estrutura ideal os únicos componentes de hardware encontrados são antenas e conversores A/D/A. A recepção do sinal AM, foi escolhida devido sua faixa de frequência AM, que compreende de 530 KHz até 1600 KHz, atendendo a

máxima frequência que pode ser “entregue” a placa WaveRunner, que é de 40 MHz.

II. OBJETIVO

Este trabalho tem a intenção de promover um estudo sobre Rádio definido por Software, bem como a recepção e transmissão de sinais modulados em amplitude (AM), o funcionamento da placa WaveRunner, o software VisSim/Comm e posteriormente a construção de um protótipo para teste.

III. MODULAÇÃO AM.

Modular nada mais é do que alterar uma característica de um sinal analógico e periódico, segundo a variação da amplitude de um sinal de informação.

Para se modular em amplitude, basta multiplicar a informação pela portadora, em que esta transporta a informação inserida na sua amplitude (variação).

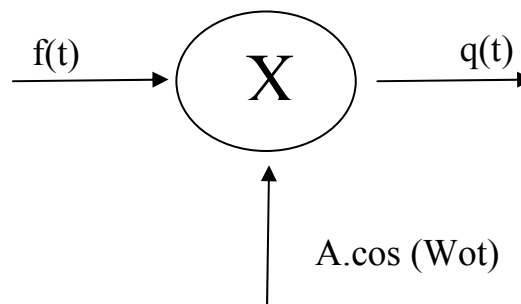


Fig. 1 Sistema de modulação AM.

Como o projeto possui foco na recepção (detecção, sintonia) de sinais de rádios AM, será utilizada a modulação AM-DSB, a qual será abordada a seguir.

Na modulação AM-DSB são transmitidas as duas faixas laterais, somado à portadora. Então, para a recepção deste sinal será utilizado o receptor super-heterodino. Uma das características fundamentais desse receptor é que a demodulação (detecção) do sinal modulante é feita em uma frequência intermediária fixa. Esta frequência constante denomina-se frequência intermédia (FI).

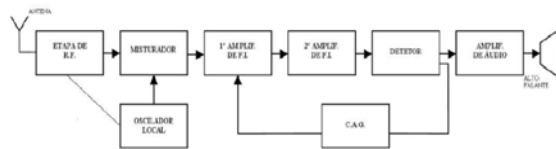


Fig. 2 Diagrama em blocos do receptor super-heterodino [4].

Nestes receptores é gerada internamente uma frequência de batimento, no oscilador local, que se mistura com o sinal de entrada de antena. Deste batimento resultam duas frequências: uma inferior e outra superior ao sinal de entrada. A frequência inferior é a Frequência intermédia da qual é feita a demodulação (detecção) do sinal modulante.

A sintonia é feita simultaneamente da frequência local e da frequência de entrada através da utilização de um capacitor variável duplo em que um conjunto corresponde ao oscilador local e outro ao circuito de sintonia de antena.

A etapa de RF é composta por um circuito LC ajustada através do capacitor variável e o indutor exerce a função de acoplamento à antena ou em muitos casos como a própria antena. Somente recebe o sinal pela antena. Essa etapa recebe o sinal da antena e amplifica-o de forma que mesmo os sinais mais fracos sejam ouvidos acima do nível de ruído.

O misturador faz o batimento da frequência selecionada pela etapa de RF, com a frequência do oscilador local, criando assim a FI. Na saída deste estágio teremos quatro sinais: a frequência de FI; a frequência do oscilador local (frequência da estação sintonizada mais a FI); a frequência da estação sintonizada e a frequência da estação desejada mais a frequência do oscilador local. Estes sinais serão filtrados na etapa de FI.

O oscilador local gera uma frequência com um valor maior que a frequência (ou estação) que se deseja sintonizar, para que as duas entrem em batimento no misturador e seja possível gerar a FI. Está mecanicamente ligado à etapa de RF através do eixo do capacitor variável.

A etapa de F.I. é constituída por dois amplificadores transistorizados, com os coletores sintonizados na frequência intermediária por circuitos LC e uma faixa de passagem de 10 kHz. Suas funções básicas são de aumentar a seletividade do receptor, proporcionar um alto ganho no sinal de saída do misturador e a possibilitar o controle do ganho total dado pelo amplificador de F.I.

O detector de envoltória detecta o sinal modulante separando-o da portadora de FI. Na sua saída só tem-se o sinal de áudio.

A faixa de frequência para AM é de 530 (kHz) até 1600 (kHz), em que há 107 emissoras com 10 (kHz) de banda.

IV. PRINCÍPIOS DO RDS

Existem dois tipos de RDS: o ideal e o real. Será abordado somente o RDS real, em que seu princípio será utilizado na experiência.

A arquitetura de um rádio convencional ou de um RDS é facilmente identificada e dividida em dois componentes majoritários:

- Front End de rádio: Responsável por cuidar do recebimento e transmissão das frequências de rádio.
- Back End de rádio: Responsável pelo processamento do sinal de rádio.

Nesta concepção de RDS real, o front end se torna um novo módulo, onde prepara o sinal para conversão AD (análogo/digital) para o processamento do sinal e/ou prepara o sinal para transmissão após a conversão DA (digital/análogo), tendo em vista que o RDS pode somente transmitir sinal, somente captar sinal, ou fazê-los ao mesmo tempo. Esta preparação é feita através de uma amplificação do sinal, um controle de ganho, deslocamento para uma frequência intermediária (no caso de recepção) ou deslocamento para frequência original do sinal (no caso de transmissão), uma filtragem anti-aliasing. Além de resolver o problema da tecnologia empregada nos conversores A/D e D/A, o front end pode ser projetado para otimizar o custo do projeto de um RDS, sendo ajustado para o uso de DAC's e ADC's de baixo custo.

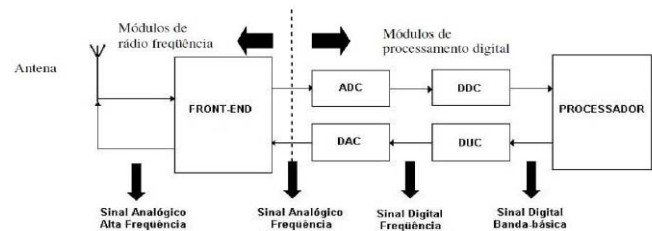


Fig. 3 Estrutura básica de um RDS real [3].

O front end RF possui duas tarefas. A primeira tarefa é de preparar o sinal para que o conversor A/D possa digitalizar o sinal recebido pela antena, e a segunda voltar o sinal para frequência original de transmissão antes de ser transmitido pela antena. Lembrando que o front end RF tem quatro funções, amplificar o sinal, transladar a frequência do sinal, aplicar um controle de ganho e filtrar o sinal contra ruídos.

O Módulo de Processamento Digital é o local onde o sinal captado pela antena e transladado para frequência intermediária é digitalizado e levado a um sinal digital de banda base, estando assim pronto para o processamento no caso de sinal recebido. Na transmissão de sinal, este módulo é responsável por converter o sinal digital em banda base, que acabou de ser processado, na frequência intermediária digital e logo após transformá-lo novamente para um sinal analógico.

Já o DDC – Digital Downconverter é responsável por mais um tratamento no sinal antes de ser processado pelo processador do RDS. Este tratamento consiste em trazer o sinal, que já está digitalizado em uma frequência intermediária, para uma frequência em banda-base. Seu funcionamento consiste em mixar o sinal, logo após ser digitalizado no ADC, em duas senóides geradas por um oscilador local, com frequência intermediária e em quadratura, decompondo assim o sinal em componentes complexas. Para selecionar a faixa de frequência de interesse, o sinal passa por um filtro decimador, reduzindo assim a taxa de dados enviados ao processador e o DUC – Digital Up-Converter tem

a função contrária do DDC, ele transporta o sinal processado pelo RDS, que está em banda-base, para frequência intermediária novamente, mas ainda como um sinal digital.

Os processadores de sinais são outra parte limitadora de um RDS. Sua capacidade de processamento que determina o uso do DDC e DUC, mas ao contrário dos conversores são bem desenvolvidos e seguem uma evolução muito rápida.

V. Waverunner e VisSim/COOM

A placa WaveRunner Plus é um transceptor de fabricação da Red Rapids, Inc. capaz de ser configurado para operar com até oito canais, sendo controlado através de uma interface PCI com o computador.

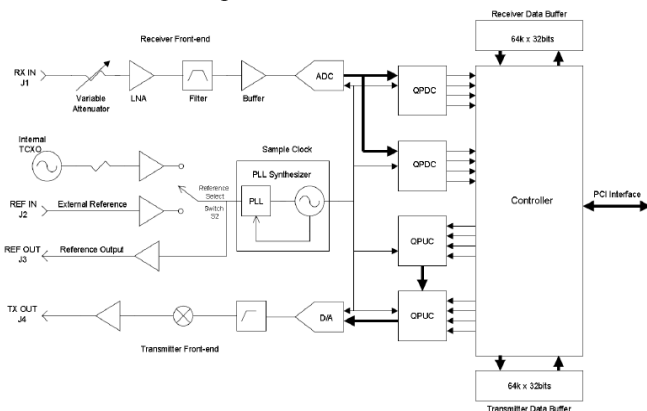


Fig. 4 Diagrama de blocos do transceptor WaveRunner Plus [2].

Na entrada de recepção (RX IN) o sinal analógico é encaminhado através de um atenuador variável que controla digitalmente o nível do sinal a ser processado posteriormente. Em seguida tem-se um amplificador de baixo ruído (LNA, low noise amplifier) que promove uma amplificação eficiente em termos da geração de baixo nível de ruído interno, ou seja, opera com baixa figura de ruído. Juntos, o atenuador variável e o LNA podem fazer parte de um controle automático de ganho (AGC, automatic gain control), o qual pode ser habilitado ou desabilitado e tem suas características configuráveis. Uma vez amplificado, o sinal passa por um processo de filtragem para rejeitar interferências e evitar Aliasing antes do processo de conversão analógico/digital (ADC, analog-to-digital conversion). O filtro escolhido depende da configuração de fábrica do hardware, que pode ser em banda base ou banda passante. A plataforma de teste desenvolvida utiliza a placa configurada para operação em banda base, a qual utiliza um filtro Chebyshev (passa baixa) com banda de passagem de aproximadamente 40 MHz.

Posteriormente ao processo de filtragem tem-se um ADC e dois QPDC (quad programmable digital downconverter). Juntos, o ADC e os QPDCs são responsáveis pela digitalização do sinal, pela conversão digital para banda base (DDC, digital down-conversion) e pela divisão da banda total em sub-bandas de um a oito canais configuráveis por software. O bloco controlador (Controller) executa todas as funções de comando e controle locais, ao mesmo tempo atuando como uma interface para o computador.

VisSim é uma linguagem visual de diagrama de blocos para simulação de sistemas dinâmicos, baseado no modelo de

sistemas embarcados. É desenvolvido pela Visual Solutions de Westford, Massachusetts. Ele usa um paradigma de fluxo de dados gráficos para implementar sistemas dinâmicos baseados em equações diferenciais. É amplamente utilizado no projeto do sistema de controle e processamento digital de sinais para simulação de vários domínios. Nele há blocos de aritmética, Boolean, funções transcendentais, bem como filtros digitais, funções de transferência, integração numérica e plotagem interativa.

VI. EXPERIÊNCIA

Para a realização do protótipo, será utilizada uma antena com faixa de operação compreendida entre 500 KHz até 2000 KHz, sendo a frequência central 1250 KHz. Para garantir que esta faixa de frequência será aplicada na placa WaveRunner será utilizado um filtro passa-faixa, com faixa de frequência compreendida também entre 500KHz e 2000KHz. Então, o sinal será aplicado à placa.

No software VisSim/Comm, será habilitado o bloco do RX IN da placa.

Já na placa, o sinal será aplicado na entrada RX IN J1 onde o sinal analógico passará pelo atenuador variável que controlará digitalmente o nível do sinal a ser processado. Em seguida tem-se um amplificador de baixo ruído (LNA, low noise amplifier) que promoverá uma amplificação. Uma vez amplificado, o sinal passa por um processo de filtragem para rejeitar interferências e evitar Aliasing antes do processo de conversão analógico/digital. O filtro escolhido será em um filtro Chebyshev (passa baixa) com banda de passagem de aproximadamente 40 MHz, após esta etapa o sinal se tornará digital[1].

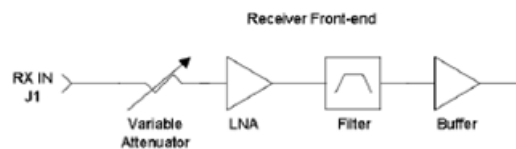


Fig. 5 Bloco utilizado na placa WaveRunner [2].

No software, o sinal já digitalizado passará por um filtro passa-faixa digital (Filtro FIR), que funcionará como um sintonizador de rádio. Nele será possível o usuário entrar com a frequência desejada da rádio. Logo, ocorrerão os batimentos da frequência selecionada pela etapa de RF, com a frequência do oscilador local, criando assim a FI, que será de 455 KHz, para modulação AM. Na saída deste estágio teremos quatro sinais: a frequência de FI; a frequência do oscilador local (frequência da estação sintonizada mais a FI); a frequência da estação sintonizada e a frequência da estação desejada mais a frequência do oscilador local. Estes sinais serão filtrados na etapa seguinte, em que haverá outro filtro digital (FIR) passa-faixa, com a função de deixar passar somente o primeiro harmônico (resultado do primeiro batimento).

Em seguida, há um amplificador, que elevará a potência do sinal para a demodulação. A demodulação se dará através do detector de envoltória, o qual é utilizado pelo receptor super-heterodino citado acima. Com isto, o sinal agora de áudio, é amplificado por um amplificador de áudio e entregue aos auto-falantes.

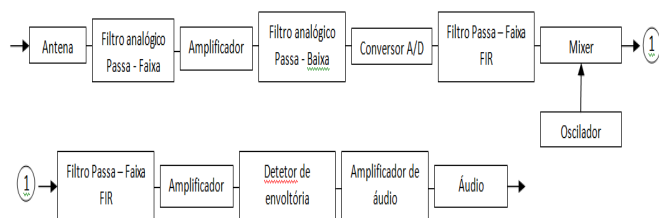


Fig. 6. Diagrama de blocos do sistema.

VII. CONCLUSÃO

Este artigo descreveu o protótipo de um computador recebendo um sinal de uma rádio AM, utilizando o transceptor WaveRunner Plus e o aplicativo VisSim/Comm. A plataforma é uma alternativa à solução mais amplamente adotada com os recursos GNU Radio & USRP, demonstrando também a possibilidade de ser modificado para ser utilizado em outras aplicações.

Para realização de trabalhos futuros pode-se citar algumas sugestões, como por exemplo:

- O estudo de técnicas de rádio localização e implementação através de RDS;
- O estudo de rádios cognitivos, que utilizam rds como base;
- a recepção de sinais de fm (ondas de rádio fm) utilizando o transceptor WaveRunner Plus e o aplicativo VisSim/comm.

REFERÊNCIAS

- [1] M. G. André, "Rádio definido por software: o próximo salto no mundo das telecomunicações e computação (artigo)" Brasília, 2011.
- [2] Red Rapids (former Red River), Inc. Publication NO. REF-303-000-R01, WaveRunner Plus, Channel surfer, Channel Blaster, Hardware Reference Manual, 2003.
- [3] Janson Jonathan, "Rádio definido por Software: Estudo e Realização de Teste com uma Plataforma Livre (monografia)" São José, 2012.
- [4] GNU RADIO. [HTTP://www.gnuradio.org](http://www.gnuradio.org). Acessado em 15/11/2013

Adaptação da Plataforma VisSim/Comm para Sensoriamento Baseado em Autovalores

Gustavo de Almeida Xavier

Dayan Adionel Guimarães

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
gustavox@gee.inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
dayan.adionel@gmail.com

Resumo— Este artigo descreve o protótipo de uma plataforma de teste implementada com o aplicativo VisSim/Comm, com o propósito de sensoriamento espectral. A plataforma aplica a detecção baseada em autovalores da matriz de covariância do sinal recebido em um esquema de sensoriamento cooperativo centralizado com fusão de dados. Todos os processos e blocos para implementação do modelo estão descritos no artigo.

Palavras chave—VisSim/Comm, detecção por autovalores, sensoriamento espectral cooperativo centralizado, fusão de dados.

I. INTRODUÇÃO

A. Contextualização

Na política de alocação fixa o espectro de radiofrequências é um recurso que tem seu uso licenciado por órgãos reguladores do Governo, e para cada serviço é destinada uma banda de frequências. No Brasil esta tarefa é realizada pela Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações). Contudo, diante do sucesso e a ampla necessidade de não só alocar novos serviços em comunicações sem fio, mas também devido à necessidade de aumentar a banda disponível para serviços já existentes, a demanda pelo espectro de radiofrequência cresceu muito, tornando esse recurso cada vez mais escasso. Entretanto, pesquisas foram realizadas e notou-se que grande parte do espectro licenciado é na verdade subutilizado em determinados períodos de tempo [1]. Isto implica na existência de oportunidades de uso do espectro licenciado que podem ser exploradas por dispositivos que sejam capazes de acessá-las de forma adaptativa e dinâmica. Essa capacidade é em grande parte baseada no conceito de rádio definido por software (SDR, *software defined radio*), dispositivo de comunicação sem fio que possui parte de suas funções implementadas por *software*.

A partir desta idéia surge o conceito de rádio cognitivo (CR, *cognitive radio*) [2], uma tecnologia que permite o compartilhamento do espectro entre usuários primários (usuários que possuem licença de operação) e usuários secundários (aqueles que não possuem licença de operação). Uma das principais tarefas de um CR é a capacidade de

sensoriar o espectro de forma a detectar as oportunidades de utilização, as quais podem ser definidas como as faixas de frequência que não estão sendo utilizadas pelo usuário primário em um dado momento e em uma dada região observada. Portanto, o sensoriamento é feito de forma a encontrar lacunas disponíveis, ou seja, quando o espectro esta fora de uso. Quando é detectada uma oportunidade, o CR passa a realizar a transmissão dentro da faixa de frequências livre. Caso o usuário primário volte a utilizar aquela faixa, o usuário secundário interrompe sua transmissão e passa a operar em outra lacuna disponível, a fim de não causar interferências na rede primária.

B. Pesquisas relacionadas e contribuições

O sensoriamento espectral pode ser realizado por meio de várias técnicas, dentre elas a detecção de energia, a detecção por filtro casado, a detecção por propriedades cicloestacionárias e a detecção por autovalores [3]. Independente da técnica adotada, o sensoriamento espectral pode ser classificado como não cooperativo ou cooperativo [4]. No primeiro o sensoriamento é realizado de forma independente por cada CR. No segundo, com o intuito de melhorar o desempenho do sensoriamento, os CRs colaboram entre si no processo de decisão sobre o estado de ocupação da banda sensoriada.

O sensoriamento cooperativo pode ser centralizado ou distribuído. No sensoriamento centralizado as informações sobre o estado de ocupação do canal obtidas por cada CR são enviadas a um centro de fusão (FC, *fusion center*), onde a decisão final é tomada. Tais informações podem ser os valores de amostras colhidas por cada CR (processo denominado fusão de dados) ou decisões individuais de cada CR (processo chamado de fusão de decisões), as quais são combinadas no FC. No sensoriamento distribuído as informações sobre o canal sensoriado são compartilhadas entre os CRs sob cooperação que, de forma iterativa, decidem em conjunto sobre o estado de ocupação do canal sensoriado.

Várias plataformas de testes (*testbeds*) para sensoriamento espectral já foram implementadas e reportadas na literatura, a maioria delas utilizando a USRP (*universal software radio peripheral*), uma plataforma de SDR desenvolvida pela Ettus Research (<http://www.ettus.com/>) [5]-[8]. Em um próximo

artigo será descrito uma plataforma alternativa de testes para sensoriamento espectral cooperativo centralizado com fusão de dados, utilizando a placa *WaveRunner Plus*, de fabricação da *Red River, Inc.* (EUA). Esta placa consiste de um transceptor de até oito canais, permitindo que o sensoriamento cooperativo seja implementado com até oito CRs. A placa é controlada e configurada por computador, onde é conectada por meio de uma interface PCI. As funcionalidades de sensoriamento são todas implementadas no ambiente do *software* de simulação de sistemas dinâmicos de comunicação *VisSim/Comm* (<http://www.vissim.com/products/vissim/comm.html>), desenvolvido pela *Eriteck, Inc.* em parceria com a *Visual Solutions, Inc.*

O restante do artigo está organizado da seguinte maneira: na Seção II é mais bem definido o sensoriamento espectral cooperativo e são descritas algumas das técnicas de detecção já propostas na literatura. Na Seção III descreve-se as alterações necessárias para implementar a técnica baseada em autovalores na plataforma *VisSim/Comm*. Já na Seção IV descreve-se todo o ambiente *VisSim/Comm*, detalhando os blocos mais importantes. Na seção V são apresentados resultados do presente trabalho. Por fim na seção VI é apresentada uma conclusão do trabalho como também o próximo passo de implementação do sistema.

II. SENSORIAMENTO ESPECTRAL COOPERATIVO

Como mencionado na Seção I, o sensoriamento espectral pode ser feito tanto independente (de forma não cooperativa) quanto na forma cooperativa. Estudos comprovaram grande desvantagem ao usar o método não cooperativo, pois nele cada CR toma sua própria decisão sobre a ocupação do canal, passando a disputar o acesso a este canal com outros usuários que porventura tenham tomado a mesma decisão. Além disso, este método sofre grande influência do canal quando, por exemplo, há presença de sombreamento em uma depressão topográfica que não esteja ao alcance de um transmissor primário. O método pode ser ineficaz também em casos onde não se tem certeza quanto ao alcance da região de sensoriamento, fazendo assim com que o CR possa decidir erroneamente quanto à ocupação do canal. A Figura 1 ilustra a influência desse último fenômeno no processo de sensoriamento não cooperativo. Nela percebe-se que o rádio cognitivo CR3 está fora do alcance de um transmissor primário PU e, portanto, detecta o espectro como livre, passando a utilizar um canal que na verdade está ocupado. Isto poderá causar grande interferência em um dos terminais da rede primária.

As técnicas de sensoriamento cooperativo vêm para sanar problemas como esses. Nela, cada CR colherá amostras que serão enviadas ao FC, o qual pode ser uma estação base ou até mesmo outro rádio cognitivo configurado como centro de fusão. Todo o processo de decisão quanto à ocupação do canal de interesse é obtido no FC e enviado aos CRs que em seguida passarão a disputar pelo canal livre. A atribuição do canal a um dado CR pode ser realizada, por exemplo, com base na

relação sinal-ruído (SNR, *signal to noise ratio*): atribui-se o canal àquele CR com maior SNR no momento, o qual corresponde àquele CR que produziu maior SNR na entrada no CF quando sua informação de sensoriamento foi transmitida.

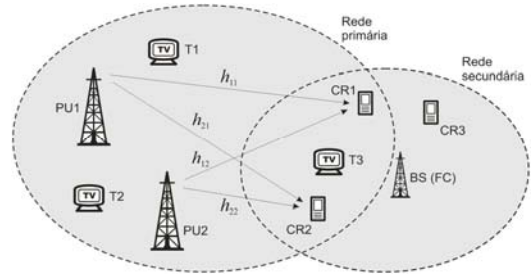


Fig. 1. Compartilhamento espectral entre rede primária e secundária

A. Sensoriamento por detecção de energia

A detecção de energia [10]-[12] é um dos métodos mais simples de sensoriamento espectral. É uma alternativa para detecção de sinais primários sobre os quais não se tem nenhuma informação *a priori*. Em uma faixa de frequência de interesse sendo sensorizada, um receptor equipado com tal funcionalidade mede a energia do sinal recebido e em seguida é feita a comparação com um limiar de decisão previamente estabelecido, dependente da potência de ruído na entrada do receptor. Caso a energia seja maior que o limiar, decide-se por um canal ocupado. Caso o valor medido seja menor, decide-se por um canal livre, ou seja, tem-se uma oportunidade de transmissão para os usuários secundários.

A técnica de detecção de energia pode ser considerada vantajosa pela baixa complexidade quanto à sua implementação, lembrando que a energia contida em um sinal é calculada simplesmente pela soma dos quadrados dos valores das suas amostras, ou seja,

$$T_{ED} = \sum_{i=1}^n |y_i|^2, \quad (1)$$

onde T_{ED} é a variável de decisão (ou estatística de teste) que representa a energia do sinal sensorizado, n é o número de amostras colhidas durante o intervalo de sensoriamento e $\{y_i\}$ são os valores (complexos) das amostras do sinal sensorizado. A implementação do cálculo determinado pela expressão (1) pode ser realizada na prática por meio de um circuito como aquele ilustrado na Figura 2. O filtro nela ilustrado está associado à banda sensorizada e representa, na verdade, o elemento de maior complexidade de implementação, pois o mesmo deve ser reconfigurado dinamicamente de acordo com o canal que se deseja sensoriar.

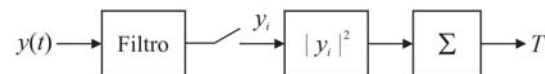


Fig. 2. Diagrama de blocos de um detector de energia.

Apesar da simplicidade da detecção de energia, tem-se uma grande desvantagem, o limiar de decisão depende da potência de ruído na entrada do receptor, a qual deve ser conhecida *a priori* ou estimada. Ressalta-se, entretanto, que pequenos erros de estimação dessa variância podem produzir significativa degradação do desempenho do sensoriamento [13].

B. Sensoriamento por filtro casado

Pode-se considerar a técnica de detecção por filtro casado como um método ótimo para realização da detecção de um sinal primário, pois o uso da mesma faz com que a variável de decisão apresente a maior relação sinal-ruído possível no momento da decisão [5]. Para a utilização da técnica é necessário que o CR demodule todos os sinais recebidos, sendo então mandatório o conhecimento *a priori* do sinal primário, bem como o tipo de modulação, a frequência de operação e a largura de banda. Além disso, necessita-se também do estabelecimento de sincronismo de portadora para a detecção coerente. Comparada com os outros métodos, essa técnica tem como vantagem a necessidade de um curto tempo de processamento da informação coletada para que se atinja o desempenho alvo. O método se torna complexo quando o sensoriamento é executado em uma faixa de frequência utilizada por vários sinais primários, pois assim haverá a necessidade de um receptor casado para cada tipo de sinal primário observado.

C. Sensoriamento por propriedades cicloestacionárias

Os sinais utilizados em sistemas de comunicação podem possuir características que resultam em algum tipo de periodicidade, como exemplo ondas portadoras, sequências de saltos em frequências ou de espalhamento espectral, pulsos ou sequências de sincronismo, entre outras. Tais sinais podem ser caracterizados como cicloestacionários [14]-[16], pois suas estatísticas, tais como a média e a função de autocorrelação, apresentam periodicidade. Esta cicloestacionariedade pode ser explorada para diferenciar tais sinais do ruído, que por sua vez é um processo aleatório que não possui cicloestacionariedade.

No sensoriamento cicloestacionário calcula-se a correlação entre as componentes espectrais do sinal analisado distanciadas por suas frequências cíclicas (frequências obtidas através de um deslocamento no domínio da frequência) [15]. Na ausência do sinal primário, a função de autocorrelação cíclica torna-se nula. Na presença de sinal primário, a função de correlação cíclica apresenta valores não nulos em frequências bem definidas, frequências estas determinadas pelas frequências cíclicas que são características de cada tipo de sinal. Daí conclui-se que é possível detectar a presença do sinal primário analisando a função de autocorrelação do sinal no canal monitorado, e também é possível distinguir o tipo do sinal sensoriado, já que diferentes sinais apresentam diferentes frequências cíclicas. Em outras palavras, o “mapa” de frequências cíclicas de um sinal pode ser interpretado como uma assinatura do mesmo.

Uma desvantagem do sensoriamento cicloestacionário é a alta complexidade computacional e a demanda por um longo

período de observação para se estimar os parâmetros de interesse ao processo de sensoriamento.

D. Sensoriamento baseado em autovalores

Dentre as mais recentes técnicas de sensoriamento encontra-se o método de detecção por autovalores [17] [18], técnica que, assim como a detecção de energia, é classificada como técnica cega por não necessitar de conhecimento *a priori* sobre o sinal sensoriado. Essas técnicas também possuem complexidade relativamente baixa quanto as suas implementações (com vantagem expressiva da detecção de energia), fatores que as tornam bastante atrativas para implementação em rádios cognitivos.

No sensoriamento por autovalores utilizam-se estatísticas de teste baseadas nos autovalores da matriz de covariância do sinal recebido por um ou mais CRs a fim de se tomar a decisão sobre o estado de ocupação de um dado canal. Para melhor compreendê-lo, considere uma rede em que cada CR sob cooperação coleta n amostras dos sinais enviados por p transmissores primários durante um intervalo de sensoriamento. Admita que tais amostras formem uma matriz \mathbf{X} de ordem $p \times n$. Seja \mathbf{H} a matriz de ordem $m \times p$ que representa o canal entre os transmissores primários e os rádios cognitivos, e cujos elementos $\{h_{ij}\}$ representam o ganho do canal entre o transmissor primário j , para $j = 1, 2, \dots, p$ e o receptor cognitivo i , para $i = 1, 2, \dots, m$, conforme ilustrado na Figura 1. Seja \mathbf{V} a matriz de ordem $m \times n$ associada ao ruído térmico que contamina cada amostra coletada pelos CRs. Então, pode-se definir uma matriz \mathbf{Y} de ordem $m \times n$ referente às amostras coletadas, ou seja,

$$\mathbf{Y} = \mathbf{H}\mathbf{X} + \mathbf{V}. \quad (2)$$

Tipicamente considera-se que os elementos de \mathbf{H} são variáveis aleatórias complexas Gaussianas de média nula e valor quadrático médio unitário, as quais permanecem constantes por todo o intervalo de sensoriamento, alterando-se de forma independente de um intervalo para o seguinte e simulando, assim, um canal com desvanecimento do tipo Rayleigh plano e lento.

Embora \mathbf{X} possa representar qualquer sinal, usualmente admite-se que seja composta por amostras Gaussianas complexas de média nula e variância correspondente à potência do sinal transmitido. A adoção de variáveis Gaussianas é justificada pelo fato de que tal distribuição modela a variação de envoltória de grande parte dos sinais modulados tipicamente utilizados na prática.

Por fim, a matriz \mathbf{V} em (2) está associado ao típico modelo de canal AWGN (*additive white Gaussian noise*), aquele em que o ruído térmico de potência σ^2 gerado nos receptores é branco, de média nula e age de forma aditiva sobre o sinal recebido. A matriz \mathbf{Y} estará disponível no centro de fusão após cada uma de suas m linhas com n amostras ter sido enviada por cada um dos rádios cognitivos que cooperam no processo.

Como mencionado, no sensoriamento por autovalores a estatística de teste utilizada para verificação do estado de ocupação do canal é calculada por meio dos autovalores da matriz de covariância do sinal recebido no centro de fusão, a qual é estimada por

$$\mathbf{R} = \frac{1}{n} \mathbf{Y} \mathbf{Y}^\dagger, \quad (3)$$

onde \dagger representa a operação conjugado transposto. O centro de fusão então computa os autovalores $\{\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_m\}$ de \mathbf{R} e em seguida a estatística de teste T . A estatística de teste é então comparada com um limiar de decisão γ para que se decida por uma entre as duas hipóteses:

$$\begin{aligned} H_0 : \text{sinal primário ausente } (\mathbf{Y} = \mathbf{V}): T \leq \gamma; \\ H_1 : \text{sinal primário presente } (\mathbf{Y} = \mathbf{H}\mathbf{X} + \mathbf{V}): T > \gamma. \end{aligned}$$

Dentre as possíveis maneiras de composição da estatística de teste no sensoriamento por autovalores destacam-se [13]: o teste de verossimilhança generalizado (GLRT, *generalized likelihood ratio test*), o qual não necessita do conhecimento antecipado da potência de ruído, a detecção por máximomínimo autovalor (MMED, *maximum minimum eigenvalue detection*), também conhecida como detecção por razão de autovalores (ERD, *eigenvalue ratio detection*), e a detecção por máximo autovalor (MED, *maximum eigenvalue detection*), também conhecida como teste de Roy de máxima raiz (RLRT, *Roy's largest root test*). As correspondentes estatísticas de teste são computadas por [13]:

$$T_{\text{GLRT}} = \frac{\lambda_1}{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \lambda_i} \quad (4)$$

$$T_{\text{MMED}} = \frac{\lambda_1}{\lambda_m} \quad (5)$$

$$T_{\text{MED}} = \frac{\lambda_1}{\sigma^2} \quad (6)$$

A detecção de energia também pode ser realizada por meio dos autovalores da matriz de covariância do sinal recebido. Neste caso, como alternativa à expressão (1), a estatística de teste é computada por meio de:

$$T_{\text{ED}} = \frac{1}{m\sigma^2} \sum_{i=1}^m \lambda_i. \quad (7)$$

A plataforma de testes descrita mais adiante neste artigo foi implementada baseada em autovalores. Por esta razão esta técnica de detecção foi aqui abordada com certo grau de detalhes.

E. Análise de desempenho do sensoriamento espectral

Independente da técnica de sensoriamento utilizada, o seu desempenho é tipicamente avaliado por meio de dois

parâmetros importantes, sendo eles a probabilidade de falso alarme P_{fa} e a probabilidade de detecção P_{d} . A primeira corresponde à probabilidade de se tomar a decisão pelo estado de canal ocupado, sendo que o sinal de um usuário primário não está sendo transmitido. A segunda corresponde à probabilidade de se decidir por um canal ocupado quando se tem de fato um canal ocupado, ou seja, um canal com o sinal de um usuário primário sendo transmitido.

Para realizar o sensoriamento com maior sucesso é desejável a menor probabilidade de falso alarme e a maior probabilidade de detecção possível. Porém, para que se diminua a P_{fa} tem-se que elevar o limiar de decisão; para que se aumente a P_{d} tem-se que reduzir o limiar da decisão. Portanto, a determinação do limiar será uma solução de compromisso, pois não é possível reduzir a P_{fa} e aumentar a P_{d} simultaneamente. O que se faz tipicamente na prática é a escolha de um limiar que atenda a uma P_{fa} alvo constante (CFAR, *constant false alarm rate*); a P_{d} obtida será então consequência da relação sinal-ruído a que o sistema estiver submetido.

III. ADPTAÇÃO DA PLATAFORMA AO SENSORIAMENTO ESPECTRAL BASEADO EM AUTOVALORES

Para se realizar a adaptação da plataforma de testes para implementação da detecção por autovalores, as amostras nas saídas da placa comporão a matriz de amostras recebidas no FC, a partir da qual será computada a matriz de covariância e a partir desta os autovalores. Entretanto, essa implementação não é trivial no ambiente do *VisSim/Comm*, requerendo uma forma alternativa de cômputo dos autovalores da matriz de covariância, pois a mesma é uma matriz complexa e o *VisSim/Comm* contém um bloco que computa autovalores somente de matrizes reais. Em outras palavras, o valor imaginário $j = (-1)^{1/2}$ não existe no ambiente de simulação do *VisSim/Comm*. Nele, um valor “complexo” é apenas um vetor com dois elementos, um associado à parte real e o outro associado à parte imaginária.

A seguir é descrito como se podem computar os autovalores de uma matriz complexa a partir de duas matrizes reais, uma formada pela parte real dos elementos da matriz complexa e outra formada pela parte imaginária. Com esse procedimento a implementação do sensoriamento por autovalores na plataforma hora descrita tornar-se-á factível.

Considere a matriz \mathbf{Y} definida em (2), reescrita na forma

$$\mathbf{Y} = \text{Re}(\mathbf{Y}) + j \text{Im}(\mathbf{Y}) = \mathbf{Y}_{\text{R}} + j\mathbf{Y}_{\text{I}},$$

onde $\text{Re}(\mathbf{Y})$ e $\text{Im}(\mathbf{Y})$ são matrizes reais compostas pela parte real e pela parte imaginária de \mathbf{Y} , respectivamente. Então, o produto $\mathbf{Y}\mathbf{Y}^\dagger$ em (3) pode ser reescrito como

$$\begin{aligned} \mathbf{Y}\mathbf{Y}^\dagger &= (\mathbf{Y}_{\text{R}} + j\mathbf{Y}_{\text{I}})(\mathbf{Y}_{\text{R}} + j\mathbf{Y}_{\text{I}})^\dagger \\ &= (\mathbf{Y}_{\text{R}} + j\mathbf{Y}_{\text{I}})(\mathbf{Y}_{\text{R}}^T - j\mathbf{Y}_{\text{I}}^T) \\ &= \mathbf{Y}_{\text{R}}\mathbf{Y}_{\text{R}}^T + \mathbf{Y}_{\text{I}}\mathbf{Y}_{\text{I}}^T + j\mathbf{Y}_{\text{I}}\mathbf{Y}_{\text{R}}^T - j\mathbf{Y}_{\text{R}}\mathbf{Y}_{\text{I}}^T, \end{aligned}$$

de onde podem ser definidas as matrizes

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &= \mathbf{Y}_R \mathbf{Y}_R^T + \mathbf{Y}_I \mathbf{Y}_I^T \\ \mathbf{B} &= \mathbf{Y}_I \mathbf{Y}_R^T - \mathbf{Y}_R \mathbf{Y}_I^T \end{aligned} \quad (8)$$

Então, a matriz de covariância \mathbf{R} em (3) pode ser representada alternativamente por

$$\mathbf{R} = \frac{1}{n} \mathbf{Y} \mathbf{Y}^\dagger = \frac{1}{n} (\mathbf{A} + j\mathbf{B}). \quad (9)$$

Sabe-se que um autovetor \mathbf{w} de uma matriz quadrada \mathbf{Z} é um vetor não nulo que, quando multiplicado por \mathbf{Z} , produz um vetor na mesma direção de \mathbf{w} , multiplicado por um escalar real ou complexo λ , ou seja [19],

$$\mathbf{Z}\mathbf{w} = \lambda\mathbf{w}, \quad (10)$$

onde o escalar λ é um *autovalor* de \mathbf{Z} associado ao autovetor \mathbf{w} . Aplicando a definição (10) na representação alternativa de \mathbf{R} em (9), tem-se:

$$\frac{1}{n} [\mathbf{A} + j\mathbf{B}] [\mathbf{u} + j\mathbf{v}] = \frac{1}{n} \lambda [\mathbf{u} + j\mathbf{v}] \quad (11)$$

onde \mathbf{u} e \mathbf{v} são respectivamente a parte real e a parte imaginária dos autovetores de $\mathbf{Y} \mathbf{Y}^\dagger$ e os valores de λ que satisfazem a equação são os correspondentes autovalores. De (11) pode-se obter:

$$\mathbf{A}\mathbf{u} - \mathbf{B}\mathbf{v} + j\mathbf{B}\mathbf{u} + j\mathbf{A}\mathbf{v} = \lambda\mathbf{u} + j\lambda\mathbf{v},$$

ou, na forma de duas equações,

$$\begin{aligned} \mathbf{A}\mathbf{u} - \mathbf{B}\mathbf{v} &= \lambda\mathbf{u} \\ \mathbf{B}\mathbf{u} + \mathbf{A}\mathbf{v} &= \lambda\mathbf{v}, \end{aligned}$$

de onde se pode obter a representação matricial

$$\begin{bmatrix} \mathbf{A} & -\mathbf{B} \\ \mathbf{B} & \mathbf{A} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{u} \\ \mathbf{v} \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} \mathbf{u} \\ \mathbf{v} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Note que a representação adotada em (12) é análoga à equação básica de definição dos autovetores e autovalores em (10). Portanto, os autovalores da matriz \mathbf{R} podem ser obtidos a partir dos autovalores da matriz em blocos formada com as matrizes \mathbf{A} e \mathbf{B} definidas em (8), ou seja,

$$\text{eig}(\mathbf{R}) = \frac{1}{n} \text{eig}(\mathbf{Y} \mathbf{Y}^\dagger) = \frac{1}{n} \text{eig} \left(\begin{bmatrix} \mathbf{A} & -\mathbf{B} \\ \mathbf{B} & \mathbf{A} \end{bmatrix} \right) \quad (13)$$

onde $\text{eig}(\cdot)$ são os autovalores da matriz em questão. Note que a matriz em blocos contém apenas valores reais, como desejado no cômputo dos autovalores por meio do

VisSim/Comm. Note também que a matriz em blocos terá ordem $2m$, ou seja, serão computados $2m$ autovalores com multiplicidade 2. Os pares de autovalores serão distintos entre si com probabilidade 1 devido à natureza aleatória de \mathbf{A} e \mathbf{B} . Portanto, somente os m autovalores distintos serão de fato utilizados e serão os mesmos que aqueles computados no caso do uso direto de \mathbf{Y} na formação de \mathbf{R} de acordo com (3).

IV. CENÁRIO *VisSim/Comm* PARA SENSORIAMENTO BASEADO EM AUTOVALORES E SUAS CARACTERÍSTICAS

Na figura 3 tem-se a plataforma *VisSim/comm* para sensoriamento cooperativo utilizando como técnica, o sensoriamento baseado em autovalores. Neste primeiro momento será desconsiderado o uso da placa *WaveRunner*.

Inicialmente um sinal primário aleatório é gerado pelo *VisSim/Comm*, assim como o efeito do canal entre o transmissor primário e os quatro CRs. O ruído térmico de entrada dos CRs é simulado por meio da geração, também no *VisSim/Comm*, de um ruído Gaussiano branco de média nula e variância (potência) ajustável. Então, o que se aplica como entrada da placa são os sinais sob desvanecimento, como se fossem aqueles presentes nas antenas de recepção dos quatro rádios cognitivos, sinais estes posteriormente contaminados com o ruído térmico gerado em cada CR. Como está sendo desconsiderado neste primeiro momento o uso da placa, todos os quatro sinais são diretamente conectados a entrada de quatro blocos responsáveis pela separação das entradas em parte real e parte imaginária para que essas sejam as respectivas entradas do bloco matriz. Este por sua vez realiza uma série de operações matriciais para obter em sua saída a matriz de covariância (12) descrita na seção III. Feito isso pode-se calcular os autovalores e as possíveis estatísticas de teste que serão comparadas com um intervalo de limiares já pré estimados e assim tomar a decisão quanto ao estado de ocupação do canal.

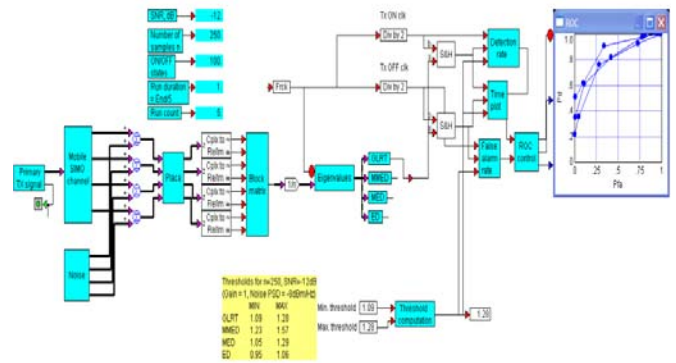


Fig.3. Simulação do sensoriamento espectral cooperativo baseado em autovalores.

Nos parágrafos seguintes descreve-se o funcionamento detalhado da figura 3. Antes porém é pertinente fornecer os parâmetros iniciais de simulação no ambiente *VisSim/comm*: Frequência de simulação: 50000 hertz, duração da simulação:

5 segundos, dividida em cinco corridas de 1 segundo cada, para que assim seja possível traçar a curva ROC.

A. Bloco Primary TX Signal

O sinal gerado pelo bloco *Primary TX Signal* corresponde a um ruído gaussiano branco com banda de 25 kHz (AWGN), chaveado por uma onda quadrada (Gerador de ondas quadradas) de 50% de *duty-cycle* simulando a presença (estado on) e ausência (estado off) do sinal primário sensoriado. Nesse bloco também é configurado o ganho (*Gain*) aplicado ao sinal e a frequência de chaveamento (*Switching frequency*). Também é possível manter o sinal permanentemente no estado on (Habilitando a opção *Always on*). Há também um led indicador estado on (luz vermelha) e estado off (luz verde). Todos esses parâmetros podem ser identificados no figura 4.

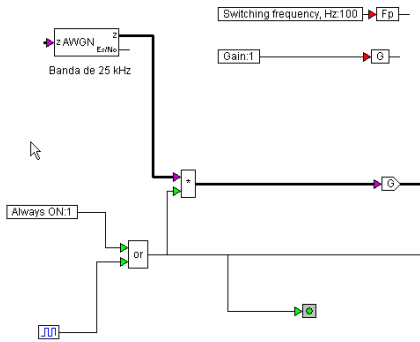


Fig.4. Bloco *Primary TX signal* decomposto.

B. Bloco Mobile Simo Channel

O bloco *Mobile Simo Channel* é formado por quatro simuladores de canal (*Mobile Fading*) com desvanecimento que atuam sobre o sinal gaussiano, gerando um sinal também gaussiano com banda de 25 kHz em suas saídas, mas afetado independentemente pelo correspondente simulador. É possível ajustar a frequência Doppler (*Max Doppler*) associada aos simuladores de canal. Pode-se também desconsiderar o efeito do canal, habilitando a opção *Bypass*.

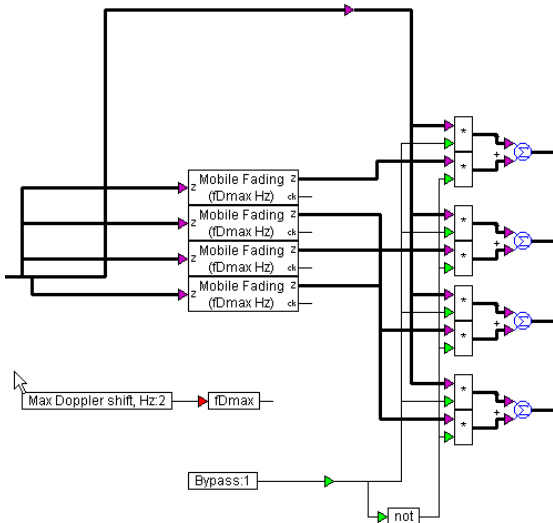


Fig.5. Bloco *Mobile Simo Channel* decomposto.

C. Bloco Noise

Ao sinal de saída de cada simulador é somado um ruído térmico, indicado como *Noise* na figura 3. Neste bloco tem-se a geração de ruídos complexos para que possam ser somados ao sinal na entrada da placa, simulando assim o ruído térmico presente em cada CR. A potência média do ruído pode ser configurada neste bloco.

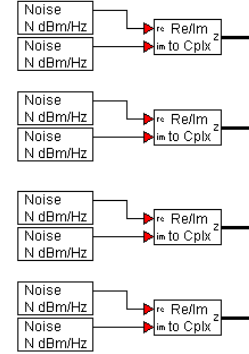


Fig.6. Bloco *Noise*.

Também no Bloco *Noise* é realizado o cálculo da potência complexa de ruído em cada CR, conforme a figura 7, para serem utilizados nos cálculos das estatísticas de teste. O nível de ruído em dBm/Hz é convertido para mW e multiplicado por 0.001 e pela frequência de operação para que a potência seja dada em Watts.

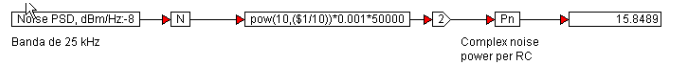


Fig.7. Cálculo de potência do ruído complexo.

D. Bloco Matrix

Os sinais independentemente afetados pelo simulador e somados com o ruído térmico, formam as entradas da placa.

As saídas da placa são conectadas aos blocos *Cplx to Re/Im*, figura 3, os quais separam a parte real da imaginária de cada uma das saídas complexas, sendo estas então conectadas ao bloco *Block Matrix*. Este é o responsável por todas as operações matriciais, para que seja possível formar a matriz de covariância. As operações matriciais seguem a linha de adaptação da plataforma *VisSim/Comm* exposta acima na seção III. Os sinais decompostos em partes reais e imaginárias são conectados a *buffers*, esses responsáveis por armazenar uma quantidade de amostras referente ao tempo em que transmissor alterna seu estado de on/off. Após esse tempo devido ao pulso de *frame clock* (Frck) essas amostras (sequência vertical de amostras), são transpostas (sequência horizontal de amostras) e reorganizadas para assim formarem as matrizes \mathbf{Y}_R e \mathbf{Y}_I , (na figura 9 pode-se observar a sequência de operações descrito acima, com um exemplo de três amostras) Estas são reorganizadas da seguinte maneira: As quatro saídas reais são agrupadas duas a duas, utilizando o bloco *Merge Vertical*, formando duas matrizes de duas linhas cada. Novamente utilizando o bloco *Merge Vertical* essas

duas matrizes são agrupadas formando uma matriz de ordem $4 \times n$ com as amostras respectivas de cada saída, alinhadas horizontalmente obtendo assim a matriz Y_R . A matriz Y_I é obtida da mesma forma. Com as matrizes Y_R e Y_I pode-se então realizar as operações descritas em (8), para então formar a matrizes **A** e **B**. Por fim essas duas matrizes são novamente reagrupadas, utilizando o bloco *Merge Horizontal* e conforme em (12) obter a matriz de covariância.

Os blocos *Merge Horizontal* e *Merge Vertical* funcionam conforme ilustrado na figura 8. Duas matrizes quaisquer são aplicadas na entrada do bloco e este dependendo da configuração horizontal/vertical agrupa as matrizes lado a lado ou uma em cima e outra em baixo.

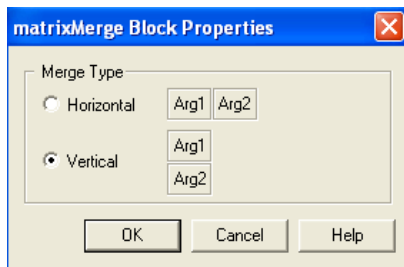


Fig. 8. Bloco Matrix Merge horizontal/vertical.

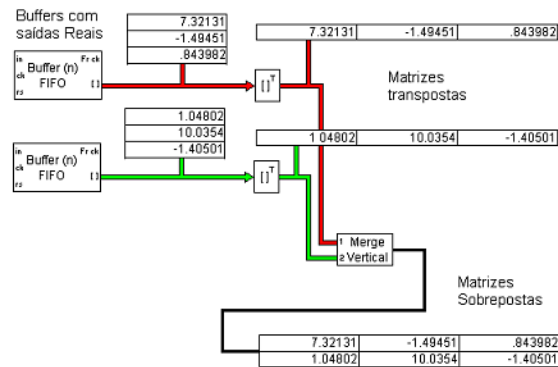


Fig. 9. Exemplo de como são formadas as matrizes Y_R e Y_I .

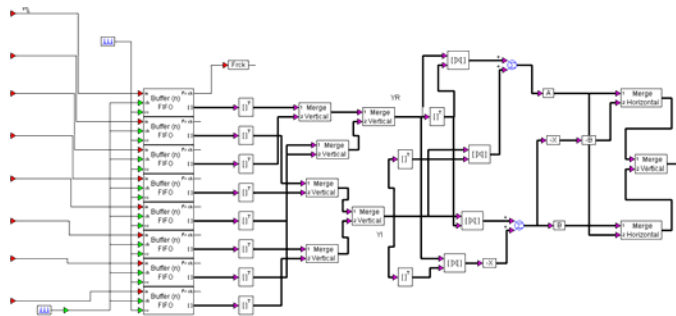


Fig. 10. *Block Matrix* decomposto e suas operações.

E. Bloco Frck

Atenção especial para o bloco *Frck*, sendo esse o pulso de *frame clock*, responsável por permitir que sejam calculados os autovalores somente após os *buffers* carregarem seu último valor de amostra. Os pulsos *frame clock* são disparados a cada

transição do transmissor de on/off. No modelo a frequência é de 100 hz e chaveada por uma onda quadrada de 50% de duty-cycle, portanto esse pulso ocorre a cada 0.005 segundos, conforme na figura 11.

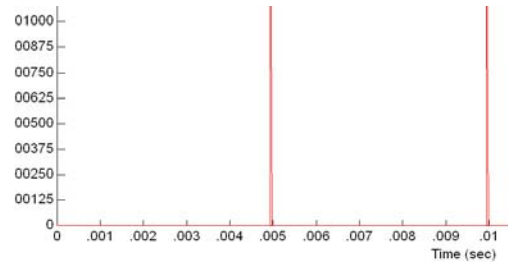


Fig. 11. Instantes de pulsos de *Frame clock*.

F. Bloco Eigenvalues

Na saída do bloco *Block Matrix* tem-se a matriz de covariância a qual é normalizada em relação ao número amostras e então conectada ao bloco *Eigenvalues* sendo este o responsável pelo cálculo da matriz de autovalores.

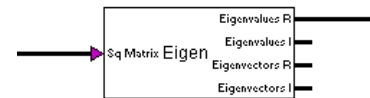


Fig. 12. Bloco *Eigenvalues* responsável pelo cálculo da matriz de autovalores.

G. Blocos das estatísticas de teste

Com a matriz de autovalores formada pode-se então calcular as possíveis estatísticas de teste. Os responsáveis pelo cálculo das estatísticas de teste são os blocos GLRT, MMED, MED e ED, respectivos as expressões (3), (4), (5) e (6), definidas anteriormente.

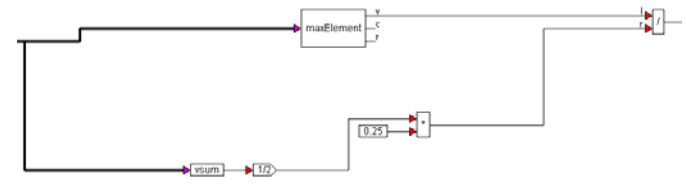


Fig. 13. Bloco GLRT decomposto.

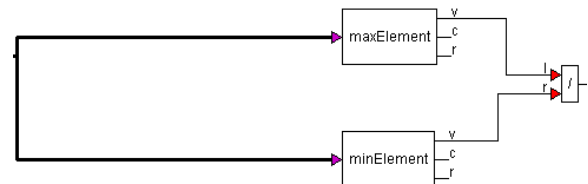


Fig. 14. Bloco MMED decomposto.

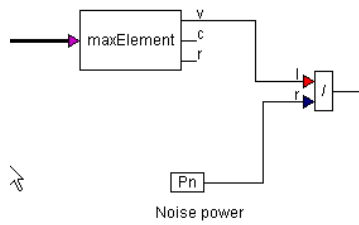


Fig. 15. Bloco MED decomposto.

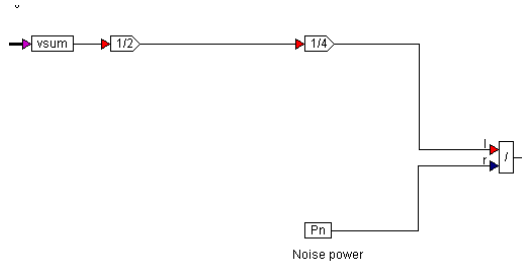
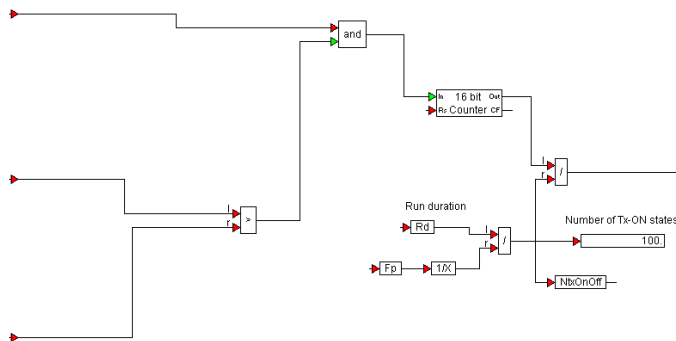


Fig. 16. Bloco ED decomposto.

Pode-se observar os seguintes blocos na figuras, (13), (14), (15) e (16), *maxElement*, *minElement*, *vsum*, e *Pn*, sendo estes os responsáveis respectivamente pelo cálculo do máximo autovalor, mínimo autovalor, somatório dos autovalores e potência de ruído.

H. Blocos False alarm rate e detection rate

Independente da técnica de sensoriamento utilizada, o seu desempenho é tipicamente avaliado por meio de dois parâmetros importantes, sendo eles a probabilidade de falso alarme, bloco *False alarm rate* e a probabilidade de detecção, bloco *Detection rate*. Suas entradas são compostas pela saída do bloco S&H, limiar variável e um pulso de clock definindo o estado off/on para os respectivos blocos. Essas entradas são submetidas a operações lógicas, que dependendo da saída irão incrementar ou não um contador. A saída do contador será dividida pelo número de vezes em que o transmissor alterna seu estado on/off, na respectiva corrida.

Fig. 17. bloco *Detection rate/ False alarm rate*, diferenciados apenas pelo respectivo pulso de clock.

Os pulso de clock da entrada do blocos de análise de desempenho, são configurados através do pulso de *frame clock* especificado anteriormente, sendo este dividido em dois pulsos, o primeiro pulso definindo o estado off, como na figura 18 e o segundo definindo o estado on figura 19, sendo esses alternados durante a corrida, como mostra na figura 20.

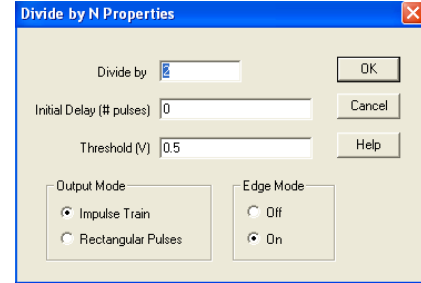


Fig. 18. Bloco de configuração do pulso de clock do estado off.

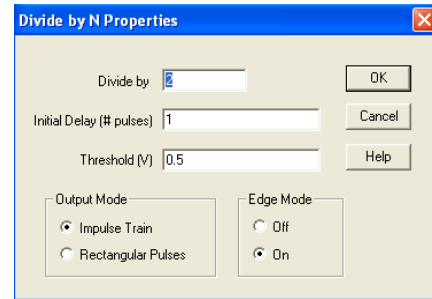


Fig. 19. Bloco de configuração do pulso de clock do estado on.

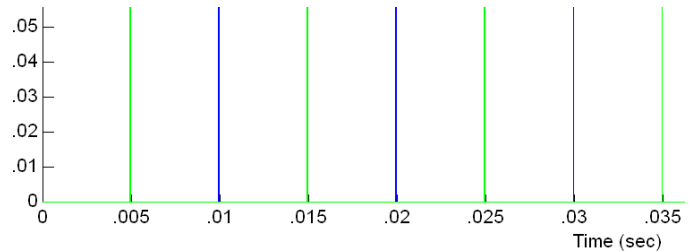


Fig. 20. Pulsos de clock para estado off (verde) e estado on (azul).

I. Bloco Time plot

O bloco *Time Plot* mostra as estatísticas de teste do sinal recebido, tanto na presença quanto na ausência de sinal primário, bem como o limiar de decisão, como ilustrado na Figura 21. Nessa figura são ilustradas situações em que a ocupação estimada do canal encontra-se diferente do seu real estado (*Tx ON*, *Tx OFF*). Como exemplo, no instante 0.05 e 0.085 s percebe-se que a estatística de teste indicado pela linha vermelha (*Tx ON*) esta abaixo do limiar de decisão, fazendo com que a estimativa aponte o transmissor primário como inativo, sendo que nesse instante o mesmo encontra-se de fato ativo. Isto ilustra uma situação de interferência em que o usuário secundário aproveita dessa falsa oportunidade e passa a transmitir no mesmo instante que o usuário primário. Pode-se também observar na Figura 21 que em vários instantes a linha azul indica as estatísticas de teste acima do

limiar de decisão, estimando-se assim a presença do sinal do transmissor primário. No entanto, o transmissor primário não está ativo nesses instantes. Este seria um caso de falso alarme, fazendo com que o usuário secundário perca a oportunidade de transmitir, visto que não há de fato a presença de sinal do usuário primário na faixa de frequências sensorizada.

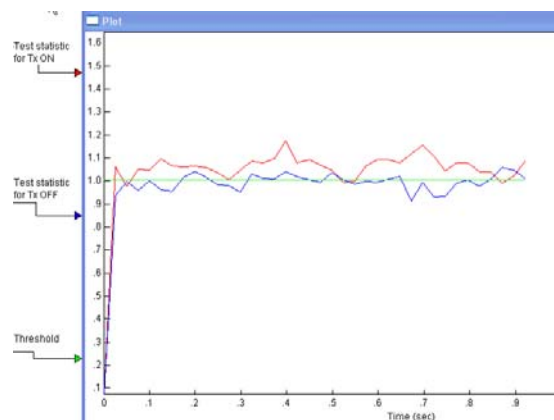


Fig.21. Bloco time plot com limiar de decisão (verde), estatísticas de teste com transmissor estado on (vermelho) e estado off (verde) .

J Bloco ROC control

Na figura 22 tem-se o bloco *ROC control* responsável por traçar a curva ROC (*receiver operation characteristic*), curva esta responsável por caracterizar a probabilidade de detecção em função da probabilidade de falso alarme. Este bloco está implementado utilizando um bloco SER/BER control, bloco este implementado para traçar curvas de desempenho (probabilidade de erro de bit/símbolo por E/N_0). Em suas entradas tem-se as probabilidades de detecção, de falso alarme e um contador de erros para caracterizar o fim de cada corrida, sendo este contador de erros implementado por uma função rampa, sendo esta incrementada de uma em uma unidade, ou seja quando a rampa atingir seu nível máximo o contador entenderá que o sistema atingiu seu número máximo de erros sendo este o tempo de cada corrida. Suas saídas são formadas por um trigger responsável por plotar os pontos da curva ROC somente no fim de cada corrida e as respectivas probabilidades de detecção (eixo y) e de falso alarme (eixo x) para traçar a curva ROC.

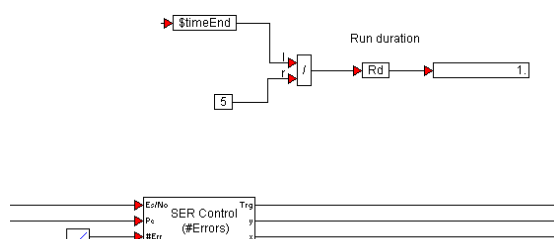


Fig.22. Bloco de configuração da curva ROC.

V. RESULTADOS

Para uma análise do sistema utilizando as várias estatísticas de teste foram tabelados limiares mínimos e máximos para

cada uma das estatísticas de teste, conforme figura 23, estas estimadas por tentativas, afim de traçar curvas ROC .

Thresholds for n=250, SNR=-12dB (Gain = 1, Noise PSD = -8dBm/Hz)				
	MIN	MAX	Min. threshold	Max. threshold
GLRT	1.09	1.28	1.09	1.28
MMED	1.23	1.57		
MED	1.05	1.29		
ED	0.95	1.06		

Fig.23. Limiares de decisão para as várias estatísticas de teste.

Na figura 24 tem-se as curvas ROC referente a cada uma das estatísticas de teste apresentadas neste artigo. Para uma melhor caracterização das curvas ROC a duração de cada corrida foi alterada de 1 segundo para 50 segundos, pois assim haverá um maior número de transições de estado (on/off), ou seja para cada corrida uma maior quantidade de amostras será colhida, melhorando a eficiência do sistema. Pode-se notar que as estatísticas MED e ED apresentam uma melhor eficiência se comparadas as outras, isto devido ao uso da variância do ruído para o cálculo das estatísticas conforme comprovado em [13].

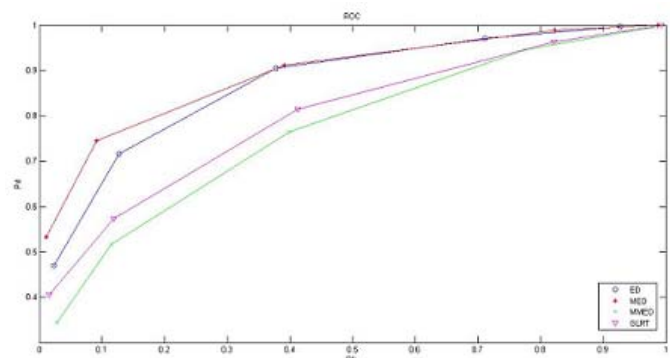


Fig.24. Curvas Roc para as várias estatísticas de teste.

VI. CONCLUSÕES

Este artigo descreveu uma plataforma de teste implementada no aplicativo *VisSim/Comm* com o propósito de sensoriamento espectral cooperativo centralizado baseado em autovalores da matriz de covariância do sinal recebido. Ênfase foi dada a descrever todos os blocos utilizados afim de conhece-los mais detalhadamente.

Para continuidade das pesquisas será implementada a plataforma acima juntamente com a placa *WaveRunner Plus* para uma melhor caracterização do sistema, alcançando resultados mais próximos de um sistema real.

REFERÊNCIAS

- [1] M. A. McHenry, P.A. Tenhula and D. McCloskey, "Chicago Spectrum Occupancy Measurements & Analysis and a Long-term Studies Proposal", shared spectrum co. report, November 2005.
- [2] Federal Communications Commission, "Spectrum policy task force report, FCC 02-155", Nov. 2002.
- [3] M. H. Islam, et al., "Spectrum survey in Singapore: occupancy measurements and analysis," in Proc. of the 3rd Int. Conf. on Cognitive

- Radio Oriented Wireless Networks and Comm. (CROWNCOM '08), Singapore, May 2008.
- [4] J. Mitola, and G. Q. Maguire, "Cognitive radio: making software radios more personal", IEEE Personal Communications, vol. 6, no. 4, pp. 1318, 1999.
 - [5] Md.-A. Rahman, et al., "Development of Spectrum Sensing System with GNU Radio and USRP to Detect Emergency Radios", IEICE Technical Report, SR2009-57, October 2010.
 - [6] M. Dolter, E. Kim, and S. G. Min, "Spectrum Sensing using Software Radios", Design Document May10-06, Iowa State University, EUA, May 2006.
 - [7] M. A. Sarijari, et al., "Energy Detection Sensing Based on GNU Radio and USRP: An Analysis Study", Proceedings of the 2009 IEEE 9th Malaysia International Conference on Communications, Kuala Lumpur Malaysia, December 2009.
 - [8] P. S. Coutinho, "Detecção de Energia para Rádios Cognitivos Usando GNU radio e USRP2", Projeto de Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica/COPPE. Março 2011.
 - [9] D. A. Guimarães, D. C. Marchetti e R. A. A. de Souza, "Protótipo para Sensoriamento Espectral Cooperativo Centralizado com Transceptor WaveRunner", XXXI Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, SBrT'13, 01-04 setembro de 2013, Fortaleza, CE. Submetido.
 - [10] D. Cabric, A. Tkachenko, and R. W. Brodersen, "Spectrum Sensing Measurements of Pilot, Energy, and Collaborative Detection". Military Communication Conference (MILCOM), October 2006.
 - [11] H. Urkowitz, "Energy Detection of Unknown Deterministic Signals". Proceedings of the IEEE 55, no. 4 (April 1967): 523-531.
 - [12] F. F. Digham, M.-S. Alouini and, M. K. Simon, "On the Energy Detection of Unknown Signals Over Fading Channels", IEEE Transactions on Communications, 55, no. 1 (January 2007): 21-24.
 - [13] B. Nadler, F. Penna, and R. Garello, "Performance of Eigenvalue-based Signal Detectors with Known and Unknown Noise Level", In: Proc. of the IEEE ICC, Kyoto, Japan, June 2011.
 - [14] W. A. Gardner, Exploitation of spectral redundancy in cyclostationary signals. IEEE Signal Processing Magazine, vol. 8, no. 2, pp. 14-36, April 1991.
 - [15] A. V. Dandawate and G. B. Giannakis, "Statistical tests for presence of cyclostationarity". IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 42, no. 9, pp. 2355-2369, September 1994.
 - [16] S. Enserink and D. Cochran, "A cyclostationary feature detector", In Proc. of Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, vol. 2, pp. 806-810, 31 October-2 November 1994.
 - [17] Y. Zeng, and Y.-C. Liang, "Eigenvalue-Based Spectrum Sensing Algorithms for Cognitive Radio", IEEE Trans. Comm., vol. 57, no. 6, June 2009.
 - [18] Y. Zeng, and Y.-C. Liang, "Maximum-Minimum Eigenvalue Detection for Cognitive Radio", In: Proc. of the 18th Annual IEEE Int. Symp. on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2007.
 - [19] G. Strang, Introduction to Linear Algebra, 4th Ed., New York, USA: Wellesley-Cambridge Press, 2009.

Análise do comportamento da antena Vivaldi para comunicações de faixa ultra-larga

Andrei Ferreira Garcia

Bruna Belonato Nascimento

José Antônio Justino Ribeiro

Instituto Nacional de Telecomunicações -
Inatel
andreifgarcia@yahoo.com.br

Instituto Nacional de Telecomunicações -
Inatel
brunabelonato@hotmail.com

Instituto Nacional de Telecomunicações -
Inatel
justino@inatel.br

Resumo— Recentemente, a partir de regulamentações por organismos internacionais, como a Federal Communications Commission (FCC) dos Estados Unidos, foi disciplinado o uso de frequências na faixa entre 3,1GHz e 10,6GHz. Para esta região do espectro eletromagnético, foi desenvolvida a tecnologia de radio-comunicação conhecida como comunicações em faixa ultra-larga (UWB), capaz de transmitir altas taxas de dados. Para sistemas que operam em tão ampla largura de faixa, existem muitos desafios na concepção de várias de suas partes, como nas características exigidas pelas antenas. Neste artigo, analisa-se o comportamento da antena Vivaldi, um dos modelos que têm sido propostos para estas aplicações.

Palavras chave—Antena Vivaldi, UWB, faixa ultra-larga.

I. INTRODUÇÃO

Uma antena para aplicações em UWB deve ser capaz de operar em uma grande largura de faixa (superior a 7GHz) [1], mantendo de forma aceitável as suas propriedades elétricas (impedância de entrada, perda de retorno, eficiência de irradiação, etc.) e suas características eletromagnéticas (diagrama de irradiação, ganho, abertura de feixe, entre outras). Diferentemente dos sistemas tradicionais de comunicações sem fio, que transmitem com modulação em amplitude, em frequência e em fase, com suas correspondentes em sistemas digitalizados, a operação em UWB emprega sinais em forma de pulsos de curta duração e elevadíssima taxa de repetição. Conforme análises tradicionais no domínio da frequência, por meio da transformada de Fourier [2], este procedimento implica a ocupação de grande largura de faixa. Este fato significa possibilidade de operações que ocupem faixa muito larga em um radioenlace. Em geral, os sistemas trabalham com baixos níveis de potência, com alcance limitado, portanto, mas com garantia de segurança nas transmissões.

Como as potências envolvidas são baixas, o consumo de energia é muito pequeno em comparação com outros sistemas. Ainda por causa dos pequenos níveis de potência, as transmissões apresentam grande imunidade às interferências por múltiplos percursos, oferece dificuldades para sua interceptação e os equipamentos são de menores custos. Por estas vantagens, desenvolveram-se diferentes tipos de sensores, equipamentos para aplicações em microveículos aéreos (MAV) para uso em

campos de batalhas, equipamentos para evitar colisões entre veículos [3][4], sistemas para a detecção através de obstáculos e o resgate de pessoas em áreas de acidentes[5], na procura de encanamentos e instalações elétricas em edifícios[6] e muitas outras aplicações. Aliando codificação adequada com dificuldades de interceptação das mensagens enviadas, o emprego dessa tecnologia garante envio sigiloso de mensagens e de elevada segurança.

II. GEOMETRIAS DA ANTENA VIVALDI

A antena Vivaldi é uma estrutura com variação gradual na distância entre os condutores. A separação obedece a uma equação exponencial cujos coeficientes são escolhidos para se obter o comportamento desejado [7]. Foi proposta por Gibson em 1979 [8] e desde então tem sido usada em diferentes aplicações como antena capaz de operar em grandes larguras de faixa. Suas propriedades tornam-na um componente bem útil para uso nos sistemas de transmissão de faixa ultra-larga (UWB). Conforme a tecnologia de fabricação, identificam-se os modelos em montagem coplanar (CVA), antipodal (AVA) e antipodal balanceada (BAVA). Neste artigo, será analisado o comportamento do modelo coplanar, a forma mais tradicional e simples de construção.

Os principais valores geométricos a serem especificados na construção de uma antena Vivaldi estão indicados no esquema da Fig. 1. [9] A região responsável pela emissão da energia eletromagnética é representada pelos contornos dos eletrodos em abertura gradual. Em sua parte mais estreita, é ligada diretamente a uma linha de transmissão de fenda que é uma continuidade dos eletrodos e na extremidade dessa linha acopla-se uma cavidade ressonante impressa. Entre as dimensões que devem ser conhecidas, H é a abertura máxima entre os eletrodos, W_{se} é a separação entre os eletrodos na região em que atuam como linha de fenda para alimentação, R é o coeficiente que determina a taxa de abertura, L_g é a distância entre a extremidade da antena próxima à alimentação e a cavidade em sua região de excitação, d é o diâmetro desta cavidade, valor importante no comportamento em relação à frequência e os ensaios demonstraram que deve ser da ordem de um sexto do comprimento de onda na maior frequência de trabalho.

Um dos procedimentos sugeridos para excitação desta antena consiste em uma linha de microfita com largura W_{sl} na parte inferior do laminado. Esta linha é terminada por um toco aberto com sua extremidade curva. Existem diferentes formatos para essa curva e a adotada neste texto é descrita por um arco de círculo de raio ρ e limitado por um ângulo total γ . Entre a conexão da microlinha com o toco e a borda de um dos eletrodos da antena (X_{off}), deve ser ajustada em cada caso. As dimensões finais assumem os valores D e a indicados, correspondentes ao comprimento e largura da antena. A largura da microlinha de excitação e a separação entre os eletrodos no ponto de excitação (W_{sl} e W_{st}) tem valores aproximadamente iguais. Deve ser ajustado, ainda, o ângulo δ entre o limite do toco e a extremidade de um dos eletrodos da antena.

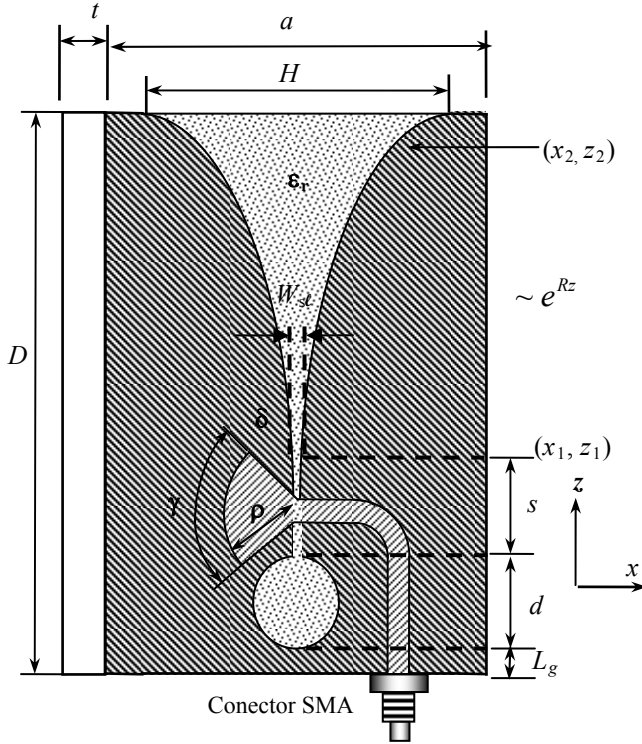


Fig. 1. Parâmetros geométricos da antena Vivaldi coplanar, que determinam seu comportamento e as variações com a frequência.

III. ESCOLHA DAS DIMENSÕES PARA O PROJETO

Para desenvolvimento do projeto, especificaram-se frequência mínima de 2GHz e máxima de 20GHz, de maneira ser possível empregar o elemento irradiador na faixa de frequências especificada para sistemas em UWB. As experiências têm demonstrado que a menor frequência de operação ocorre quando o comprimento da antena for aproximadamente igual a um quarto do seu comprimento de onda. A largura máxima corresponde a aproximadamente meio comprimento de onda na maior frequência de operação. Logo, deve-se ter:

$$D \cong \frac{\lambda_{m\acute{a}x}}{4} \quad (1)$$

$$a \cong \frac{\lambda_{m\acute{i}n}}{2} \quad (2)$$

Combinando estes resultados, acha-se a relação entre as frequências mínima e máxima em termos de valores geométricos envolvidos no projeto. Com os valores especificados de frequência, obtêm-se os outros resultados importantes para implementação do protótipo:

$$\frac{f_{m\acute{a}x}}{f_{m\acute{i}n}} \cong 2 \left(\frac{D}{a} \right) \quad (3)$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^9} = 150 \text{ mm} \quad (4)$$

$$D = \frac{0.15}{4} = 37,5 \text{ mm} \quad (5)$$

$$a = \frac{\lambda_{m\acute{i}n}}{2} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 20 \times 10^9} = 7,5 \text{ mm} \quad (6)$$

A taxa de abertura exponencial é um importante parâmetro para o controle das características de irradiação. A antena Vivaldi original estabelecia uma variação exponencial na abertura, de maneira que na sua parte intermediária a curvatura deve obedecer a:

$$x = C_1 e^{Rz} + C_2 \quad (7)$$

onde C_1 e C_2 são constantes calculadas a partir das especificações dos pontos (x_1, z_1) e (x_2, z_2) . O coeficiente R é determinado empiricamente para satisfazer as condições de mudanças na impedância na faixa de frequências especificada. Um valor prático é $R = 0,08/\text{mm}$. Substituindo as coordenadas da Fig. 1, as constantes ficam:

$$C_1 = \frac{x_2 - x_1}{e^{Rz_2} - e^{Rz_1}} \quad (8)$$

$$C_2 = \frac{x_1 e^{Rz_2} - x_2 e^{Rz_1}}{e^{Rz_2} - e^{Rz_1}} \quad (9)$$

TABELA I
VALORES ESPECIFICADOS PARA A ANTENA

$D = 37,5 \text{ mm}$	$a \cong \lambda_{m\acute{i}n}/2$
$L_g = 0,707 \text{ mm}$	$\lambda_{m\acute{i}n} = 1,5 \text{ cm (no vácuo)}$
$d = 2,5 \text{ mm}$	$\gamma = 140^\circ$
$s = 0,35 \text{ mm}$	$z = g + d + s = 3,55 \text{ mm}$
$W_{sl} = 0,18 \text{ mm}$	$C_1 = 0,1365 \text{ mm}$
$H = 5,3 \text{ mm}$	$C_2 = -0,0914 \text{ mm}$
$0,09 \text{ mm} \leq x \leq 2,65 \text{ mm}$	$\rho = 1,6 \text{ mm}$
$t = 0,35 \text{ mm}$	$\delta = 15^\circ$
$\gamma = 110^\circ$	$R = 0,08 \text{ mm}$

Com as frequências mínima e máxima especificadas, os valores obtidos para o protótipo são os mostrados na Tabela 1. As constantes C_1 e C_2 foram encontradas por meio de (8) e (9) para o valor prático de R e levando em conta as coordenadas de x no início e no final da curva do eletrodo da antena. O diâmetro da cavidade é da ordem de $\lambda_{m\acute{i}n}/6$. Com os valores mencionados, encontra-se a abertura gradual em uma ordenada z qualquer por:

$$x = 0,1365 e^{Rz} - 0,0914 \quad (10)$$

onde as coordenadas x e z são expressas em milímetros. A distância z deve ser contada a partir da base do dispositivo e para o cálculo indicado acima, a equação vale para a coordenada z entre os limites:

$$L_g + d + s \leq z \leq D - L_g - d - s \quad (11)$$

Para traçado do gráfico, é conveniente reescrever a equação de maneira a expressar z em termos de x , tendo em vista que as funções exponenciais podem incorrer em erros quando não forem utilizados quantidades suficientes de casas decimais. Desta maneira, para simulação empregando o Matlab® utilizou-se a expressão obtida a partir de (10) na forma

$$z = \left(\frac{1}{R} \right) \ln \left(\frac{x - C_2}{C_1} \right) \quad (12)$$

com os limites de x especificados na Tabela I. O comportamento do contorno da antena Vivaldi aparece como na Fig. 2,

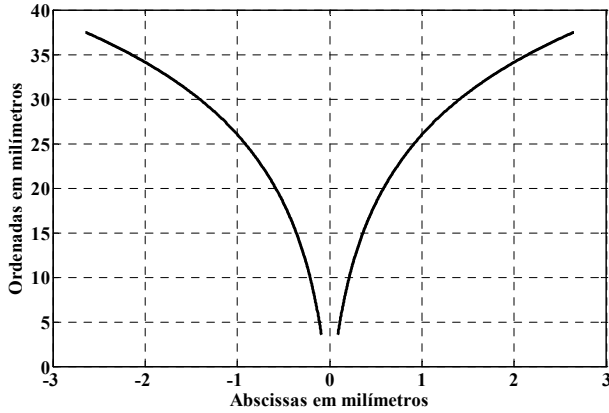


Fig. 2. Contorno dos eletrodos da antena Vivaldi na região exponencial, com os valores especificados no texto.

IV. SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DA ANTENA COPLANAR

De acordo com o esquema apresentado, há necessidade de conexão do toco em certa posição tendo como referência o ponto de excitação da antena e a cavidade em seu início. Esta posição exige um ajuste ao longo das direções de propagação (ajuste longitudinal) e transversal a ela (ajuste lateral). Na Fig. 3, mostram-se alguns parâmetros para se avaliar a correta posição do sistema de alimentação. Toma-se como referência um sistema de coordenadas em que a origem coincida com o centro da intersecção da linha fendida com a cavidade. Convençãoam-se os sentidos positivos para a direita no eixo das abscissas e para baixo no das ordenadas e os deslocamentos finais em relação à origem são X_{off} e Z_{off} .

Como de praxe, as frequências de corte são fixadas para uma perda de retorno melhor ou igual a 10dB, que corresponde a coeficientes de onda estacionária menores do que 1,925. Este valor pode expressar também módulo do coeficiente de reflexão, definido pelo parâmetro de espalhamento S_{11} , cuja medição é usual com o emprego de analisadores de circuitos. Existem resultados experimentais [10], que mostram a influência dos pontos que definem a posição do circuito de excitação para mínima reflexão na antena, como representado na Fig. 3. Os valores correspondem a cada uma das posições ao

longo do eixo longitudinal, que é a direção de propagação na antena. O ponto de origem do sistema de coordenadas foi fixado como 0 mm ($X_{off} = 0$) e a posição longitudinal do toco (Z_{off}) deve ser ajustada para a mínima reflexão. Resultados experimentais permitem concluir que é possível garantir elevada largura de faixa do ponto de vista do casamento de impedâncias. Há relatos de ensaios práticos que comprovam operação entre 2,8GHz e 12GHz, dentro do critério de perda de retorno melhor do que 10dB.

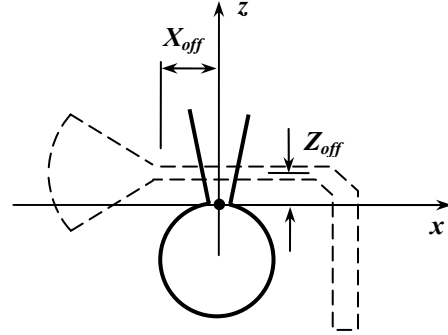


Fig. 3. Para se chegar a um bom casamento de impedância, com pequeno coeficiente de onda estacionária, é necessário encontrar a posição correta do toco.

A impedância da linha de fenda, cujo prolongamento define a estrutura da antena, modifica-se com as larguras das linhas e outros parâmetros geométricos e eletromagnéticos do laminado empregado. Uma equação empírica que apresenta bons resultados experimentais é:¹¹

$$Z_o = 60 + 3,69 \sin \left[\frac{(\epsilon_r - 2,22) \pi}{2,36} \right] + 133,5 \ln(10 \epsilon_r) \sqrt{W_{SL}/\lambda_0} + 2,81 [1 - 0,01 \epsilon_r (4,48 + \ln \epsilon_r)] (W_{SL}/h) \ln(100h/\lambda_0) + 131,1 (1,028 - \ln \epsilon_r) \sqrt{h/\lambda_0} + \frac{12,48 (1 + 0,18 \ln \epsilon_r) (W_{SL}/h)}{\epsilon_r - 2,06 + 0,85 (W_{SL}/h)^2} \quad (12)$$

Nesta equação, ϵ_r é a constante dielétrica do laminado e h é a sua espessura. O valor λ_0 é o comprimento de onda do sinal, considerado no vácuo, e os demais valores estão detalhados no esquema da antena Vivaldi na Fig. 1. Esta equação é válida para os limites de constante dielétrica e de espessura do laminado entre $2,22 < \epsilon_r < 9,80$ e $0,006 \leq h/\lambda_0 < 0,06$. Por causa dos efeitos da frequência, que aparecem no valor de λ_0 , é conveniente verificar o comportamento desta equação para certas frequências na faixa de interesse. Alguns resultados estão na Fig. 4, conforme levantamento com o programa Matlab®. Para este levantamento considerou-se o laminado com constante dielétrica de 4,4 e espessura de 1,6mm.

Nas proximidades da excitação da antena, a impedância característica é menor e torna-se mais fácil a adaptação com a microlinha empregada na alimentação. A transferência de sinal é feita por acoplamento eletromagnético entre o sistema de excitação e os eletrodos da antena. O toco na extremidade da microfita deve ter o comprimento, o formato e o ângulo de abertura ajustados para permitirem a largura de faixa desejada. Eventualmente, a microfita deve ter uma largura com variação gradual até se aproximar da impedância de 50Ω exigida no ponto de alimentação. Da mesma maneira, o posicionamento

em relação ao centro da antena é outro fator que tem grande influência na largura de faixa final da antena.

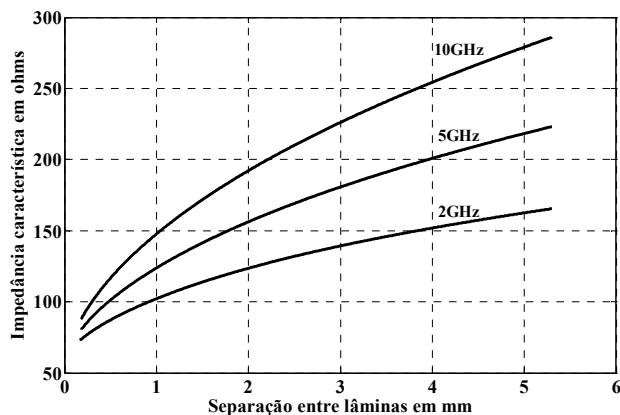


Fig. 4. Comportamento da impedância característica de uma linha de fenda, para diferentes frequências, para um laminado de 1,6mm e constante dielétrica de 4,4.

V. CONCLUSÕES

Descreveu-se um tipo de antena de abertura gradual capaz de operação em grandes larguras de faixa, sugerida para aplicações em sistemas que operam sob estas condições. Existem muitos modelos de antenas evoluídas a partir desta geometria básica, mas a estrutura que obedece a uma variação exponencial é a proposta original conhecida como antena Vivaldi. Um dos elementos de grande relevância para garantir a operação em faixa larga é o casamento de impedância com o sistema de alimentação. A situação comum é garantir que na faixa de frequências especificada, a perda de retorno seja melhor do que 10dB. Entretanto, operações em faixa larga são difíceis de serem projetadas para cumprirem este objetivo.

Têm sido experimentados algumas formas para a excitação da antena Vivaldi que incluem combinações de linha de microfita, tocos capazes de operarem em faixa larga e cavidades no início da antena. Com isto, as combinações dos vários elementos reativos e os efeitos resistivos oriundos do processo de irradiação podem permitir a operação em faixas que chegam a alcançar vários gigahertz.

Existem outros desafios na concepção de antenas para grandes larguras de faixa, como os controles do diagrama de irradiação, a fixação dos limites aceitáveis para o ganho, o controle sobre os lobos secundários do diagrama de irradiação, entre outros. A proposta da antena Vivaldi demonstra um grande potencial para satisfazer estas condições e se tornara cada vez mais importante devido o aumento da demanda por serviços de telecomunicações que ocuparão faixas cada vez maiores do espectro eletromagnético.

REFERÊNCIAS

[1] FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION (FCC). Revision

of Part 15 of the Communication's Rules Regarding Ultra Wideband Transmission Systems. *First Report and Order*. Adopted February of 2002. Released April 2002.

[2] HSU, H. P. *Análise de Fourier*. Trad. de Paulo Ivo de Queiroz. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1973.

[3] FONTANA, R. J.; RICHLEY, E. A.; MARZULLO, A. J.; BEARD, L. C.; MULLOY, R. W. T.; KNIGHT, E. J. An Ultra Wideband Radar For Micro Air Vehicle Applications. *2002 IEEE Conference on Ultra Wideband Systems and Technologies*, May 2002, Baltimore, MD. Disponível em: <http://www8.cs.umd.edu/research>. Acesso em 25 ago. 2011.

[4] KIM, S.-D.; LEE, J.-H. A new transmitted-reference automotive UWB radar using unequalled amplitude. *Int. J. Signal Processing, Image Processing Pattern Recogn.*, v. 2, n. 2, p. 43-48, Jun., 2009.

[5] ORRILLO ASCAMA, H. D. *Radar UWB: antena e mecanismo para detecção de pessoas*. Universidade de São Paulo. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). São Paulo: 2010.

[6] NEKOOGAR, F. *Ultra-wideband communications: fundamentals and applications*. Prentice Hall, 2005.

[7] RIBEIRO, J. A. J. *Engenharia de antenas: fundamentos, projetos e aplicações*. São Paulo: Érica, 2012.

[8] GIBSON, P.J. *The Vivaldi Aerial*. IEEE - Microwave Conference, 9th European, 1979.

[9] GROSS, F.B. *Frontiers in antennas: Next generation design & engineering*. New York: McGraw-Hill, 2011.

[10] Shafieha, J. H.; J. Noorinia, J.; Ghobadi, C. Probing the feed line parameters in Vivaldi notch antennas. *Progress in Electromagnetics Research B*, v. 1, p. 237-252, 2008.

[11] GUPTA, K. C.; GARG, R.; BAHL, I. J. *Microstrip lines and slotlines*. Dedhan: Artech House, 1979

Andrei Ferreira Garcia nasceu em 12 de Julho de 1987 em Pouso Alegre – MG. Fez o curso técnico de música por nove anos e já participou de dois programas de iniciação científica durante sua graduação. Atuou por dois anos e meio como voluntário no programa CasaViva nas atividades de música, informática e empreendedorismo. Atualmente está cursando o nono período do curso de Engenharia de Telecomunicações do Instituto Nacional de Telecomunicações, (INATEL).

Bruna Belonato Nascimento nasceu em 18 de dezembro de 1991 em Barra Mansa – RJ. Durante sua graduação, participou de monitoria voluntária no programa CasaViva e atuou como gerente de qualidade da Empresa Júnior do Inatel (CP2eJR). Atualmente, está no oitavo período do curso de Engenharia Elétrica com ênfase em Telecomunicações do Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL).

José Antônio Justino Ribeiro nasceu em 02 de agosto de 1946 em Mimoso do Sul – ES e graduou-se em Engenharia de Telecomunicações e Engenharia Elétrica pelo Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL). Fez a pós-graduação em Engenharia Eletrônica no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) onde obteve os graus de mestre em engenharia eletrônica e doutor em ciência. Possui quatro livros publicados na área de engenharia de telecomunicações e é professor titular do Instituto Nacional de Telecomunicações, da Universidade Federal de Itajubá e da Escola Técnica de Eletrônica Francisco Moreira da Costa.

Artigo retirado a pedido dos autores

Artigo retirado a pedido dos autores

Artigo retirado a pedido dos autores

Artigo retirado a pedido dos autores

Artigo retirado a pedido dos autores

Contribuição à Análise do Desempenho do Sensoriamento Espectral Cooperativo de Técnicas de Fusão de Dados

Diego Sousa de Miranda

Rausley Adriano Amaral de Souza

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
diegom@gee.inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
rausley@inatel.br

Resumo—Em uma rede de rádios cognitivos operando na forma cooperativa, as informações coletadas e/ou processadas por cada elemento cooperante são transmitidas, via canal de controle, para o centro de fusão. Dentre as técnicas de fusão utilizadas destacam-se: fusão de amostras, fusão de autovalores e fusão de decisões. Neste artigo é apresentado o estudo destas técnicas de fusão pautado na análise de desempenho de cada técnica individualmente, bem como a comparação entre as mesmas. O desempenho de uma técnica de fusão pode ser determinado analisando a curva característica de operação do receptor (ROC, *receiver operating characteristic*), obtidas por meio de simulação e comparadas com resultados já existentes na literatura, quando aplicável. A plataforma de simulação desenvolvida foi subdividida em três modos de acordo com a técnica de fusão desejada e pode ser configurada para quaisquer das regras de decisão baseadas em autovalores que são avaliadas neste artigo.

Palavras chave—Plataforma de Simulação, Rádio Cognitivo, Sensoriamento Espectral e Técnicas de Fusão.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, a política de alocação de espectro eletromagnético para sistemas de comunicação sem fio segue a chamada política de alocação fixa. Nesta política, aqueles que pagam por uma determinada porção do espectro podem obter a licença para usá-la exclusivamente, porém, na maior parte do tempo, estes usuários não estão utilizando sua porção espectral em toda a área de cobertura. Esta política de alocação fixa juntamente com o grande crescimento de sistemas e serviços de comunicações sem fio levou à escassez do espectro e a subutilização do mesmo.

De acordo com a Comissão de Comunicação Federal (FCC, *Federal Communications Commission*), entidade norte-americana responsável pela coordenação do uso dos recursos espectrais existentes e regulamentação de rádio emisoras, novas políticas de alocação de espectro são necessárias para suprir a demanda crescente por espectro. Em um estudo realizado pela Comissão [1], há evidências que indicam que a escassez de espectro é um problema de acesso.

Com o advento do rádio cognitivo (RC) [2], técnicas de acesso dinâmico ao espectro entraram em ação, explorando as porções subutilizadas do espectro no tempo e no espaço, sem causar nenhum dano ao sistema que possui a licença. Neste contexto, a rede de rádio cognitivo é chamada de rede secundária, enquanto que a rede licenciada para a utilização do

espectro é chamado de rede primária.

Existe uma enorme variedade de tarefas que um RC pode executar [3], tais como: sensoriar e analisar uma porção do espectro, selecionar as melhores bandas de frequência disponíveis, coordenar o acesso ao espectro com outros usuários e deixar o espectro livre em caso do aparecimento de um usuário primário. Uma das tarefas mais importantes de um RC é o sensoriamento espectral, processo no qual o RC busca detectar buracos espectrais (do inglês, *spectralholes*) - porção do espectro não utilizada por um usuário primário - em faixas de frequência licenciadas da rede primária, para uso oportunista pela rede secundária. Caso a lacuna espectral seja detectada, o RC acessa o meio de forma dinâmica evitando interferências ao usuário primário licenciado.

Embora o sensoriamento espectral possa ser realizado por cada receptor secundário de uma forma não cooperativa, técnicas de sensoriamento espectral cooperativas têm sido consideradas uma excelente solução para os problemas encontrados nas redes que operam em uma situação de detecção não cooperativa [3]. Estes problemas, tais como receptor escondido (do inglês, *hidden terminal*), sombreamento (do inglês, *shadowing*) e desvanecimento por múltiplos percursos (do inglês, *multipath fading*) [4], provocam uma brusca queda da relação sinal ruído (do inglês, *signal-to-noise ratio*) no receptor, tornando a princípio, impossível uma detecção confiável.

Obtendo vantagens de canais com desvanecimento independentes e diversidade por multiusuário, o sensoriamento espectral cooperativo aumenta a probabilidade de detecção de um usuário da rede primária e, adicionalmente, protege-o de interferências [5].

Diferentes métodos são propostos para a detecção do usuário primário [6], dentre eles estão: detecção de energia, filtro casado, detecção cicloestacionária e detecção baseada em autovalores [7] [8], que nos últimos anos tem recebido bastante atenção. A detecção baseada em autovalores [4], utiliza os autovalores da matriz de covariância, que por sua vez, é gerada a partir da matriz de amostras coletadas do sinal recebido. Este processo pode ser realizado tanto pelo RC como pelo centro de fusão (CF). Seja qual for o local de processamento, é preciso decidir, antecipadamente, qual será a forma de combinação dos dados.

O objetivo deste trabalho é comparar o desempenho do sensoriamento espectral dos diferentes tipos de combinação de

dados em canais AWGN (*additive White Gaussian noise*) e, adicionalmente, analisar individualmente cada técnica de fusão. Para a fusão de amostras será realizado o estudo das técnicas de detecção baseadas em autovalores. Em fusão de autovalores, a influência do número de autovalores enviados ao CF por cada RC será avaliada mediante desempenho do sensoriamento espectral. Em fusão de decisões será analisado o desempenho das regras de combinação aritmética de decisões.

O trabalho realizado apresenta a seguinte estrutura: a Seção II inicialmente apresenta o modelo matemático do sistema na sua forma convencional. Em seguida, são definidos alguns conceitos para a análise do desempenho do sensoriamento espectral, tais como: probabilidade de detecção, probabilidade de falso alarme e curva ROC. A Seção III aborda os principais conceitos relacionados às técnicas de fusão de dados. Na combinação de autovalores, é analisado o desempenho do sensoriamento espectral sobre a influência do número de autovalores enviados por cada RC ao CF. Em combinação de decisão, expõem-se as regras de decisão, comparando-as e avaliando o desempenho de cada uma delas. A Seção IV apresenta a descrição de como a plataforma de simulação foi desenvolvida, seus modos de operação e parâmetros de configuração. Na Seção V é realizada a comparação das técnicas de fusão de dados analisadas, e por fim, a Seção VI traz as conclusões finais do presente trabalho.

II. MODELO DO SISTEMA UTILIZADO

A seguir é descrito como a matriz de amostras é formada e, a partir dela, como um usuário primário pode ser detectado em uma faixa de espectro analisada.

As técnicas baseadas em autovalores são técnicas cooperativas, nas quais m sensores (RC) coletam n amostras de sinal. Considere que as amostras de sinal coletadas de p transmissores primários são arranjadas em uma matriz $\mathbf{Y} \in$

$\mathbb{C}^{m \times n}$, normalmente complexa. Similarmente, considere que as

amostras do sinal transmitido de p transmissores primários são

arranjadas em uma matriz $\mathbf{X} \in \mathbb{C}^{p \times n}$. Admita que $\mathbf{H} \in \mathbb{C}^{m \times p}$ seja

a matriz do canal, onde os elementos $\{h_{ij}\}$, $i = 1, 2, \dots, m$ e $j = 1, 2, \dots, p$, representam os ganhos do canal entre o j -ésimo

transmissor primário e o i -ésimo RC. E por fim, seja $\mathbf{V} \in \mathbb{C}^{m \times n}$

a matriz contendo amostras de ruído térmico (AWGN) que irá corromper o sinal recebido. A matriz de amostras coletadas será

$$\mathbf{Y} = \mathbf{H}\mathbf{X} + \mathbf{V}. \quad (1)$$

No sensoriamento baseado em autovalores, as lacunas

espectrais são detectadas através de um teste estatístico que utiliza os autovalores da matriz de covariância de \mathbf{Y} , que pode ser estimada por meio de

$$\mathbf{R} @ \frac{1}{n} \mathbf{Y} \mathbf{Y}^\dagger \quad (2)$$

em que $(\cdot)^\dagger$ representa o operador complexo conjugado e transposto. Os autovalores de \mathbf{R} $\{\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_m\}$ são em seguida calculados e, admitindo um único transmissor primário ($p = 1$), a variável estatística de decisão T pode ser calculada para cada uma das técnicas de decisão analisadas: o teste de verossimilhança generalizado (GLRT, *generalized likelihood ratio test*), a detecção por máximo-mínimo autovalor (MMED, *maximum minimum eigenvalue detection*), também conhecida como detecção por razão de autovalores (ERD, *eigenvalue ratio detection*), e a detecção por máximo autovalor (MED, *maximum eigenvalue detection*), também conhecida como teste de Roy de máxima raiz (RLRT, *Roy's largest root test*). Então, as variáveis de decisão podem ser calculadas por meio dos autovalores de \mathbf{R} [5] por

$$T_{\text{GLRT}} = \frac{l_1}{\frac{1}{m} \text{tr}(\mathbf{R})} = \frac{\lambda_1}{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \lambda_i}, \quad (3)$$

$$T_{\text{MMED}} = \frac{\lambda_1}{\lambda_m}, \quad (4)$$

$$T_{\text{MED}} = \frac{\lambda_1}{\sigma^2}, \quad (5)$$

$$T_{\text{ED}} = \frac{\|\mathbf{Y}\|_F^2}{mn\sigma^2} = \frac{1}{m\sigma^2} \sum_{i=1}^m \lambda_i, \quad (6)$$

nas quais, λ_i representa o i -ésimo autovalor de \mathbf{R} para $i = 1, 2, \dots, m$, sendo seus valores máximo e mínimo em $i = 1$ e $i = m$, respectivamente. O termo $\text{tr}(\cdot)$ representa o operador traço da matriz, $\|\cdot\|_F$ é o operador de Frobenius e σ^2 a potência do ruído térmico na entrada de cada RC. Caso a variável de decisão T seja maior que um limiar de referência γ , decide-se pela ocupação do canal sensoriado, caso contrário o canal sensoriado é considerado livre.

Para avaliar o desempenho do sensoriamento espectral utilizam-se dois parâmetros estatísticos muito importantes, chamados de probabilidade de detecção (P_D), representando a probabilidade de se detectar a transmissão de um usuário primário e de fato haver um usuário licenciado transmitindo na porção espectral em análise, e probabilidade de falso alarme (P_{FA}), que representa a probabilidade de se detectar transmissão de um usuário primário, sendo que não haja nenhuma transmissão ocorrendo na faixa de espectro analisada.

O desempenho do sensoriamento é então avaliado através da curva ROC, que é um gráfico bidimensional no qual é apresentada a probabilidade de detecção no eixo das coordenadas versus a probabilidade de falso alarme no eixo das abscissas, quando se varia o limiar de decisão.

Claramente, em um sistema de sensoriamento espectral desejam-se os maiores valores possíveis para a probabilidade de detecção e os menores valores para a probabilidade de falso alarme.

III. FUSÃO DE DADOS

No sensoriamento cooperativo, a fusão de dados é o processo de combinação no CF dos dados sensorizados. O resultado do sensoriamento espectral pode ser enviado de diferentes formas, tamanhos e tipos através do canal de controle. Em geral, os dados obtidos a partir do sensoriamento podem ser transmitidos de três maneiras diferentes em ordem decrescente de demanda de largura de banda do canal de controle: fusão de amostras, fusão de autovalores e fusão de decisões. Obviamente, quanto mais informações sobre o sinal do transmissor primário forem transmitidas ao centro de fusão, maior será a capacidade de detecção do sistema, a custo da largura de banda requerida pelo canal de controle. Os três tipos de fusão de dados analisados neste artigo são detalhados a seguir dando ênfase na avaliação das técnicas de decisão utilizadas.

A. Fusão de amostras

Nos casos em que o canal de controle não possua limite de largura de faixa, a transmissão de amostras ao CF é a melhor opção, dentre as técnicas de fusão analisadas, para melhorar o desempenho do sensoriamento espectral.

Neste esquema de fusão, as amostras coletadas por cada RC são enviadas para o CF, onde são agrupadas em uma matriz \mathbf{Y} . Em seguida, o CF calcula a matriz de covariância \mathbf{R} , determina seus autovalores e gera a variável estatística de teste T de acordo com a técnica de decisão adotada.

Na Figura 1 são apresentadas curvas ROC de desempenho do sensoriamento espectral para cada uma das técnicas de decisão baseadas em autovalores utilizando as equações (3)–(6). No modo fusão de amostras, os parâmetros de configuração da plataforma foram: número de rádios cognitivos cooperantes ($m = 6$), quantidade de amostras coletadas por cada RC ($n = 50$), quantidade de transmissores primários na faixa de espectro sensoriada ($p = 1$), relação sinal-ruído (SNR = -10 dB), número de eventos de Monte Carlo da simulação ($N_e = 2.000$).

Verifica-se pelas curvas ROC que, de acordo com [6], a técnica que proporciona o melhor desempenho é a técnica MED. Entretanto, conforme (5), esta técnica necessita do conhecimento prévio da variância do ruído para o cálculo de sua variável estatística de teste T , sendo considerada a técnica ótima em cenários em que se dispõe desta informação. Em cenários nos quais é possível medir a potência do ruído, a técnica ED obteve o segundo melhor desempenho, sendo considerada uma técnica subótima para estes casos. Sabe-se que nem sempre é possível obter uma medida precisa da potência do ruído, nestas situações devem ser utilizadas técnicas que não necessitem desse conhecimento para funcionamento, que é o caso das técnicas GLRT e MMED. A técnica ótima, neste contexto, fica sendo a técnica GLRT que obteve o terceiro melhor desempenho das quatro técnicas analisadas. A outra técnica alternativa, que também não necessita de nenhum conhecimento do ruído, é a técnica MMED, porém, esta técnica é a que apresenta o pior desempenho dentre as técnicas analisadas.

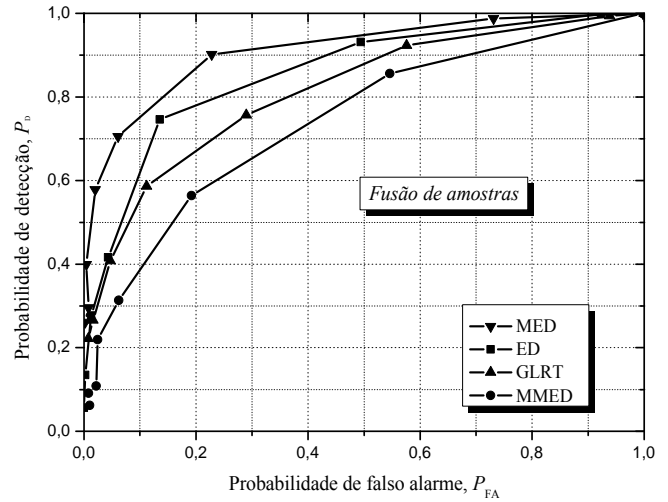


Fig. 1. Curvas ROC para comparação entre técnicas de decisão baseadas em autovalores no modo fusão de amostras.

B. Fusão de Autovalores

No modelo de fusão de autovalores [9], cada RC é responsável por calcular sua própria matriz de covariância a partir da matriz de amostras, estimando seus autovalores e transmitindo-os para o centro de fusão.

Nota-se que a diferença entre a fusão de amostras e a fusão de autovalores está no elemento responsável pelo cálculo dos autovalores. Diferentemente da fusão de autovalores, na fusão de amostras, os autovalores são computados no centro de fusão, a partir de uma única matriz de covariância, gerada por amostras coletadas por todos os RCs.

Novamente, considere n o número de amostras do sinal recebido por cada RC e J o número desejado de autovalores que cada RC irá transmitir, que é a ordem da matriz de covariância a ser computada. Admitindo que n/J é um número inteiro, a matriz \mathbf{Y} tomada pelo i -ésimo RC, na qual as amostras coletadas podem ser rearranjadas em uma matriz \mathbf{A} com J linhas e n/J colunas, será formada por

$$\mathbf{A}^{(i)} = \begin{bmatrix} Y^{(i)}(1) & \cdots & Y^{(i)}(n/J) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Y^{(i)}(n+1-n/J) & \cdots & Y^{(i)}(n) \end{bmatrix} \quad (7)$$

em que $Y^{(i)}(x)$ representa a amostra da x -ésima posição da matriz \mathbf{Y} coletada pelo i -ésimo RC. Neste caso, a matriz de covariância computada por cada RC será

$$\mathbf{R}^{(i)} @ \frac{J}{n} \mathbf{A}^{(i)} \mathbf{A}^{(i)\dagger}. \quad (8)$$

Os autovalores da matriz de covariância são calculados e enviados via canal de controle ao CF. A próxima etapa do teste é determinar a variável estatística de decisão T de acordo com a técnica de detecção. Para uma quantidade m de RCs cooperantes, a quantidade de autovalores enviados ao RC será $m \times J$. Modificando (3)–(6), foram propostas novas fórmulas para o cálculo das estatísticas de teste para o sensoriamento espectral em canal com desvanecimento lento e sinal de transmissor primário com distribuição gaussiana dadas por [10]:

$$T_{GLRT} = \frac{\frac{1}{m} \hat{\sigma}^2 \lambda_{1,i}}{\frac{1}{Jm} \hat{\sigma}^2 \lambda_{J,i}}, \quad (9)$$

$$T_{MMED} = \frac{\frac{1}{m} \hat{\sigma}^2 \lambda_{1,i}}{\frac{1}{m} \hat{\sigma}^2 \lambda_{J,i}}, \quad (10)$$

$$T_{MED} = \frac{1}{m\sigma^2} \hat{\sigma}^2 \lambda_{1,i}, \quad (11)$$

$$T_{ED} = \frac{1}{Jm\sigma^2} \hat{\sigma}^2 \lambda_{J,i}, \quad (12)$$

nas quais, $\{\lambda_{1,i} \geq \lambda_{2,i} \geq \lambda_{J,i}\}$ são os J autovalores associados a cada RC. Para a técnica GLRT modificada, os autovalores foram combinados através da média aritmética dos máximos autovalores dividida pela média aritmética de todos os autovalores recebidos pelo CF. Para a técnica MMED, a estatística de teste é determinada através da média aritmética dos máximos autovalores dividida pela média aritmética dos mínimos autovalores de cada RC. Uma grande vantagem desta técnica de decisão é a economia de banda do canal de controle. Enviando somente o máximo e mínimo autovalor, cada RC terá que, após computá-los, simplesmente fazer uma conversão binária. A estatística de teste da técnica MED modificada é calculada dividindo a média dos máximos autovalores pela potência do ruído. Finalmente, a estatística de teste da técnica ED é calculada a partir da média de todos os autovalores dividida pela potência do ruído.

Após estas modificações na estatística de teste de decisão T uma nova comparação entre as técnicas de decisão foi realizada. Utilizando a plataforma no modo fusão de autovalores foram atribuídos os seguintes valores aos parâmetros de configuração: $m = 6$, $n = 300$, $p = 1$, $\text{SNR} = -10$ dB, $N_e = 5.000$ e $J = 6$. Neste caso, a ordem da matriz de amostras de cada RC será 6×50 , resultando em 6 autovalores computados a partir da matriz de covariância de ordem 6×6 .

A partir da análise da Figura 2, podemos ordenar as técnicas de decisão em uma escala decrescente de desempenho espectral, ficando definida na primeira posição a técnica ED, seguida pelas técnicas MED, GLRT e MMED apresentando o pior desempenho dentre as técnicas analisadas de acordo com [9].

O número de autovalores enviados por cada RC ao centro de fusão é um valor obtido empiricamente, ou seja, não existe regra para determiná-lo. Com isso, fez-se necessário avaliar o desempenho do sensoriamento espectral diante da variação do parâmetro J , que representa a quantidade de autovalores computados por cada RC. Os resultados obtidos são apresentados a seguir, sendo os parâmetros da plataforma de simulação configurados com os seguintes valores: $n = 60$, $m = 6$, $p = 1$, $\text{SNR} = -10$ dB, $J = \{2, 4, 12 \text{ e } 30\}$ e $N_e = 2.000$. A Figura 3 apresenta as curvas ROC resultantes deste experimento. Analisando-a para valores de P_{FA} acima de 0,26,

observa-se que os números de autovalores que proporcionaram o melhor e o pior desempenho para a técnica de decisão MED são $J = 2$ e $J = 12$, respectivamente, ficando $J = 30$ com o segundo melhor desempenho e em seguida $J = 4$. Para valores de P_{FA} abaixo de 0,26 as curvas ROC com valores de $J = 2$ e $J = 30$ apresentam os melhores desempenhos e aproximadamente equivalentes. Estas, são seguidas pelas curvas geradas com $J = 4$ e $J = 12$ autovalores em uma escala decrescente de desempenho.

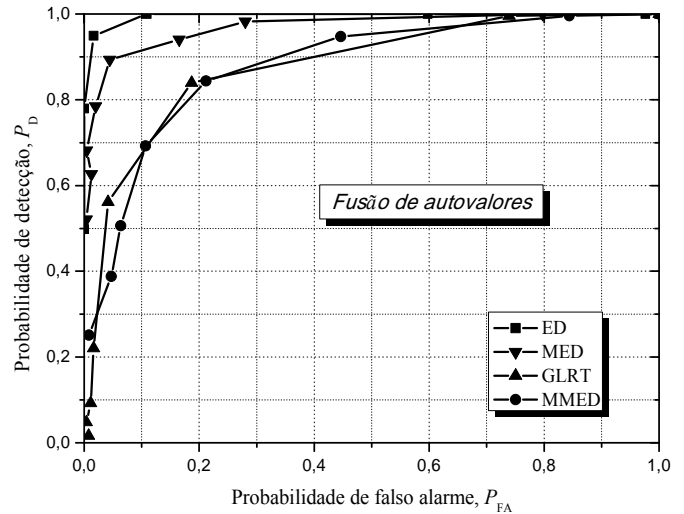


Fig.2. Curvas ROC para comparação entre técnicas de decisão baseadas em autovalores no modo fusão de autovalores.

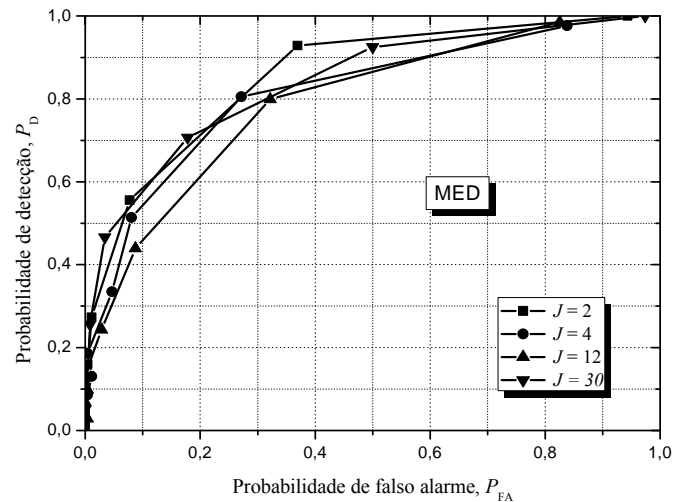


Fig.3. Curvas ROC para técnica de fusão de autovalores, técnica de decisão MED e variação do parâmetro J .

Na Figura 4, nota-se que para a técnica ED a variação do número de autovalores enviados ao CF não proporciona notória diferença no desempenho do sensoriamento espectral, obtendo um pequeno destaque das demais a curva para $J = 2$.

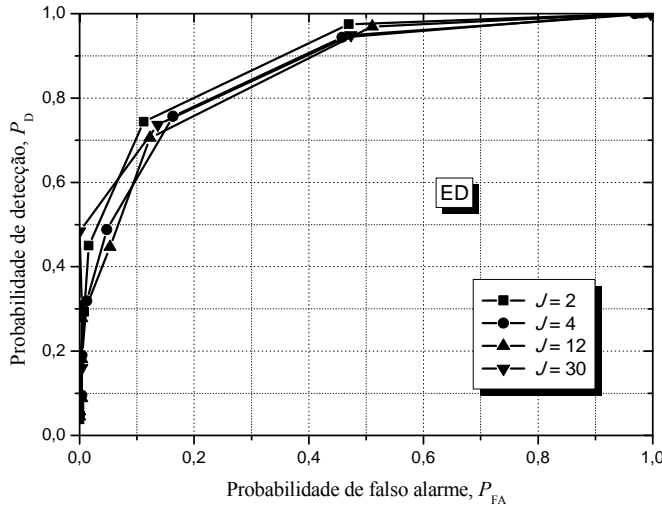


Fig. 4. Curvas ROC para técnica de fusão de autovalores, técnica de decisão ED e variação do parâmetro J .

De acordo com a Figura 5, para a técnica de decisão GLRT, os melhores desempenhos foram obtidos para $J = 2$ e $J = 30$ assumindo valores de P_{FA} abaixo de 0,62. Acima deste valor, a variação dos valores de J não proporciona alteração significativa no desempenho do sensoriamento espectral.

Na Figura 6, observa-se que a técnica MMED apresenta melhor desempenho para os valores de $J = 2$, seguido por $J = 4$, $J = 30$ e por último $J = 12$.

A partir das simulações realizadas e dos resultados apresentados nesta subseção conclui-se que não é possível estabelecer uma relação lógica entre o desempenho do sensoriamento espectral e a quantidade de autovalores transmitidos por cada RC, ou seja, o desempenho do sensoriamento espectral não se torna melhor ou pior em função do aumento ou diminuição da quantidade de autovalores enviados ao CF.

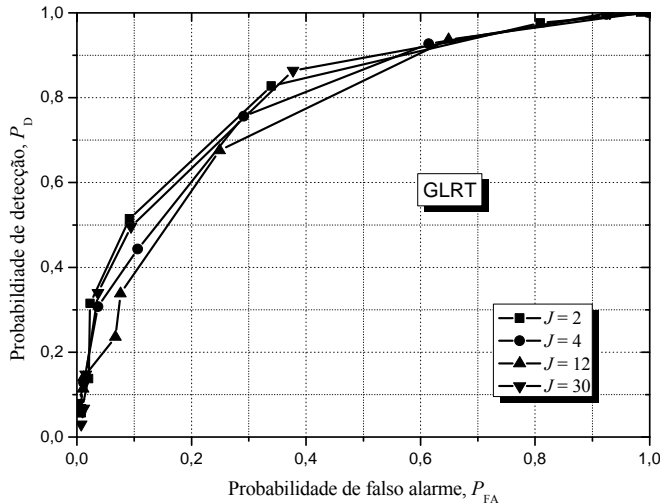


Fig. 5. Curvas ROC para técnica de fusão de autovalores, técnica de decisão GLRT e variação do parâmetro J .

Diante disso, se faz necessária uma análise mais criteriosa sob a influência do valor da variável J no desempenho do sensoriamento espectral. Novos conjuntos de parâmetros podem ser alterados e novos estudos realizados, como por

exemplo, avaliar o que ocorre com o aumento do número de rádios cooperantes m para cada valor de J .

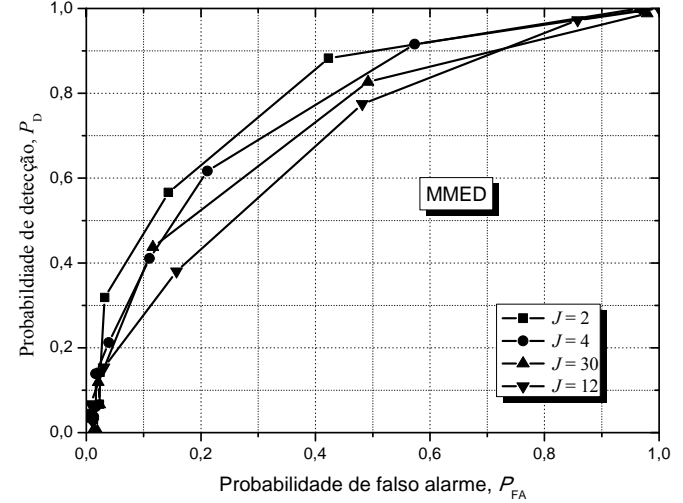


Fig. 6. Curvas ROC para técnica de fusão de autovalores, técnica de decisão MMED e variação do parâmetro J .

C. Fusão de decisões

Neste tipo de fusão, as funções de cada RC são coletar n amostras, computar o(os) autovalor(es) a partir da matriz de covariância, determinar a variável estatística de teste T e compará-la com o limiar de decisão γ para decidir sobre a ocupação do espectro analisado. Estas decisões individuais de cada RC são transmitidas para o CF por meio do canal de controle.

Quando o centro de fusão recebe as decisões locais é conveniente a aplicação de regras de fusão lineares para obter a decisão cooperativa. As regras de fusão de decisões mais comumente utilizadas são: E (AND), OU (OR) e Voto Majoritário (*majority voting*) [11] [12], as quais são classificadas sob o termo genérico z -em- M (z -out-of- M). Se o valor de z for igual a um, obtemos a regra OU, caso z assuma o valor igual a M , tem-se a regra E. Se $z \geq M/2$ a regra se torna voto majoritário.

Chega-se à decisão final acerca do estado de ocupação de uma determinada banda da seguinte maneira: seja u_i a decisão realizada pelo i -ésimo RC sobre uma dada banda e u a decisão final tomada pelo CF para aquela banda, com $u_i, u \in \{0,1\}$, onde "0" indica a ausência e "1" a presença de um sinal primário na banda sob análise. Para a regra E, o CF determina $u = 1$ se $u_i = 1$ para $i = 1, 2, \dots, m$. Para a regra OU, $u = 1$ se $u_i = 1$ para qualquer valor de i . Para regra de voto majoritário, o CF declara $u = 1$ se $\sum u_i > m/2$, e $u = 0$ se $\sum u_i < m/2$. Uma decisão arbitrária é feita quando $\sum u_i = m/2$.

Admitindo descorrelacionadas as decisões, a probabilidade de detecção no centro de fusão é dada por [13]:

$$P_D = \sum_{k=n}^m \binom{m}{k} P_{D,i}^k (1 - P_{D,i})^{m-k}, \quad (13)$$

em que $P_{D,i}$ é a probabilidade de detecção para cada RC individual, m a quantidade de RC, e n a quantidade de decisões "1" necessárias para que o CF assuma a hipótese de espectro ocupado.

C.1 Combinação OU

O desempenho da detecção cooperativa com esta regra de fusão pode ser validado assumindo $n = 1$ em (13), resultando

em

$$P_{D,OU} = 1 - (1 - P_{D,i})^m. \quad (14)$$

Este resultado é apresentado na Figura 7 em forma gráfica para diferentes valores de $m \in \{2, 5, 10 \text{ e } 20\}$. As curvas traçadas apresentam a probabilidade de detecção no CF em função da probabilidade de detecção no RC. Conforme o valor de m aumenta, ocorre também o aumento no desempenho do sensoriamento espectral, uma vez que, o universo de decisões é ampliado quando se aumenta m e basta que apenas um RC reporte um bit “1” para que o CF decida pela ocupação do canal sensoriado.

As curvas foram obtidas utilizando a plataforma de simulação desenvolvida. Observa-se que os resultados apresentados via simulação estão de acordo com os resultados teóricos, demonstrados por (13). Com isso, é evidenciada a validade da plataforma de simulação.

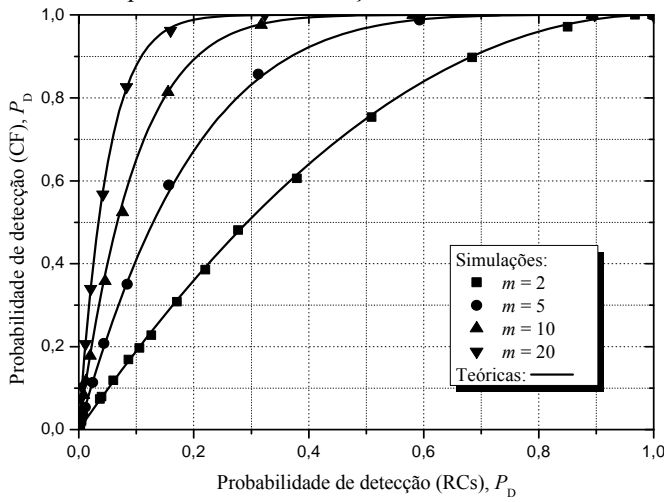


Fig. 7. Curvas P_D no CF em função de P_D do conjunto de RCs utilizando a regra de decisão OU.

C.2. Combinação Majoritária

O desempenho da detecção cooperativa para esta regra de fusão pode ser definido admitindo $n = \lfloor m/2 \rfloor$ em (13).

$$P_{D,MAJ} = \sum_{k=\lfloor m/2 \rfloor}^m \binom{m}{k} P_{D,i}^k (1 - P_{D,i})^{m-k}, \quad (15)$$

em que $\lfloor x \rfloor$ indica o maior inteiro que não exceda o valor de x .

As curvas ROC da Figura 8 geradas sob as mesmas condições da figura anterior, porém, utilizando a técnica de decisão voto majoritário para a fusão de decisões, demonstra que o desempenho do sensoriamento espectral tende a diminuir com o aumento no valor de m para uma probabilidade de detecção nos RCs maior que 0,7. Abaixo deste valor, os desempenhos de cada valor de m se alternam.

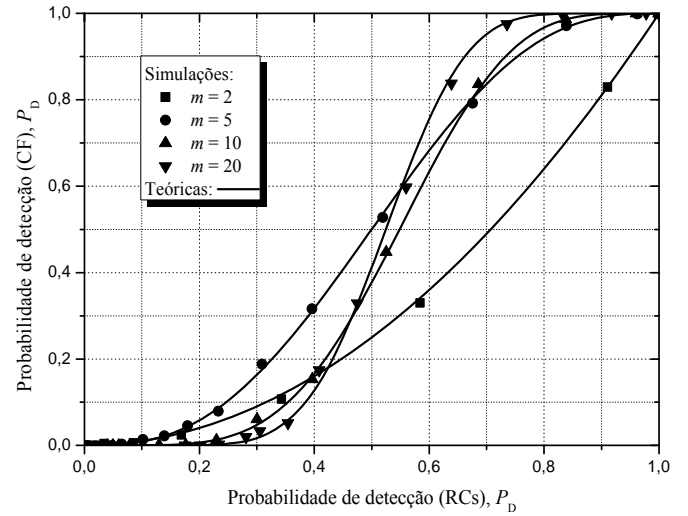


Fig. 8. Curvas P_D no CF em função de P_D do conjunto de RCs utilizando a regra de decisão voto majoritário.

C.3. Combinação E

A decisão do CF é calculada pela lógica E das decisões individuais de cada RC. O desempenho da detecção cooperativa com esta regra de fusão pode ser definido assumindo $n = m$ na equação (13), resultando em

$$P_{D,E} = P_{D,i}^m. \quad (16)$$

Para a regra de fusão de decisão E variando-se os valores de m sob mesmas condições das regras de fusão analisadas anteriormente, observa-se que com o aumento do número de RCs cooperativos o desempenho do sensoriamento espectral diminui. Isto ocorre devido à dificuldade de convergência para a decisão comum de espectro ocupado por parte de todos RCs.

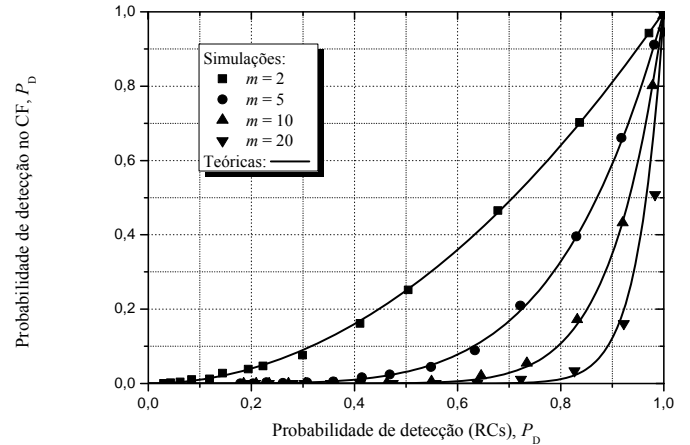


Figura 9. Curvas P_D no CF em função de P_D do conjunto de RCs utilizando a regra de decisão E.

IV. PLATAFORMA DE SIMULAÇÃO

A plataforma de simulação na Figura 10 desenvolvida utilizando a interface gráfica GUIDE do software Matlab® [14] foi utilizada neste trabalho em todas as simulações para a avaliação das técnicas de fusão de dados. Para tanto, foram adicionadas à plataforma as funcionalidades de simulação da fusão de autovalores e fusão de decisões operando no modelo convencional.

No modo de fusão de autovalores a plataforma permite que

o usuário configure o número de autovalores J enviados ao CF.

Para o modo de fusão de decisões o usuário pode escolher qual a regra de decisão o CF adotará para tomar a decisão final sobre a ocupação do canal sensoriado.

Qualquer que seja a técnica de fusão adotada é possível avaliar o desempenho do sensoriamento espectral das quatro

técnicas de sensoriamento baseadas em autovalores (ED, MMED, MED e GLRT). O significado e o correto modo de configuração de cada um dos parâmetros encontrados na plataforma da Figura 10 estão detalhados em [6].

O Apêndice I descreve, apenas como exemplo, parte do código desenvolvido em Matlab com o objetivo de gerar as curvas ROC no modo fusão de decisões.

Fig. 10. Plataforma de simulação para a análise do sensoriamento espectral cooperativo baseado em autovalores.

V. COMPARAÇÃO ENTRE AS TÉCNICAS DE FUSÃO

Nesta seção é feito o estudo comparativo entre as técnicas de fusão de decisões. No esquema de fusão de amostras foi considerada uma rede com $m = 5$ rádios cooperantes, cada um coletando $n = 50$ amostras, formando uma matriz de amostras \mathbf{Y} de ordem 5×50 ($m \times n$). Para uma comparação justa, no esquema de fusão de autovalores, cada RC coleta $n = 250$ amostras reorganizando-as em uma matriz \mathbf{Y} de ordem 5×50 ($m \times n = J \times n/J$). A matriz \mathbf{Y} para o esquema de fusão decisão é formada da mesma maneira que no esquema de fusão de autovalores.

Utilizando a técnica de decisão ED e configurando os demais parâmetros da plataforma ($p = 1$, $\text{SNR} = -10$ dB e $N_c = 2.000$) de forma comum para todas as técnicas de fusão foram obtidas as curvas ROC apresentadas na Figura 11.

É possível notar que o esquema de fusão de amostras supera todos os outros métodos de combinação para todos os testes estatísticos considerados neste trabalho. Seguido de perto pela fusão de decisão utilizando a regra de combinação voto majoritário, excetuando o teste ED, e em seguida, a fusão de autovalores. A regra E apresentou o pior desempenho entre todas as regras de fusão e testes estatísticos em análise.

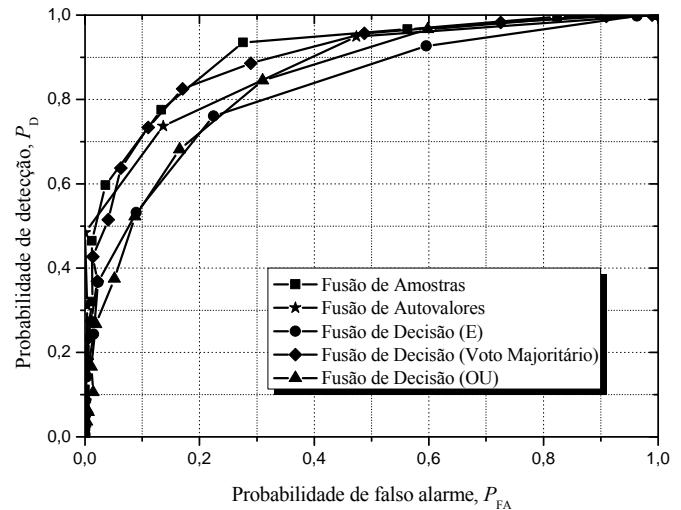


Fig. 11. Curvas ROC para fusão de amostras, fusão de autovalores e fusão de decisões utilizando a técnica ED como regra de detecção.

VI. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentada a análise de técnicas de fusão de dados utilizadas na combinação dos dados enviados pelos RCs cooperantes ao CF via canal de controle.

Para as análises de desempenho do sensoriamento espectral

foram realizadas simulações utilizando a plataforma desenvolvida. Através desta plataforma é possível analisar o desempenho de várias técnicas de sensoriamento espectral para as três estratégias de fusão de dados.

A estratégia de fusão de autovalores apresentou melhor desempenho que todos os esquemas de fusão, para todos as técnicas de fusão analisados no trabalho. Além disso, a demanda por banda no canal de controle é drasticamente reduzida com a utilização das técnicas de fusão de autovalores ou fusão de decisão.

Foi verificado que o número de autovalores enviados ao CF pode influenciar no desempenho do sensoriamento espectral para o esquema de fusão de autovalores. Pode-se ainda explorar estas análises para outros conjuntos de parâmetro.

Para cada estratégia de fusão de decisões foi avaliado o desempenho do sensoriamento espectral alterando-se o número de rádios cooperantes na rede e comparando os resultados simulados com teóricos.

Por último, foi realizado um comparativo entre os esquemas de fusão de dados, ficando evidente que a escolha de um esquema é regida por uma solução de compromisso entre a demanda por banda no canal de controle e a complexidade de processamento exigido nos RCs.

AGRADECIMENTO

Os trabalhos para a realização deste artigo foram parcialmente financiados com uma bolsa de iniciação científica concedida pelo CNPq.

APÊNDICE I

Ao selecionar o modelo de simulação convencional e modo de fusão de decisões na plataforma, o código a seguir fica responsável por calcular cada ponto de P_D e P_{FA} , para geração da curva ROC, e P_{DCF} e P_{DRC} para gerar as curvas de probabilidade de detecção no centro de fusão versus a probabilidade de detecção do conjunto de RCs.

Assim, para compor, por exemplo, uma curva ROC em uma simulação na qual o limiar de decisão γ varia distribuído em N pontos, esta função será chamada N vezes retornando os pontos que irão compor a curva.

Seus parâmetros de entrada (*f_type*, *m*, *n*, *p*, N_{events} , N_b , N_s , K , P_{in} , P_{cr} , *A*, *B*, *Beta*, *Op_IN_Tipe*, *Detection*, S_{tx} , *SNR*, *limiar*, *Vec_Simbol*) configurados pelo usuário na interface gráfica são utilizados para que a função execute o cenário exatamente como desejado.

A função gera para cada RC uma matriz de amostras, calcula seus autovalores e realiza o teste de decisão, conforme detalhado na Seção II.

```
function [Pd,Pfa,Pd_RC,Pfa_RC] =
calc_Pd_Pfa_conv_df(f_type,m,n,p,Nevents,
N
b,Ns,K,Pin,Pcr,A,B,Beta,Op_IN_Tipe,Detect
ion,Stx,SNR,limiar,Vec_Simbol)
%-----
%-----%
% Função para calcula Pd e Pfa
%-----
%-----%
Pd_RC = zeros(m);
Pfa_RC = zeros(m);
```

```
Pdetec = zeros(Nevents,m);
Pfalarme = zeros(Nevents,m);
cont_d = 0;
cont_fa = 0;

det = zeros(1,m);
n_det = zeros(1,m);
cont_total_tx = 0;
cont_total_ntx = 0;
H = zeros(1,p);
X = zeros(p,n);
V = zeros(1,n);
Y = zeros(1,n);
Aux_1 = zeros(n,1);
T_H0 = zeros(1,Nevents);
T_H1 = zeros(1,Nevents);

for ind = 1 : Nevents

    I_tx = randi([0 1]);
    [X] =
Gen_Tx_Signal_X(p,n,Stx,Vec_Simbol);

    for k = 1: m
        V = (sqrt(1/(2*10^(SNR/10)))).*
randn(1,n) + j *
(sqrt(1/(2*10^(SNR/10)))).* randn(1,n);
        [H] = Gen_Channel_H(1,p);

        Y = I_tx * H * X + V;
        g = ones(1,1);

        [T] = Gen_Var_T(Detection,1,n,Y,g,SNR);

        % if T > limiar e Tx count detection
        det(k) = det(k) + (abs(T) > limiar);
        % Se T > limiar e Not Tx count FA
        n_det(k) = n_det(k) + (abs(T) < limiar);

        Pdetec(ind,k) = Pdetec(ind,k) +
(abs(T)>limiar)*I_tx ;
        Pfalarme(ind,k) = Pfalarme(ind,k) +
(abs(T)>limiar)*not(I_tx) ;

    end % Loop final RCs

%% Verificação da quantidade de
decisões == detecção %%
%% -----
n_det=sum(det);

switch (f_type)
case 1
    %% Técnica OR
    %% -----
    %%
    if any( det(:) == 1 )
        dec = 1;
    else
```

```

                dec=0;
            end
            %%% -----
            -----%%%

            case 2
                %%% Técnica AND
                %%% -----
                if all(det(:) == 1)
                    dec=1;
                else
                    dec=0;
                end

                %%% -----
            case 3
                %%% Técnica Votos
Majoritários
                %%% -----
            -----%%%
                if ( n_det > (m/2) )
                    dec = 1;
                else
                    dec=0;
                end

                %%% -----
            end

            % if T > limiar e Tx count detection
            cont_d = cont_d + (dec)*I_tx;
            % Se T > limiar e Not Tx count FA
            cont_fa = cont_fa + (dec)* not(I_tx);

            % Number of times that trasmitted
data
            cont_total_tx = cont_total_tx + I_tx;
            % Number of times that doesnt trasmitted
data
            cont_total_ntx = cont_total_ntx +
            not(I_tx);

            det = zeros(1,m);
            n_det = zeros(1,m);
        end; % end of Nevents
        Pd = cont_d / cont_total_tx;
        Pfa = cont_fa / cont_total_ntx;

        for ( i=1 : m)
            Pd_RC(i) = sum(Pdetec(:,i)) /
            cont_total_tx;
            Pfa_RC(i) = sum(Pfalarme(:,i)) /
            cont_total_ntx;
        end

        Pd_RC = Pd_RC(:,1)';
        Pfa_RC = Pfa_RC(:,1)';
        PD = prod(Pd_RC);

```

REFERÊNCIAS

- [1] Report of the Spectrum Efficiency Working Group, "Spectrum policy task force report", Federal Communications Commission (FCC), Estados Unidos, Nov. 2002.
- [2] J. Mitola, G. Q. Maguire, "Cognitive radio: making software radios more personal". Personal Communications, IEEE. 1999;6(4):13-8.
- [3] K. B. Letaief, W. Zhang. "Cooperative Communications for Cognitive Radio Networks". Proceedings of the IEEE. 2009;97(5):878-93.
- [4] B. Wang and K. J. R. Liu, "Advances in Cognitive Radio Networks: A Survey", IEEE J. Sel. Signal Processing, Vol. 5, No. 1, February 2011
- [5] J. S. Neto, "Contribuições ao estudo sobre sensoriamento espectral baseado em autovalor para aplicações em sistemas de rádio cognitivo", Dissertação de mestrado, Inatel, Outubro de 2011.
- [6] A.A. dos Anjos, "Plataforma de Simulação para a Análise de Desempenho do Sensoriamento Espectral baseado em Autovalores para Rádios Cognitivos", Dissertação de mestrado, Inatel, Santa Rita do Sapucaí, MG, 2012.
- [7] B. Nadler, F. Penna, and R. Garello, "Performance of Eigenvalue-based Signal Detectors with Known and Unknown Noise Level", In: Proc. of the IEEE ICC, Kyoto, Japan, June 2011.
- [8] Y. Zeng, Y. C. Liang, "Eigenvalue-Based Spectrum Sensing Algorithms for Cognitive Radio", IEEE Trans. Commun., Vol. 57, No. 6, pp. 1784-1793, Jun. 2009.
- [9] C.R.N. Silva, D.A. Guimarães e R.A.A. de Souza. "Sensoriamento Espectral com Fusão de Autovalores para Sinais sob Desvanecimento Rápido", XXXI Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, SBrT'13, Fortaleza, CE, Setembro 2013.
- [10] C. R. N. Silva, "Sensoriamento Espectral Cooperativo com Fusão de Autovalores para Sinais OFDMA e Outros Sinais de Banda Larga", Dissertação de Mestrado, Inatel, Santa Rita do Sapucaí, MG, 2012.
- [11] AKYILDIZ, I.F., LO, B. F. and BALAKRISHNAN, R.; "Cooperative Spectrum Sensing in Cognitive Radio Networks: A Survey". Elsevier Physical Comm. 4, pp. 40-62, 2010
- [12] P. K. Varshney, and C.S. Burrus, "Distributed Detection and Data Fusion". 1st ed. Springer, 1997, 292 p.
- [13] S. Kyperountas, N. Correal and Q. Shi, "A Comparison of Fusion Rules for Cooperative Spectrum Sensing in Fading Channels". EMS Research, Motorola, Florida, USA.
- [14] E. Y. Matsumoto, *Matlab 6.5: fundamentos de programação*. São Paulo: Érica, 2004.

Estudo e Especificação de Protótipo de Controlador/Representante para Redes Definidas por Software

Frederico Martins Pedroso Júnior

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
fredericom@gec.inatel.br

Victor Hugo de Oliveira
Fernandes

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
victorh@gee.inatel.br

Antônio Marcos Alberti

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
alberti@inatel.br

Resumo — Redes definidas por software são uma abordagem promissora para lidar com a complexidade na nova geração de redes de telecomunicações. A ideia é “extrair simplicidade” do que aprendemos nas últimas décadas “gerenciando complexidade” nas infra-estruturas de rede já implementadas. Nesse trabalho, nós estudamos e analisamos vários conceitos e propostas para redes definidas por software, incluindo OpenFlow, RouteFlow e NovaGenesis. Nós também especificamos um serviço para interoperar a NovaGenesis com um controlador Phyton OpenFlow (POX). Esse serviço é chamado POX Agent (POXA) e objetiva representar o controlador POX dentro da arquitetura NovaGenesis. O POXA inova ao expor os recursos OpenFlow para a orquestração de serviços orientada à nomes da NovaGenesis, habilitando o estabelecimento de acordos de nível de serviço entre controladores OpenFlow e serviços NovaGenesis.

Palavras chave — Redes definidas por software, OpenFlow, NovaGenesis, RouteFlow, proxy, controlado por software.

I. INTRODUÇÃO

A Internet atual foi desenvolvida na década de 60.

Naquela época, além das tecnologias de computação e comunicações digitais estarem recém iniciando, a percepção tecnológica da sociedade era muito pequena em relação aos dias atuais. Com a acelerada evolução tecnológica e cada vez mais dispositivos conectados, a arquitetura de rede utilizada ficou ultrapassada, tornando inviável muitas possíveis aplicações que poderiam ser feitas em uma nova arquitetura projetada para atender os constantes avanços tecnológicos.

O objetivo deste artigo é registrar o estudo e a implementação de um protótipo de uma rede definida por software (SDN – *Software Defined Networking*), que é um projeto de iniciação científica financiado pelo CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. A principal motivação é a preocupação com a evolução na forma de se comunicar e interagir com a Internet e computação em nuvem.

Nesse cenário, o restante desse artigo é organizado da seguinte forma. A seção II apresenta conceitos básicos de redes definidas por software e cita trabalhos relacionados.

Na subseção A é feita uma abordagem geral da proposta OpenFlow (OF), descrevendo e especificando os elementos básicos de uma rede que segue esse protocolo. A subseção B mostra a arquitetura do projeto RouteFlow (RF) do CPqD (Centro de Pesquisas e Desenvolvimento) e o esboço de seus componentes. Já a subseção C relata a instalação e testes de um cenário utilizando OF e RF. Nessa subseção apresentamos o controlador POX (*Phyton OpenFlow Controller*), abrangendo a arquitetura de rede resultante de sua aplicação, bem como exemplos de aplicação. A seção III introduz e posteriormente faz uma breve discussão sobre a arquitetura NovaGenesis que está sendo desenvolvida no Inatel. Em seguida, na seção IV apresentamos o POXA (*POX Agent*), que é a principal contribuição desse trabalho, permitindo a integração da proposta NovaGenesis à redes controladas por OpenFlow. O POXA inova ao expor os recursos do controlador POX para a orquestração de serviços NovaGenesis, habilitando o estabelecimento de acordos de níveis de serviço entre ambas as abordagens de SDN. A seção V conclui o artigo.

II. REDES DEFINIDAS POR SOFTWARE

A arquitetura das redes definidas por *software* (ou SDN em inglês) surgiu para resolver problemas de comutadores (*switches*) e roteadores (*routers*) com arquitetura fechada e com *softwares* proprietários. Esta arquitetura permite separar o plano de controle do plano de dados. Com isso, possibilita que *switches* e *routers* troquem informações através de regras definidas por um administrador de rede. Trata-se de uma mudança de paradigma. Remove-se a implementação do plano de controle dos equipamentos de rede para *softwares* instalados em servidores computacionais.

Com o crescimento acelerado no número de dispositivos cada vez mais conectados, as redes atuais não conseguem atender as necessidades requeridas pelos usuários, empresas e operadoras. Além disso, a arquitetura básica das redes convencionais impossibilita a evolução tecnológica acelerada. A arquitetura de redes definidas por *software* é uma solução que é implementada hoje sobre o protocolo TCP/IP, mantendo a compatibilidade com os serviços de

redes atuais. Um exemplo de arquitetura definida por *software* com essa característica é o OpenFlow (OF). Já o projeto NovaGenesis (NG) é uma arquitetura revolucionária (em inglês *clean-slate*, que significa “folha em branco”) de Internet do futuro sendo desenvolvido no Inatel desde 2008. Ou seja, a NG redesenha a Internet sem a necessidade de ser compatível com a Internet atual e outras redes de telecomunicações já existentes. Entretanto, pode de várias maneiras interoperar com a Internet atual, permitindo a migração suave para uma arquitetura puramente NG. A NG usa conceitos de redes definidas por *software* como um dos princípios de *design* desde a sua concepção em 2011.

A. OpenFlow

A primeira implementação prática das redes definidas por *software* está sendo feita através do chamado protocolo OpenFlow [2]. Proposto pela Universidade de Stanford o OF foi desenvolvido inicialmente para atender a demanda de validação de novas propostas de arquiteturas e protocolos de rede, bem como permitir o controle centralizado de redes distribuídas. É uma tecnologia emergente com grande potencial de agregar valor nos comutadores e serviços de rede como conhecemos hoje. É feita uma abstração na rede entre os planos de controle e encaminhamento. Na rede com suporte OF, os comutadores são programáveis e simples. Toda a complexidade de controle é movida para controladores externos aos nós de encaminhamento. Ou seja, o protocolo OF possibilita mover a complexidade da rede para um elemento externo denominado controlador, que centraliza as tarefas de gerência da rede de forma a criar e modificar regras e ações nos *hardwares* de rede.

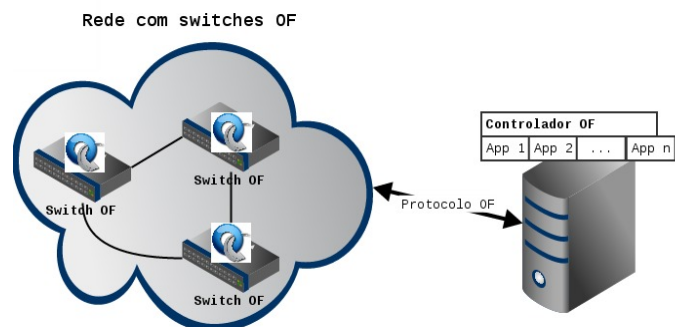


Fig 1. Elementos de uma rede OpenFlow.

A Figura 1 ilustra os elementos de uma rede OF, onde o controlador é o responsável pela comunicação com os equipamentos de rede que seguem o modelo OF, utilizando o protocolo OF sobre TCP/IP, protocolos esses chaves na Internet atual. Ele toma decisões de adicionar e remover entradas nas tabelas de fluxo dos equipamentos desejados de acordo com uma política de controle desejada. O controlador tem como objetivo abstrair a infraestrutura física existente e com isto facilitar a gerência de entradas nas tabelas de fluxo, através do desenvolvimento de aplicações e serviços de rede. Funciona como um sistema operacional para redes, uma plataforma base que possibilita o desenvolvimento em paralelo de aplicações com a reutilização de componentes do controlador. Assim, novas aplicações de rede podem ser desenvolvidas com maior facilidade.

Uma rede programável com OF é composta por equipamentos de rede que suportam a abstração de

encaminhamento OF, a qual, através de um canal seguro TCP/IP e com o uso do protocolo OF, torna possível alterar o estado das entradas nas tabelas de fluxo dos equipamentos de rede, de acordo com as decisões tomadas pelo controlador. O protocolo OF configura definições de fluxo nas tabelas, bem como as ações que podem ser realizadas para cada pacote pertencente a um determinado fluxo.

O canal seguro TCP/IP tem a função de prevenir a interferência de elementos não autorizados na comunicação entre o controlador e os comutadores OF. Um comutador OF pode também ser gerenciado por mais de um controlador por vez, sendo assim, cada controlador possui um canal seguro diferente. Este canal seguro geralmente faz uso de criptografia *Secure Sockets Layer* (SSL), ou pode ser executado diretamente sobre TCP. A configuração e gerência do comutador OF utiliza mensagens definidas pelo protocolo OF.

A Figura 2 mostra as entradas nas tabelas de fluxo de um elemento de rede OF. Elas são compostas por regras, ações e controles de geração de estatística.

Entrada da tabela de fluxo									
Regra		Ação				Estatística			
		1. Encaminhar pacote para porta(s) 2. Encapsular e enviar para o controlador 3. Drop 4. Enviar normalmente ...							
Switch port	MAC src	MAC dst	Eth type	VLAN ID	IP Src	IP Dst	IP Prot	TCP sport	TCP dport

Fig. 2. Exemplo de entrada da tabela de fluxo OF.

Regras são definidas com o uso de valores de um ou mais campos do cabeçalho dos pacotes, entre eles, porta de entrada (*Switch port*), endereço MAC de origem (*MAC src*), endereço MAC de destino (*MAC dst*), *Ether Type* [7] (*Eth type*), *VLAN ID*, IP de origem (*IP Src*), IP de destino (*IP Dst*), IP Prot, Porta TCP de origem (*TCP Sport*) e Porta TCP destino (*TCP Dport*). A cada regra é vinculado um conjunto de ações que definem a forma que cada pacote deve ser processado, podendo ser encaminhado, colocado na fila, descartado ou ter alguns campos da tabela de fluxo alterados.

Os controles de estatística mantêm as estatísticas de utilização e são usados para consultar fluxos inativos que devem ser removidos. Essas estatísticas podem ser referentes à contagem de pacotes trafegados na rede em um determinado fluxo e também monitorar os fluxos para a remoção de entradas inativas nas tabelas de fluxo.

B. RouteFlow

RouteFlow [3] é um projeto *OpenSource* iniciado em 2010 pelo CPqD como uma proposta para a evolução da Internet. Provê serviço de roteamento IP virtualizado e capacidade de programar os elementos de rede baseado no protocolo OF. O RF tem como principais componentes o *RouteFlow-Slave* (RF-S), *RouteFlow-Controller* (RF-C) e *RouteFlow-Protocol* (RF-P). Usa o conceito de rede centralizada, ou seja, neste caso o plano de controle é separado do plano de encaminhamento. O plano de controle é composto por protocolos de roteamento TCP/IP, e o plano de roteamento por máquinas virtuais (MVs) que emulam o ambiente físico no ambiente virtual. As decisões de

roteamento tomadas nas MVs são enviadas para o RF-C que as instala em elementos físicos de rede equivalentes.

Dentre os principais componentes da arquitetura apresentada, representados na *Figura 3*, no ambiente virtual o RF-S é executado em cada MV e se comunica diretamente com o RF-Server utilizando RF-P. Suas principais tarefas são registrar a MV como recurso da topologia virtual, gerenciamento das interfaces de rede do sistema, controle das atualizações das tabelas ARP (*Address Resolution Protocol*) e tabelas de roteamento, convertendo rotas em fluxos a serem instalados nos elementos de rede do sistema real.

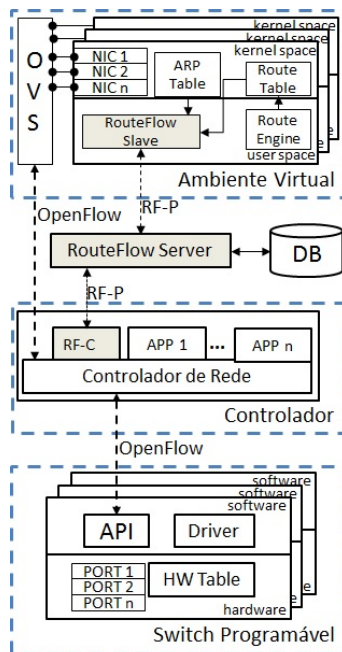


Fig. 3. Componentes do RouteFlow

O RF-C é o componente RF que possui conhecimento de todo o sistema, ele é uma aplicação do OF-C. Inicialmente, se registra para receber pacotes e informações de conexão e desconexão de elementos de rede. É o responsável pela conexão entre as MVs da topologia virtual com os elementos da topologia física, instalando e removendo tabelas de fluxo. A representação virtual pode ser a réplica idêntica de uma topologia real, podendo unir diversos nós físicos em uma única MV da topologia virtual ou utilizar várias MVs para representar um mesmo elemento físico.

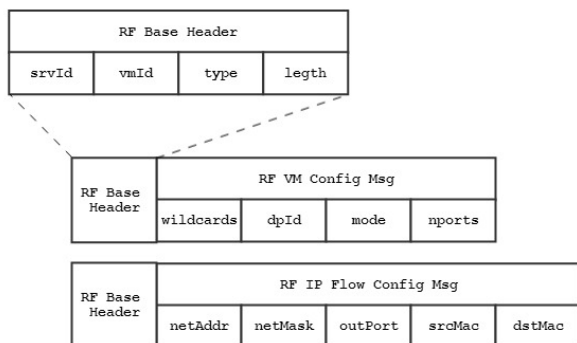


Fig. 4. Padrão de mensagem do RF-P

O RF-P é o protocolo utilizado na comunicação entre os componentes RF. Podemos observar na *Figura 4* [4] que

existem mensagens específicas para registrar e configurar as MVs RF, outro formato de mensagem executa mudanças nas tabelas ARP e de roteamento. Ou seja, faz a interface entre o RF-S e RF-C. Ambas mensagens possuem o *RF Base Header* [8], um cabeçalho, que carrega informações do grupo de rede, tipo e tamanho do *payload*.

C. Instalação, Configuração e Teste de um Cenário com OpenFlow e RouteFlow

Foi realizada a instalação das propostas OF, RF e de um controlador OF em um laboratório alocado para a iniciação científica no Inatel conforme ilustra a *Figura 5*. Sob essa instalação, um código *script* exemplo [4] do RF de criação de uma rede mínima, emulada, composta por dois *hosts* conectados a um *gateway*, *switch* OF, atuando como um roteador foi testada com sucesso.

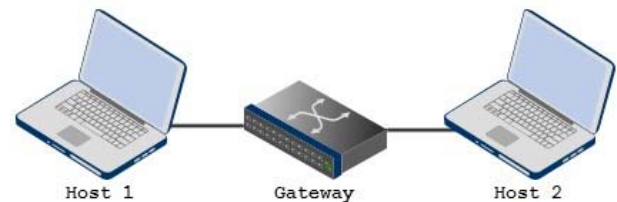


Fig. 5. Elementos do rftest1

Inicialmente, foi criado o ambiente virtual desse teste com o monitor de MV (*hypervisor*) LXC (*Linux Containers*). Após esse ser configurado, foi executado um *script* exemplo *rfest1* da proposta RF. Foi possível, via terminal, acessar os usuários tanto dos *Hosts* como do *Gateway* OF representados por MVs LXC. Ao realizar alterações nas tabelas das MVs RF representantes do *Gateway* OF, é possível obter as mudanças programadas no funcionamento dos elementos LXC da rede criada.

Obteve-se o resultado esperado da emulação. Analisando o funcionamento dos principais componentes do RF, foi testado um novo cenário conjunto utilizando NG e RF em uma MV LXC. Esse foi o primeiro teste realizado.

D. POX – Python OpenFlow Controller

O POX surgiu como um OF-C. É uma plataforma que provê o desenvolvimento rápido de *softwares* de controle de rede para OF-C, utilizando a linguagem de programação *Python*.

Os componentes embutidos no POX são módulos desenvolvidos em *Python*, que combinados oferecem diversas alternativas para o desenvolvimento de aplicações de rede. Seguindo os componentes exemplo do POX é possível criar novos componentes para serem usados como aplicações para controle da rede no sistema operacional de rede OF, da mesma forma que hoje se desenvolve para sistemas operacionais de computadores.

III. NOVA GENESIS

O projeto NovaGenesis (NG) nasceu no Inatel – Instituto Nacional de Telecomunicações em 2008. Propõe uma arquitetura de Internet revolucionária, ou seja, uma nova Internet para substituir a atual.

NG é uma colônia de entidades digitais, ativas,

distribuídas que colaboram para orquestrar funcionalidades complexas com base na assinatura de ligações entre nomes de entidades digitais. Os processos computacionais NG fazem trocas de informações e processamento baseado em Nomes Auto-Certificáveis (SCN - *Self-Certifying Names*). A NG utiliza um paradigma de auto-organização de baixo para cima para criar um ecossistema digital, em que as entidades simples mantêm relacionamentos ricos baseados em SCNs publicados. A NG usa as ligações entre SCN para criar um grafo que representa todos os relacionamentos entre entidades física e lógicas (ou virtuais). Essas ligações baseadas em SCN são publicadas e assinadas por serviços e armazenadas em Tabelas *Hash* Distribuídas (DHT – *Distributed Hash Tables*).

IV. POXA – POX AGENT

O POXA é um serviço NovaGenesis que permite que mensagens NG contendo comandos para controle de uma rede OF sejam encaminhado ao controlador POX em uma rede OF. Mensagens NG contêm em seus quadros, dados que definem ações a serem realizadas no controlador POX. Os comandos enviados na carga útil de mensagens NovaGenesis são traduzidos para comando em *Python* suportados pelo POX. Na NovaGenesis não é mais utilizado o TCP/IP. Os serviços NG utilizam *raw sockets* Wi-Fi e Ethernet. Os comandos em *Python* recebidos pelo POX são executados no POX e os resultados transferidos para o POXA. A comunicação do POXA com o POX é feita via um socket TCP/IP convencional.

A Figura 6 ilustra o cenário montado no Laboratório II-19 do projeto NovaGenesis. Outros serviços NG pode pedir ao POXA para que esse configure o *access point* (AP) mostrado. Isso permite que redes virtuais sejam criadas via OpenFlow para transportar tráfego NovaGenesis com priorização de quadros direto sobre Ethernet e Wi-Fi, sem TCP/IP.

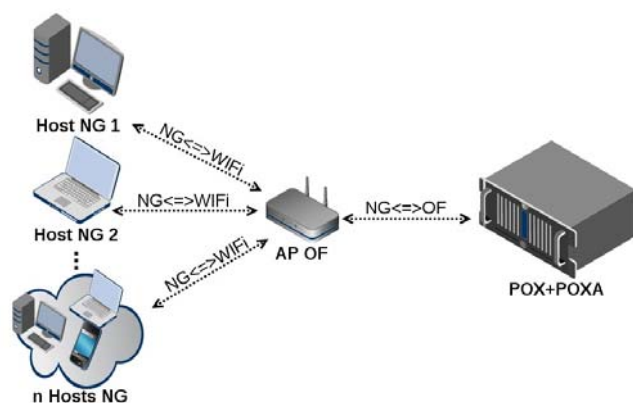


Fig. 6. Funcionamento do POXA. Mensagens NG são transportadas direto sobre Ethernet ou Wi-Fi até o controlador/representante POXA, que interage com o POX para efetivar comandos OpenFlow em um Access Point (AP) Wi-Fi. O AP utiliza sistema Linux OpenWRT.

V. CONCLUSÕES

Durante esse trabalho, foram implementados diferentes serviços de redes programáveis. Iniciamos os estudos usando o RF, solução brasileira, desenvolvida pela CPqD. O RF usa POX como controlador OF. Percebemos que a NG e o POX operando em conjunto, teriam as mesmas funcionalidades do RF. Porém, a NovaGenesis é muito mais ampla que o RF, cobrindo vários aspectos não incluídos no RF, como por exemplo busca por nomes auto-certificáveis, estabelecimento de acordos de nível de serviço, paradigma publica/assina, etc. A união da NG direta com o POX é possível e está sendo implementada através de um serviço NovaGenesis chamado de POXA. Nesse artigo, foram especificados o projeto e o funcionamento esperado desta nova arquitetura. O POXA representa o POX no escopo da NG, permitindo a montagem de contratos de prestação de serviço, bem como a publicação de informações de estado da rede física e configurações provenientes do POX/OF. Trabalhos futuros incluem a conclusão da implementação do POXA, já em andamento e a realização de testes no Laboratório II-19 do projeto NovaGenesis.

REFERÊNCIAS

- [1] W.-K. Chen, *Linear Networks and Systems*, Belmont, CA: Wadsworth, 1993, pp. 123–135.
- [2] <http://archive.openflow.org/documents/openflow-spec-v1.1.0.pdf>
- [3] <https://sites.google.com/site/routeflow/>
- [4] <https://github.com/CPqD/RouteFlow/wiki/Tutorial-1:-rftest1>
- [5] <http://www.noxtrepo.org/pox/about-pox/>
- [6] <https://openwrt.org/>
- [7] <http://en.wikipedia.org/wiki/EtherType>
- [8] <https://sites.google.com/site/routeflow/documents/routeflow-protocol-messages>

Frederico Martins Pedrosa Júnior nasceu em Ipatinga, MG, em julho de 1988. Recebeu o título de Engenheiro da Computação pelo Inatel em 2013.

Victor Hugo de Oliveira Fernandes nasceu em Volta Redonda, RJ, em janeiro de 1990. Recebeu título de Técnico em Eletrônica pela Escola Técnica Pandiá Calógeras em 2006. Aluno do curso de Engenharia de Telecomunicações do Inatel. Bolsista de iniciação científica pelo CNPq, com o tema “Estudo e Implementação de uma Rede Definida por Software”. Desde março estagiário do Inatel Competence Center – ICC.

Antonio Marcos Alberti possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria (1996), mestrado e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 1998 e 2003, respectivamente. Em 2012, foi pesquisador visitante no Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI), na Coreia do Sul. Atualmente é professor adjunto do Instituto Nacional de Telecomunicações. Atua na área de convergência de computação e comunicações. Tem interesse por Internet do Futuro, Rádio Cognitivo, Redes Programáveis, Redes Autônomicas.

Proposta de Topologia de Rede para Controle de Acionamento e Dimerização de Luminárias a LED

Raimundo Cláudio Souza Gomes

Railan Souza Picanço

Raphael Valle Santos

Universidade do Estado do
Amazonas – UEA
Núcleo de Sistemas Embarcados –
NSE
rs.gomes@gmail.com

Universidade do Estado do
Amazonas – UEA
Núcleo de Sistemas Embarcados –
NSE
rspicanco@gmail.com

Universidade do Estado do
Amazonas – UEA
Núcleo de Sistemas Embarcados –
NSE
raphael.uea@gmail.com

Resumo—A gradual ascensão econômica das nações emergentes, que acarreta um alto consumo de equipamentos eletroeletrônicos e demandas de iluminação, tem marcado o início desse novo século. Paralelamente a isso a preocupação com tema sustentabilidade e consumo de energia elétrica, tem gerado diversas pesquisas que visam efficientizar a geração e o consumo. Grande parcela da energia gerada é destinada para iluminação, logo racionalizar esse consumo é contribuir para um sistema energético eficaz. Por apresentar uma tecnologia mais eficiente que a das lâmpadas tradicionais, a iluminação utilizando diodos emissores de luz (LEDs) vem crescendo a cada ano. Estudos evidenciam que se as lâmpadas tradicionais forem substituídas pelas luminárias a LED, o consumo de energia com iluminação poderia reduzir pela metade. Um sistema de controle remoto de luminosidade, aliado a iluminação a LED pode proporcionar uma maior economia de energia, mobilidade, interatividade e segurança ao consumidor.

Palavras chave—sustentabilidade, iluminação, diodos emissores de luz, economia de energia.

I. INTRODUÇÃO

No atual quadro mundial a preocupação com questões como aquecimento global, aumento do custo de energia, confiabilidade do sistema energético, economia de energia e desenvolvimento sustentável tornaram-se uma questão de grande relevância quando se pensa em desenvolvimento de um país. A escalada da economia de uma região acarreta um alto consumo de equipamentos eletroeletrônicos, aumentando, com isso, o consumo de energia elétrica de forma expressiva. Como cerca de 20% da energia elétrica consumida no mundo é gasta com iluminação [4], há uma necessidade de que esse mercado avance no sentido de oferecer lâmpadas com uma alta eficiência luminosa.

Sob esse aspecto, numerosas pesquisas têm procurado formas de tornar mais eficaz o consumo de energia gasta com iluminação, dentre estas podemos destacar a tecnologia de

luminárias a LED (Light Emitting Diode), que se sobressaem por apresentarem características como longa vida útil, podendo chegar a 100.000 horas; tamanho reduzido da luminária; alta eficiência energética, 90lm/W; baixo custo de manutenção, pois não possuem gás ou filamento para emissão de luz, consequentemente, apresentam alta resistência a choques e vibrações, o que contribui com o aumento de sua confiabilidade e maior segurança aos usuários.

Uma vez que existem diversos dispositivos que visam realizar o acionamento de lâmpadas LED, foge ao conceito de minimização de perdas da energia elétrica um sistema descoordenado, onde cada driver de disparo trabalha de forma independente. Dessa forma, é necessário um Sistema Gestor que coordene as ações de acionamento e dimerização da intensidade luminosa proveniente dos diodos emissores de luz.

Henry Jenkins, em seu livro Cultura da Convergência [5], trata dos novos conceitos midiáticos inseridos na sociedade moderna e sobre a interatividade proporcionada por tais, bem como estuda os reflexos no modo de viver da sociedade contemporânea, drasticamente modificado, se comparado com anos passados, pelo “bombardeio” de interatividade possibilitado pelas novas mídias digitais. Assim, em um mundo cada vez mais interativo, dinâmico e acelerado não é possível pensar em um sistema de gerenciamento que não ofereça mobilidade, interatividade e segurança ao usuário.

II. A TECNOLOGIA DE LUMINÁRIAS A LED

A crescente busca por novas tecnologias para o setor da iluminação tem norteadado diversas pesquisas ao redor do globo, tais linhas de pesquisa visam à criação de novas fontes de luz mais eficientes. Nesse quadro, é crescente a utilização dos LEDs nas mais diversas áreas da iluminação, objetivando substituir as lâmpadas convencionais. Características como a alta eficácia luminosa, o baixo consumo, a longa vida útil, a maior resistência mecânica, o fácil controle sobre a intensidade luminosa e a capacidade de emissão de luz branca,

são alguns dos fatores que contribuíram para o desenvolvimento da nova geração de LEDs para iluminação em geral.

Uma tecnologia emergente na área vem se tornando conhecida como Iluminação do Estado Sólido e tem por princípio a utilização de Diodos Emissores de Luz, também conhecidos como LEDs, como fonte luminosa. No entanto, para se utilizar um LED é preciso acioná-lo. Uma das maneiras mais simples de excitar esse dispositivo é com a utilização de uma fonte de tensão com um resistor em série para limitar a corrente. Entretanto este tipo de circuito, embora seja simples e fácil de montar, não é indicado para locais onde possa haver qualquer tipo de interferência externa ou qualquer tipo de ruído na rede elétrica. [9]

A alternativa para melhorar esse desempenho é utilizar uma fonte de corrente na alimentação de um LED, com isso, as variações da tensão de trabalho não tem efeito na corrente do LED. Esta é uma das maneiras mais simples para evitar os picos de corrente devido à interferência na alimentação. [9]

De modo geral, dimerizar lâmpadas significa reduzir o seu consumo sem necessariamente comprometer o conforto visual. Além disso, o fato de acender e apagar uma lâmpada por meio de um processo de dimerização em rampa suave, pode aumentar em até seis vezes a sua durabilidade. Uma rede de acionamento e automação na iluminação pode dimerizar os circuitos gerando uma diminuição do consumo, maior durabilidade de lâmpadas e componentes, diminuição dos serviços de manutenção e gerenciamento do sistema. Se bem programada, proporciona os “ingredientes” para o consumo racional e inteligente de energia elétrica. [11]

III. TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO WIRELESS

Seja uma residência ou uma instalação industrial, todos os estabelecimentos contam com diversos arranjos de luminárias, para as mais diversas aplicações e localidades, contando ainda com um arranjo para controle, geralmente da forma ON-OFF. No caso das luminárias a LED existe ainda outro fator a ser considerado: a possibilidade de dimerização, ou seja, a capacidade de controlar a intensidade luminosa. Assim é necessário um sistema de controle que ofereça mobilidade, ao mesmo tempo que apresente um bom tempo de resposta na comunicação entre a central de ações e as luminárias.

Visando o conforto para o usuário, e tomando por base as tecnologias em ascensão no mercado, destacam-se duas para a comunicação com hosts sem fio: bluetooth e wi-fi.

A. Bluetooth

Bluetooth é uma especificação industrial para Personal Area Networks (PANs), também conhecido como IEEE 802.15.1. Esta tecnologia provê uma forma de conectar e trocar informações entre dispositivos como telefones celulares, laptops, PCs, impressoras, câmeras digitais dentre outros, através de frequência de rádio de curto alcance, segura, de baixo custo e globalmente disponível [1][2][5]. A categoria Bluetooth foi inicialmente projetada com o objetivo de

desenvolver dispositivos interconectáveis de baixo consumo de energia, através de frequências de rádio de curto alcance – de 1 a 100 metros.

Se dois dispositivos com a especificação Bluetooth estiverem um ao alcance do outro, existe a possibilidade de troca de informações entre os eles, mesmo se não estiverem na mesma sala, mas, respeitando uma distância máxima de até 100 metros. A transferência de dados e de voz varia em muitos dispositivos, sendo uma função de requisitos como quantidade de energia necessária na transmissão, taxa de transferência e distância [4].

Uma das grandes vantagens da utilização de Bluetooth é a possibilidade de criar PANs de forma ad-hoc, ou seja, um dispositivo que entra ao alcance de outro, automaticamente se conecta e estes constituem uma PAN.

Neste cenário, um dispositivo recebe o papel de mestre, enquanto que os outros recebem o papel de escravo. A este conjunto de mestre e escravos dá-se o nome de piconet. Cada piconet pode ter até 8 dispositivos. Quando duas piconets se conectam, através de um dispositivo em comum, forma-se a chamada scatternet.

Outra característica marcante na especificação Bluetooth é a segurança. Através de mecanismos como frequency hopping, autenticação de códigos PIN (Personal Identification Number) e criptografia de 128 bits garante-se comunicação segura e livre.

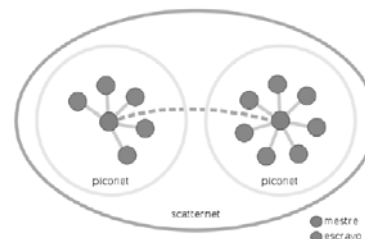


Fig. 1. Uma scatternet formada por duas piconets

B. Wi-Fi

Wireless é uma tecnologia capaz de unir terminais eletrônicos, geralmente computadores, entre si devido às ondas de rádio ou infravermelho, sem a necessidade de utilizar cabos de conexão entre eles. O uso da tecnologia wireless vai desde transceptores de rádio como walkie-talkies até satélites artificiais no espaço.

Seu uso mais comum é em redes de computadores, onde a grande maioria dos usuários utiliza-se da mesma para navegar pela Internet no escritório, em um bar, um aeroporto, um parque, em casa, etc. Uma rede de computadores sem fios são redes que utilizam ondas eletromagnéticas ao invés de cabos, tendo sua classificação baseada na área de abrangência delas: redes pessoais ou curta distância (WPAN), redes locais (WLAN), redes metropolitanas (WMAN) e redes geograficamente distribuídas ou de longa distância (WWAN).

Esta tecnologia funciona através da utilização portadoras de rádio ou infravermelho, as WLANs estabelecem a comunicação de dados entre os pontos da rede. Os dados são modulados na portadora de rádio e transmitidos através de

ondas eletromagnéticas.

Múltiplas portadoras de rádio podem coexistir num mesmo meio, sem que uma interfira na outra. Para extrair os dados, o receptor sintoniza numa frequência específica e rejeita as outras portadoras de frequências diferentes.

Num ambiente típico, o dispositivo transceptor (transmissor/receptor) ou ponto de acesso (access point) é conectado a uma rede local Ethernet convencional (com fio). Os pontos de acesso não apenas fornecem a comunicação com a rede convencional, como também intermediam o tráfego com os pontos de acesso vizinhos, num esquema de micro células com roaming semelhante a um sistema de telefonia celular.

C. Rede Mesh e ZigBee

Mesh, é uma outra forma de transmissão de dados e voz além das redes a cabo ou wireless ou seja, uma rede Mesh são vários nós/roteadores e cada nó está conectado a um ou mais dos outros nós. Desta maneira é possível transmitir mensagens de um nó a outro por diferentes caminhos. Cada servidor tem suas próprias conexões com todos os demais servidores. Redes do tipo mesh possuem a vantagem de serem redes de baixo custo, fácil implantação e bastante tolerantes a falhas.

No ramo das comunicações sem fio, é importante falar sobre a plataforma ZigBee, um novo padrão de comunicações sem fio para sensores. ZigBee é uma nova norma técnica industrial, com abrangência global para comunicações sem fio de baixa potência e curta distância. Está sendo aplicada em uma variedade de sensores “wireless” e terá um papel importante na automação residencial e gerência de energia.

Esta solução de rede, de baixo custo, sem fio, fornece rede de comunicações e controle para a residência e vai além da energia elétrica – o ZigBee se aplica para leituras de medidores de água e gás, sistemas de alarme e outros. Algumas soluções proprietárias já fazem isto, mas o ZigBee é diferente; é um padrão aberto (“open standard”) e ganhou notoriedade. Este modo de configuração de rede permite a dispositivos com ZigBee a encontrar outros dispositivos, de forma apropriada (ad hoc), automática e configurar uma comunicação fim-a-fim baseada na capacidade dos equipamentos que podem “ouvir” outros elementos da rede. Isto permite conexões de dispositivos por circuitos “mesh” ou variações de “mesh” e ponto-multiponto.

Numa rede podem existir três tipos de dispositivos ZigBee. O componente mais básico é o Terminal ou ZigBee End Device (ZED), que tem a habilidade de se comunicar com outros nós da rede e interfacear a comunicação da rede com os Terminais. O seguinte na hierarquia é o Roteador – ZigBee Router (ZR). O ZR age como um dispositivo terminal e, também, tem a capacidade de funcionar como um roteador intermediário de retransmissão de sinais para outros nós. No topo da rede esta o Coordenador – ZigBee Coordinator (ZC). Ele atua para controlar a rede residencial (Home Area Network) e faz a ponte para outras redes. Numa rede residencial temos apenas um ZC e ele armazena as informações de segurança e endereços de todos os outros dispositivos da rede. Na aplicação de gestão residencial de

energia o ZigBee Coordinator ZC, pode ser o medidor de energia. Normalmente o medidor é configurado para atuar como gateway para outras redes de comunicação – incluindo sistemas de PLC ou wireless AMI, até redes de celulares ou a Internet.

IV. A TOPOLOGIA PROPOSTA

Das tecnologias apresentadas observa-se que a tecnologia Zigbee encaixa-se perfeitamente às necessidades do projeto, uma vez que uma rede wireless convencional seria uma estrutura muito complexa e onerosa para implantação, por outro lado a tecnologia bluetooth destaca-se pela simplicidade de implementação, contudo sua limitação de comunicação constitui-se uma barreira.

Assim, a topologia escolhida para a comunicação será gerenciada por um concentrador, que terá por função enviar as informações pertinentes a intensidade luminosa para o driver de acionamento, bem como dar o feedback para o usuário. Para a comunicação entre os dispositivos (drivers) será utilizada a tecnologia zigbee, pela facilidade de implantação proporcionada pela chamada Rede Mash. Finalmente a interface entre o usuário e o concentrador se dará via wi-fi, possibilitando o controle remoto a longas distâncias.

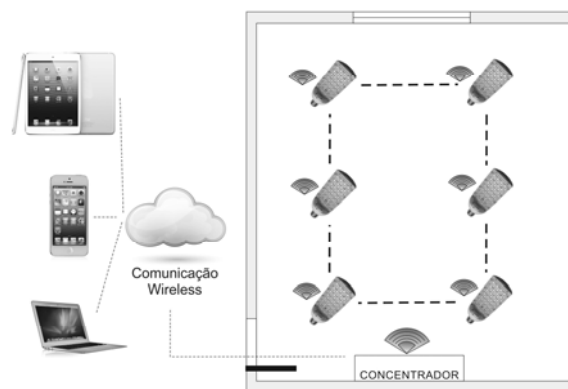


Fig. 2. Topologia de rede proposta

V. DESENVOLVIMENTO E EXPERIMENTAÇÃO

Uma vez definida a topologia de sistema, optou-se por utilizar plataforma ZigBee Core2530, produzida pela Waveshare, que conta com o chip CC2530 da Texas Instruments, como módulo de comunicação sem fio. Este CI baseado na arquitetura de um microcontrolador da família 8051 possui como principal característica transceptor de RF de alto desempenho.

Para procedimentos experimentais foi utilizado um computador pessoal como concentrador, que terá por função ser o transceptor dos endereços e steps para os controladores em cada luminária. Ainda foi elaborada uma aplicação de alto nível que fará a interface entre o usuário e as luminárias. Neste primeiro momento o teste de controle deu-se remotamente, utilizando um módulo ZigBee acoplado ao computador pessoal e outro módulo inserido no driver de

acionamento e dimerização da luminária.

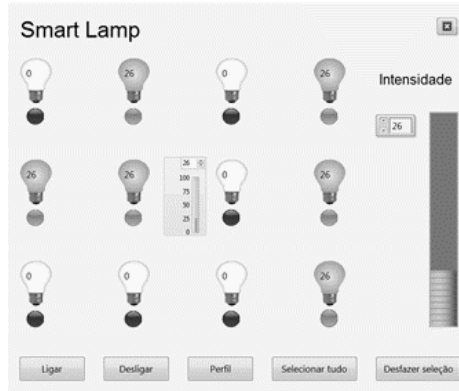


Fig. 3. Interface de controle das luminárias.



Fig. 4. Luminária utilizada no experimento.

O procedimento de controle consiste em enviar, a partir do concentrador, uma palavra em codificação definida, que posteriormente será decodificada no controlador local da luminária, acionando os steps responsáveis pelo controle da luminosidade.

Os ensaios deram-se da seguinte maneira: isolou-se a luminária em um local com absoluta ausência de luz, e firmou-se o dispositivo a uma distância fixa de um luxímetro.

A partir da interface criada foi-se acionando os steps e registrando a quantidade de lux no ambiente. A tabela 1 exhibe esses valores e comprova a funcionalidade do sistema.

TABELA I
VALORES AQUISIÇIONADOS DE LUX POR STEP

STEP	LUX (1)	LUX (2)	LUX (3)
0	0	0	0
1	0,33	0,44	0,33
2	388	3800	369
3	688	575	550
4	856	845	830
5	876	864	863
6	877	862	865
7	899	883	887
8	963	950	963

REFERÊNCIAS

- [1]. Côrrea, C.; Garcia, J. M., Barriquello, C. H., Schittler, A. C., Prado, R. N.; Campos, A. "Aplicação de Espelhos de Correntes no Acionamento de LEDs de Potência", Salão de Iniciação Científica (20. : 2008 out. 20-24 : Porto Alegre, RS). Livro de resumos. Porto Alegre : UFRGS, 2008.
- [2]. Freiras, L.; "Automatizar para economizar". Revista Lumière – Ano12 - Edição 147(Jul/10), pág. 36-41;
- [3]. Gil, A.C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1994. 207p.
- [4]. Johnson, D. Hardware and software implications of creating Bluetooth Scatternet devices. In: Proceedings of the IEEE AFRICON. 2004, pp.211-215.ssa, 2009.
- [5]. Jenkins, H. Cultura da Convergência. São Paulo: Aleph. 2008.
- [6]. Malfa, E., "ABB on Sustainable Energy Markets", Università di Brescia, 2002.
- [7]. McDermott-wells, P. Bluetooth Overview. IEEE Potentials Magazine. December 2004, pp.33-35.
- [8]. Moreira, Tibiriçá K. Transmissão em redes telefônicas. 2. ed. Curitiba: TELEPAR – ARHD, 1992.
- [9]. Reis, F.B.; Reis, F.S. "Controle de Potência para o Acionamento de LEDs de Alto Brilho Alimentados a partir de Fontes de Energia Renováveis", Seminário Interno de Avaliação da Iniciação Científica-PUCRS, 22 a 25 de agosto de 2011.
- [10]. Rodrigues, W.; MORAIS, Lenin; "Análise Comparativa dos métodos de dimerização de Leds de Potência". Revista O Setor Elétrica – Edição 80, Setembro 2012;
- [11]. Rodrigues, W.; Moraes, Lenin; "Análise Comparativa dos métodos de dimerização de Leds de Potência". Revista O Setor Elétrica – Edição 80, Setembro 2012;
- [12]. Rigui, Luiz A. Eletromagnetismo para Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria, Pg. 76

Sistema de Controle e Monitoração de Energia

Iago Cavalcante

Mike Oliveira

Túlio Ribeiro

Instituto de Estudos Superiores da
Amazônia

iagoangelimc@gmail.com

Instituto de Estudos Superiores da
Amazônia

mike_oliveira_16@hotmail.com

Instituto de Estudos Superiores da
Amazônia

engcomptulio@gmail.com

Resumo: Existe a necessidade de gerenciar energia através da análise da corrente, pois através deste podemos calcular o gasto ou desperdício de energia, verificar o bom ou o mau funcionamento de algum equipamento e ainda cortar a passagem de energia para economia e/ou proteção dos equipamentos.

Palavras-chaves: Energia, Corrente, Automação, Sistema, Controle.

I. INTRODUÇÃO

Visamos o controle de gastos e monitoração de energia elétrica. Fazer medições a partir de sensor de corrente, informar os gastos através dos dados obtidos (gerando gráficos), informar o cliente quais aparelhos estão em uso e ter o controle a partir do site ou dispositivo móvel (android). Gerenciar energia através da análise da corrente, calcular gastos de energia, verificar o mau funcionamento de equipamentos e cortar a passagem de energia para economia e proteção dos equipamentos.

Para o projeto será necessário um sensor de corrente, um módulo de relé, um microcontrolador, um software em Java, um site e um servidor com banco de dados e um aplicativo android que ficará no celular do cliente. Monitorando assim, completamente o sistema de energia de uma residência.

A. Sensor de Corrente acs712:

Benefícios e Características:

- 80 kHz de largura de banda;
- Erro total de saída de 1.5% em $T_A = 25^\circ\text{C}$;
- 5.0 V de alimentação;
- 66 a 185 mV/A de sensibilidade na tensão de saída;
- Voltagem de saída proporcional a AC ou DC;

Typical Application

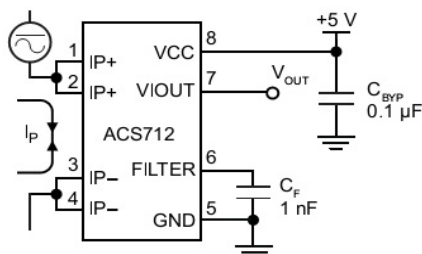


Fig. 1. Sensor de Corrente acs712.

B. Módulo Relé:

Um relé é um interruptor eletromecânico, servindo para ligar ou desligar dispositivos e/ou circuitos. Neste projeto é utilizado um módulo de quatro relés, exatamente para controlar quatro tomadas.



Fig. 2. Módulo Relé de 4 canais.

Fácil de ser controlado por diversos Microcontroladores tais como Arduino, 8051, AVR, PIC, DSP, ARM, MSP430, PLC além de lógica TTL, pode ser acionado diretamente por alguns módulos sensores.

Características:

- Quatro canais independentes;
- Tensão de alimentação lógica: 5V DC;
- Pode controlar vários aparelhos e outros equipamentos com grande corrente;
- Corrente controlável pelos relés: 10A AC ou DC;
- Sinal de controle: Acionado por nível lógico baixo, 0V.

METODOLOGIA

A. Diagramação:

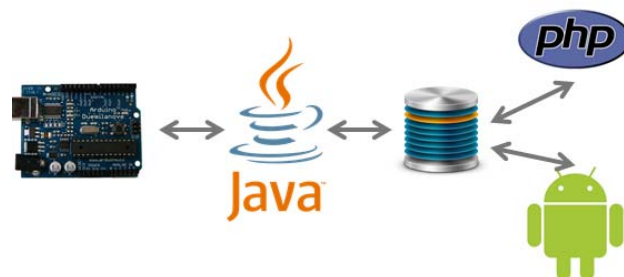


Fig. 3 – Sistema de comunicação

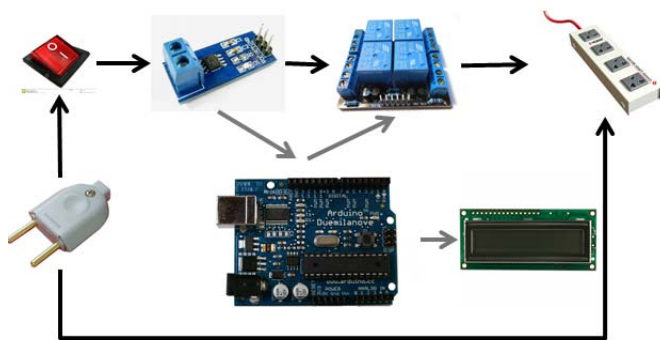


Fig. 4 – Circuito

B. Desenvolvimento:

O projeto consistirá em utilizar o sensor em série com a rede elétrica, esta sendo levada a quatro tomadas que serão controladas pelo módulo relé, o sinal do sensor é enviado ao arduino que ficará encarregado de ligar e desligar os reles e também enviar o valores obtidos do sensor para um servidor, este que estará com um software preparado em java para comunicação com o banco de dados MySQL e também contará com uma página web em php, a qual ficará a disposição do cliente para visualização dos seus gastos, além de tudo isso, o sistema contará, também, com um aplicativo para android que servirá de comodidade para o cliente (notificações, controle e visualização dos gastos).

C. Banco de Dados:

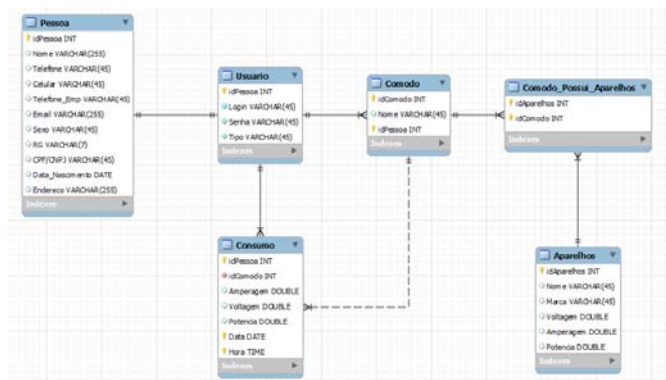


Fig. 5 – Banco de Dados MySQL.

D. Tabelas:

- **Pessoa:** Tabela para cadastro tanto de pessoa física como de jurídica, possui os campos: idPessoa, Nome, Telefone, Celular, Telefone_Emp, Email, Sexo, RG, CPF/CNPJ, Data_Nascimento e Endereco.
- **Usuario:** Tabela para cadastro de um usuário, após a criação do cadastro da pessoa, possui os campos: idPessoa(Pessoa), Login, Senha e Tipo(de Usuário).
- **Comodo:** Tabela para cadastro de cômodo a ser controlado, possui os campos: idComodo, Nome e idPessoa(Usuario).
- **Aparelhos:** Tabela para cadastro de aparelhos/equipamentos eletrônicos, possui os

campos: idAparelhos, Nome, Marca, Voltagem, Amperagem e Potencia.

- **Comodo_Possui_Aparelhos:** Tabela para identificar onde estão cada um dos aparelhos, possui os campos: idComodo e idAparelhos.

E. Desenvolvimento Java:

Foi detectada a necessidade de um meio de comunicação entre o arduino e o servidor, para resolver foi desenvolvido dois softwares em Java, um para o cliente e outro para o servidor, para que fosse cômodo para o cliente os softwares foram implementados para rodar em background.

Cliente: Responsável por esperar evento de comunicação serial, após receber os valores informados pelo arduino do sensor é feita comunicação via Socket com o servidor. Responsável, também, por esperar o comando enviado pelo próprio cliente em seu aplicativo móvel ou na visualização de sua página web para ligar/desligar o circuito, o comando é lido através de uma consulta no banco de dados.

Servidor: Responsável por esperar comunicação, via Socket(ServerSocket), do cliente, após receber o objeto consumo, este abre comunicação com o banco de dados salvando os dados. Implementado usando Thread para atender várias requisições de clientes ao mesmo tempo.

Para que a implementação fosse sucedida foi necessário estudar algumas bibliotecas de Java para a comunicação:

RXTX: API responsável pela gerência da comunicação do Java com as portas seriais, utiliza identificadores de portas seriais e controle de fluxo.

Socket e ServerSocket: Classes responsáveis pela comunicação em rede via TCP/IP. Socket é responsável pelo envio/recebimento de pacotes, já o ServerSocket é responsável pelo handshake e termino da comunicação.

Thread: Classe responsável por criar novas Threads para execução paralela, implementa o método run(), o qual é o que dirá o que a Thread irá executar.

F. O Site – IMT-SoluçõesEmEngenharia:



Fig. 6– Cabeçalho do Site.

O site foi desenvolvido utilizando HTML5, CSS3, PHP, Javascript e o framework Bootstrap, que nada mas é que classes que usam folhas de estilos pré-definidas para agilizar o processo de desenvolvimento, com esse framework foi possível montar a página de forma rápida e elegante. Com o as páginas criadas temos acesso a cada usuário que adquiriu o sistema, tendo assim um controle de cada um, e cada usuário tem sua própria página assim que logar no sistema, depois de logado é possível o mesmo fazer a verificação dos gastos e ter o controle sobre o sistema,

acionando ou desligando o circuito pelo site. Caso novos usuários tenham adquirido o sistema, os administradores devem adicioná-los, cadastrando os mesmos através do formulário, lá é adicionado um Login e senha, e com essas informações ele poderá se conectar e ter acesso ao sistema.

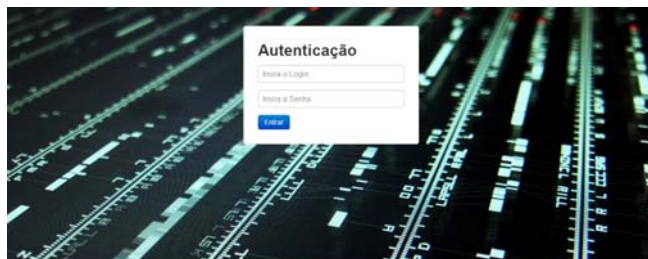


Fig. 7 – Tela de Autenticação.

G. Hardware:

Como descrito anteriormente, utilizando o Sensor de Corrente acs712 é possível obter a corrente da fonte de energia de onde se deseja analisar, e então o arduino é responsável por fazer todos os cálculos necessários para o sistema planejado e então o próprio arduino envia os dados para o computador via comunicação serial (RXTX) pela USB, e após isso esperar qualquer informação enviada pelo Java para então acionar o rele e controlar o acionamento do que estiver ligado no sistema.

Cálculos:

E: energia consumida em KWh (Kilo watts hora). Essa é a unidade de energia utilizada nas contas de energia doméstica;

P: potência do aparelho elétrico em W (watts). Essa é a unidade de potência no sistema internacional de unidades;

I: corrente elétrica em A (Ampères). Essa é a unidade de corrente elétrica no sistema internacional de unidades;

T: tempo de funcionamento do aparelho elétrico em h (horas);

U: tensão elétrica; voltagem; ou ddp (diferença de potencial elétrico) medida em V

(Volts). A maioria das residências utilizam 110 V, ou 220 V. (Valores aproximados);

$P = U * I$ (U: voltagem em V; I: corrente em A);

$E = P * T$ (P: potência em KW; T: tempo em horas).

```
void corrente(){
  for(int i=500; i>0; i--){
    {
      sensorValue_aux = (analogRead(sensorPin) - 511);
      sensorValue += pow(sensorValue_aux,2);
    }
    sensorValue = (sqrt(sensorValue/ 500)) * voltsporUnidade;
    currentValue = (sensorValue/185)*1000;
    lcd.clear();
    lcd.print("AC: ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(currentValue - 0.11);
    lcd.print(" A");
    sensorValue =0;
  }
}
```

Fig. 8 – Método para conversão da corrente e mostrar no LCD.

RESULTADOS

Sistema está funcional, contando com a medição de energia, com o software cliente/servidor em Java e com o site, todos integrados.

Servidores de Banco de Dados MySQL, de Web (Apache) e de Aplicação (JAVA), testados e funcionais.

Tendo em vista os resultados, descritos acima, o resultado do projeto foi satisfatório e com grandes possibilidades de evolução.

REFERÊNCIAS

- [1] Sensor de corrente – <http://www.lucadentella.it/en/2011/11/29/sensore-di-corrente-con-arduino/>
- [2] Arduino – <http://arduino.cc/>

Dispositivo Antifurto *Half-Duplex* utilizando Comunicação ZigBee

Cassiano Augusto Pereira

PUC Minas *campus* Poços de Caldas
cassianoaugusto1@gmail.com

Celso Iwata Frison

PUC Minas *campus* Poços de Caldas
celso@pucpcaldas.br

Resumo — Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um alarme automotivo que possui funcionalidades diferenciadas dos alarmes convencionais, através de uma comunicação *half-duplex* entre o controle remoto e a central instalada no veículo. A comunicação é estabelecida utilizando-se o padrão ZigBee, na qual quando o veículo sofre alguma violação, o controle remoto automaticamente vibra e informa ao proprietário sobre o ocorrido, e.g., vidros quebrados. O fato de o proprietário ser informado da ocorrência pode ser decisivo na recuperação do veículo e na identificação dos envolvidos. Já existem no mercado alarmes com funcionalidades similares que enviam informações através de SMS e outros que possuem rastreamento via satélite. Tais tecnologias são eficientes, mas além do alto custo inicial, possuem encargos mensais. O dispositivo aqui apresentado possui baixo custo se comparado a essas tecnologias, não exige gastos mensais e garante a comunicação em um raio de até 5.000 metros.

Palavras chave — Alarme, *Half-Duplex*, Segurança, Zigbee.

I. INTRODUÇÃO

Os índices de furtos e roubos de veículos no Brasil vêm aumentando gradativamente e de forma alarmante no ano de 2013. Esse crescimento se deve tanto pelo aumento da criminalidade nos grandes centros, como também pelo aumento no número de veículos em circulação em todo o país. A figura 1 ilustra o crescimento no número de ocorrências de furto e roubo de veículos registrados no estado de São Paulo nos últimos 3 anos. De acordo com a Secretaria da Segurança Pública do Estado de São Paulo [1], em outubro de 2013 no estado foram registrados 10.846 ocorrências de furtos e 8.675 ocorrências de roubos de veículos, o que representa aproximadamente 650 ocorrências deste tipo por dia.

Recentemente, o portal de notícias G1 divulgou uma reportagem do aumento do número de furtos na capital federal, onde nesta mesma matéria há um vídeo de um flagrante de uma quadrilha que furta os veículos em plena luz do dia [2]. No site UOL Notícias, foi também divulgada uma pesquisa que levantou dados das secretarias estaduais de segurança pública, do Denatran (Departamento Nacional de Trânsito) e dos Detran (Departamento Estadual de Trânsito) de todos os estados, em um ranking de ocorrências por um valor padrão de 100 mil veículos. Três grandes capitais

brasileiras, Rio de Janeiro, São Paulo e Salvador ocupam, respectivamente, as três primeiras posições, tendo Rio de Janeiro uma média de 7,5 ocorrências de furto ou roubo para cada 100 mil veículos [3].

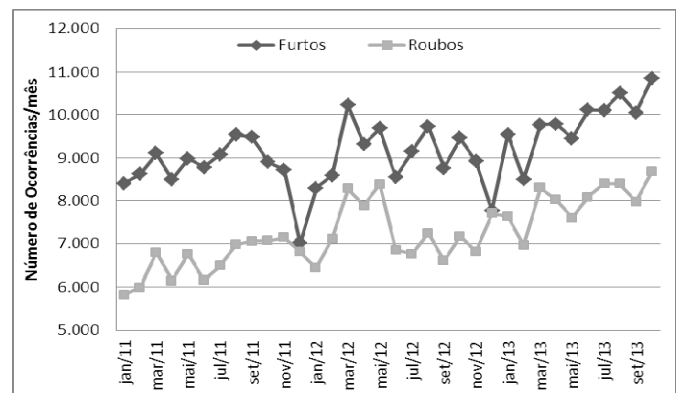


Fig. 1. Levantamento do número de veículos furtados e roubados por mês no estado de São Paulo [1].

Na tentativa de inibir a ação dos bandidos, vários equipamentos eletrônicos foram desenvolvidos para serem instalados nos veículos. Sistemas antifurto mais sofisticados possuem recursos de monitoramento via satélite, sistemas de comunicação GSM/GPRS, dentre outros sistemas via radiofrequência que permitem o acompanhamento e controle do veículo remotamente. Porém, estas técnicas mais sofisticadas têm um alto custo para usuários de veículos domésticos, limitando-se assim, geralmente, a veículos de transporte de mercadorias.

Uma opção para os proprietários de veículos domésticos são os equipamentos, conhecidos popularmente como alarmes. Esses possuem mecanismos de funcionamento muito parecidos que, geralmente, podem ser divididos em duas partes: a detecção e o processamento.

Na detecção, o sistema identifica, por meio de sensores estrategicamente instalados nas portas e no interior do veículo, tanto a violação, como o movimento nas portas e a presença de indivíduos no interior do mesmo. Já na etapa de processamento, um sistema micro controlado recebe os sinais dos sensores instalados no veículo e então toma decisões. Geralmente as ações executadas pela central de processamento são o travamento das portas, fechamentos dos vidros, bloqueio

da ignição, o disparo da sirene de alerta e disparo das luzes.

Dessa forma, um proprietário que se encontra afastado de seu veículo, como por exemplo, dentro de um *shopping center* ou supermercado, só terá conhecimento da violação quando voltar ao local onde deixou seu veículo estacionado, pois a distância e/ou o confinamento dentro do estabelecimento não irão permitir a visualização das luzes disparadas pelo alarme e a percepção do disparo da sirene. Além disso, em caso de furto, a recuperação do veículo torna-se ainda mais difícil, pois não se pode afirmar com exatidão o horário em que ocorreu o furto.

Com isso, uma nova classe de alarmes automotivos foi criada, a fim de informar ao usuário o motivo da ativação do sistema de segurança do veículo. Essa nova classe de alarmes é conhecida tecnicamente como *two-way*, pois assim como o termo em inglês menciona, o alarme permite a comunicação em dois sentidos, que são entre o dispositivo remoto, que fica de posse do usuário e a central de comunicação, que fica instalada no veículo.

Nos alarmes convencionais, o dispositivo remoto efetua apenas a ativação e a desativação do sistema de segurança do veículo, devido à disponibilidade de apenas um único sentido de comunicação entre os dois elementos do sistema, do controle remoto para a central. Já nos alarmes *two-way*, além da comunicação convencional, é também possível estabelecer a comunicação no sentido reverso, ou seja, da central para o controle remoto, a fim de informar ao proprietário do veículo, por exemplo, o motivo sobre o disparo do sistema de segurança. A figura 2 ilustra os sentidos da comunicação nos dois tipos de alarmes citados. Na parte superior é mostrado o sentido único de comunicação entre alarmes automotivos convencionais, e na parte inferior a possibilidade de comunicação entre os elementos do sistema nos dois sentidos, referente aos alarmes *two-way*.

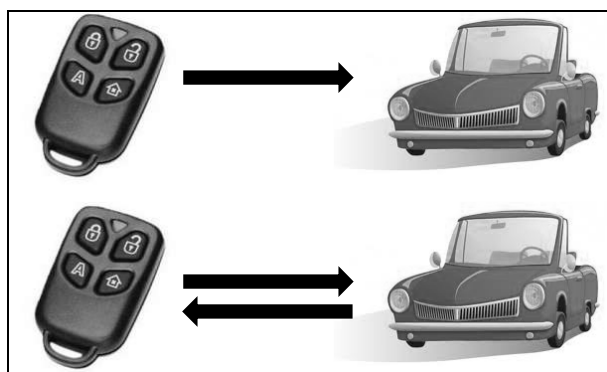


Fig. 2. Funcionamento da comunicação entre controle remoto e central de processamento de alarmes convencionais e alarmes *two-way*.

Já existem no mercado algumas soluções de dispositivos *two-way*, como por exemplo, o recém-lançado modelo PX-300 da marca Pósitron da empresa brasileira PST Electronics, que com a aquisição do controle remoto com a função *two-way*, que é vendido separadamente, o proprietário é alertado por meio da vibração deste controle remoto sobre a ocorrência em seu veículo, até uma distância de 750 metros [4].

Existem outros modelos de dispositivos com essas

características, mas todos de fabricantes estrangeiros, como o modelo SP-500 da CrimeStopper®, o modelo 5901 da Viper® e o modelo *two-way* da Beret®. Tais modelos apresentam um controle remoto com um display de LCD (*Liquid Crystal Display*) que contém uma imagem fixa de um veículo no visor, na qual quando alguma ocorrência é percebida pelos sensores instalados no veículo, o controle além de vibrar e indica na imagem do veículo o motivo do disparo. Como exemplo, a partir da figura 3, que ilustra dois modelos de controles remotos *two-way*, quando o sensor ultrassônico instalado no veículo dispara, no controle é ilustrado um martelo sobre a imagem do veículo, referenciando a possibilidade de um vidro quebrado ou outra possibilidade de arrombamento no mesmo.



Fig. 3. Modelos de controles de alarmes *two-way*: SP-500 da CRIMESTOPPER® e *two-way* da BERET®.

Além do fato de no Brasil não possuir um fabricante que tenha algum sistema similar aos modelos estrangeiros supracitados, não foi encontrado nenhum modelo de alarme que indicasse diretamente, por meio de um texto por exemplo, o real motivo do disparo do alarme. Desta forma, o presente trabalho propõe-se a desenvolver um sistema antifurto para ser instalado em um veículo de modo que possibilite uma comunicação *two-way* entre o controle remoto e a central instalada no veículo, de forma que o controle remoto informe diretamente ao usuário, quando solicitado, o motivo do disparo por meio de palavras em um display de LCD.

O método de comunicação proposto é utilizando-se o padrão ZigBee, na qual a comunicação é realizada de forma *half-duplex*, conforme consta no título do trabalho. Além disso, a utilização do sistema será realizada na faixa espectral de 900 MHz, que com o uso de uma antena externa ao dispositivo de comunicação, consegue-se o alcance de distâncias de até 5.000 metros em ambientes abertos.

Este trabalho é apresentado em mais quatro capítulos. No capítulo II são apresentados os conceitos básicos, que expõem principalmente as tecnologias utilizadas na execução do projeto. No capítulo III são apresentados os resultados obtidos com o projeto e por fim, nos capítulos IV e V, são apresentados, respectivamente, as conclusões e os agradecimentos dos autores.

II. CONCEITOS BÁSICOS

Neste capítulo alguns conceitos básicos utilizados no desenvolvimento e execução do trabalho são apresentados. A definição de comunicação sem fio, da tecnologia ZigBee, dos microcontroladores PIC da Microchip® e os sensores utilizados são os principais pontos a serem abordados.

A. Comunicação Sem Fio

Na comunicação sem fio o meio de transmissão é o espaço livre, e neste espaço livre é possível realizar comunicações utilizando uma gama bem ampla de frequências, que vão desde alguns Hz (Hertz) à centenas de GHz (Giga Hertz).

As comunicações sem fio estão cada vez mais presentes em nosso cotidiano, seja na comodidade oferecida pelas máquinas de cartão que vão até o usuário ou pela extrema utilidade dos sistemas de rastreamento de ambulâncias para um atendimento mais eficiente à população. Independentemente de seu propósito, a comunicação sem fio já possui preferência na sociedade atual. Além disso, a comunicação pelo espaço livre possui outras vantagens tais como a grande facilidade e rapidez em sua implantação, devido à não ter que implantar uma estrutura física entre os pontos de comunicação, o baixo custo de manutenção e as diferentes possibilidades de topologias de rede [5].

Para que se possa realizar a transmissão de sinais pelo espaço livre, se faz necessário uma autorização do órgão regulamentador do governo, que no Brasil é a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações). Entretanto, existem algumas faixas de frequência que podem ser utilizadas sem a necessidade desta autorização. Estas faixas são classificadas como ISM (*Industrial, Scientific and Medical*), que são faixas de frequências que podem ser usadas pelas áreas industrial, científica e médica, sem qualquer custo. Porém, a ANATEL exige que os equipamentos que irão operar nesta faixa de ISM tenham que ser homologados pela mesma, com o intuito de fazer um controle sobre a potência que está sendo irradiada no espaço livre.

Como solução prática, rápida e livre de licenças, muitas tecnologias estão sendo desenvolvidas na faixa de frequências livre, e uma delas é o padrão ZigBee que foi desenvolvido junto com o protocolo de comunicação sem fio IEEE 802.15.4 [6].

Apesar de utilizar a faixa de frequência livre, onde outras tecnologias já foram desenvolvidas, este padrão não se comunica com os demais, pois utiliza-se da técnica conhecida como espalhamento espectral, com um número e dimensão dos canais de comunicação diferentes de outras tecnologias. Este conceito de coexistência faz com que o a tecnologia ZigBee não interfira e nem seja interferida por outros equipamentos que fazem uso dessa faixa espectral [7].

B. Tecnologia ZigBee

O termo ZigBee pode ser traduzido do inglês como o “trajetória das abelhas” [8], em analogia ao funcionamento desta tecnologia que envia um dado do dispositivo final até o dispositivo coordenador de forma similar como as abelhas operárias (dispositivos finais) se comunicam com a rainha (dispositivo coordenador). Seu funcionamento se dá na seguinte forma: a abelha operária que é detentora do pólen coletado conhece todo o caminho no qual o pólen será transportado, pois a abelha operária já trocou informações com todas que estão ao seu alcance e sabe que pode repassar este pólen para as operárias ao lado, sendo que as mesmas também conhecem quem está ao seu redor, o que faz com que o pólen seja encaminhado de operária em operária até que chegue à rainha.

Em uma rede ZigBee cada abelha é um dispositivo da rede, e o pólen é a informação que é repassada por meio de múltiplos saltos até chegar ao dispositivo de destino, conforme ilustra a figura 4, na qual a informação passa por três dispositivos intermediários até alcançar o destino final.

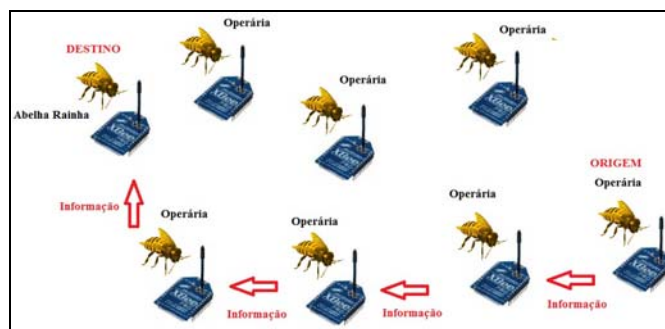


Fig. 4. Cooperatividade de uma rede ZigBee [6].

Assim pode-se observar que uma rede ZigBee é uma rede cooperativa, não precisando transmitir os dados desejados com uma potência elevada para o dispositivo final. Este tipo de rede pode ser classificado com uma rede ad-hoc sem fio, visto a cooperatividade apresentada pelos terminais que executam a transmissão da informação de um ponto a outro por meio de múltiplos saltos, sem a necessidade de uma infraestrutura fixa para que essa rede opere.

O padrão ZigBee surgiu em 2002, quando um grupo de grande empresas do setor de eletrônicos juntaram forças para padronizar um sistema de comunicação eletrônica sem fio para o setor de automação. Essa junção de forças culminou na formação da *ZigBee Alliance*, que é a responsável pela criação e manutenção do padrão de redes de comunicação sem fio denominado ZigBee [7].

Desta forma, o padrão ZigBee pode ser caracterizado como uma convenção de comunicação, a qual se utiliza de uma pilha de protocolos particular. Essa pilha pode ser estruturada em um modelo de quatro camadas, conforme mostra a figura 5. As duas primeiras camadas inferiores, respectivamente, camada física e MAC (*Medium Access Control*), seguem a especificação do padrão IEEE 802.15.4. As duas outras camadas superiores, rede e aplicação, são definidas pela *ZigBee Alliance*.

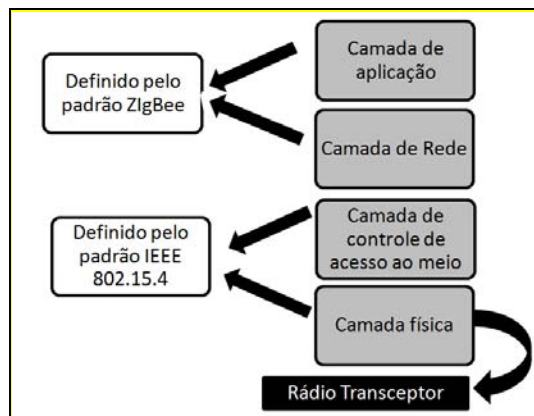


Fig. 5. Modelo de camadas dos dispositivos ZigBee [6].

O padrão IEEE 802.15.4 não deve ser confundido com o padrão ZigBee, pois o primeiro foi desenvolvido independentemente do ZigBee [7].

A camada física tem a função de permitir a transmissão e a recepção de dados. É nela que se enquadram os circuitos eletrônicos que fazem as trocas de informações, que no caso das redes ZigBee são os módulos transceptores de radiofrequência. Já a camada MAC é responsável por controlar o acesso aos canais de radiofrequência, utilizando mecanismos de prevenção de colisão CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*). Além disso, especifica os tipos de dispositivos permitidos na rede, garantindo a segurança de operação.

A camada de rede é a primeira camada que é definida pela *ZigBee Alliance*. Foi projetada para controlar o início e o fim da atividade dos dispositivos da rede, além de detectar a inclusão de novos equipamentos na vizinhança armazenando suas informações e posição dentro dos nós. Ainda nesta camada, estão presentes os mecanismos de descoberta de rotas e encaminhamento de informação. A camada de aplicação encarrega-se de assegurar uma correta gestão e suporte para as diversas aplicações do ZigBee [9].

Atualmente, a tecnologia ZigBee vem sendo fortemente adotada na automação industrial e residencial, principalmente pela transmissão de dados a uma baixa taxa de transferência utilizando o mínimo de energia possível, visto que os atuais sensores fornecem respostas confiáveis com apenas alguns bits, ou com níveis baixos de tensão que podem ser transformados em poucos bits em uma simples conversão analógica/digital.

O fato de se utilizar a faixa de frequência livre é onde se tem a grande vantagem, pois em uma automação residencial, por exemplo, não é necessária uma autorização da ANATEL para sua operação, o que inclusive deixa o sistema com um custo menor. No caso do presente projeto, os mesmos propósitos se aplicam, visto a baixa taxa de transmissão necessária e a não necessidade de autorização da ANATEL para a comunicação entre o controle remoto e a central de processamento.

A norma IEEE 802.15.4 regulamenta 27 canais de frequência livres para operação do ZigBee, divididos em três faixas de frequência. A primeira, contendo apenas um canal entre 868 MHz e 868,6 MHz, é utilizada somente na Europa. A segunda faixa começa em 902 MHz e termina em 928 MHz, oferece 10 canais e é utilizada comumente na América do Norte e recentemente foi homologada para operação no Brasil. Por fim, a última faixa vai de 2,4GHz até 2,4845GHz, oferece 16 canais e é utilizada em todo o mundo [9]. A figura 6 ilustra o número de canais de acordo com a faixa de frequência escolhida e também a separação entre portadoras adjacentes, que no caso da faixa de 900 MHz é de 2 MHz e na faixa de 2.4 GHz é de 5 MHz.

A modulação dos sinais em redes ZigBee também depende da faixa de frequência utilizada. Nas faixas de 868 e 900 MHz são utilizadas a modulação BPSK (*Binary Phase Shift Keying*) e na faixa de 2.4 GHz a modulação utilizada é a OQPSK (*Offset Quadrature Shift Keying*) [8].

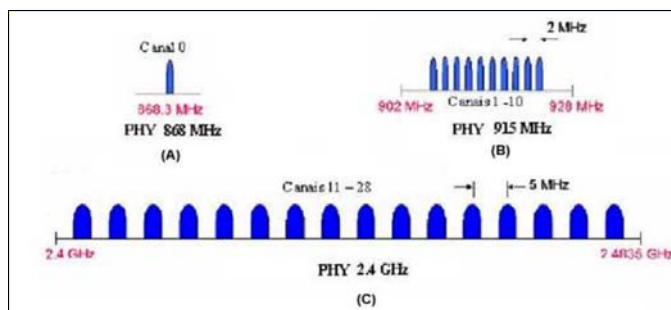


Fig. 6. Estrutura dos canais IEEE 802.15.4 [9].

Em suma, as principais características da tecnologia Zigbee são a baixa taxa de transmissão de dados, o baixo custo para implantação e a baixa potência de transmissão, que leva a um baixo consumo de energia. Desta forma, a tecnologia ZigBee geralmente é classificada como uma tecnologia WPAN (*Wireless Personal Area Network*), que tem como particularidade um alcance máximo, em torno de 100 metros.

Esta classificação é coerente, visto que a frequência de operação na qual os primeiros dispositivos lançados comercialmente eram na faixa de 2.4GHz. Com isso, é comum encontrar em bibliografias a comparação desta tecnologia com, por exemplo, Bluetooth e IEEE 802.11, que trabalham na mesma faixa de frequência supracitada. Sendo assim, a tabela 1 mostra um comparativo entre os alguns protocolos para redes WPAN e WLAN (*Wireless Local Area Network*) [7].

TABELA 1
COMPARATIVO ENTRE ZIGBEE, BLUETOOTH E IEEE 802.11B [7].

	TAXA DE TRANSFERÊNCIA	RAIO DE ALCANCE	APLICAÇÃO
ZigBee	20 a 250 kbps	10 a 100 m	Redes de sensores sem fio
Bluetooth	1 a 3 Mbps	2 a 10 m	Fones e mouses sem fio
IEEE 802.11b	1 a 11 Mbps	30 a 100 m	Conexão de internet sem fio

Pode-se observar que a grande diferença do Zigbee para as outras tecnologias mostradas na tabela 1, refere-se à baixa taxa de transferência de dados, o que leva a uma excelente aplicação em redes de sensores sem fio. Além disso, o consumo de energia dos dispositivos Zigbee é muito inferior em relação às outras tecnologias. Contextualizando a tecnologia Zigbee no presente projeto, a quantidade de informação trocada entre controle remoto e central de processamento do alarme é demasiadamente baixa, fazendo com que a taxa de transmissão desta tecnologia adapte-se perfeitamente à aplicação. Além disso, o baixo consumo de energia é benéfico, principalmente para o controle remoto, que dispõe apenas de uma bateria de pequeno porte como recurso energético.

Entretanto, o raio de alcance máximo listado na tabela 1 não corresponde à expectativa do alcance esperado do projeto, que conforme já foi dito, corresponde à 10 Km. Esse alcance

limitado apresentado na tabela 1 se deve a um conjunto de características que leva o módulo de transmissão operar com uma distância máxima de 100 metros em ambientes sem obstrução. Desde que a tecnologia ZigBee foi criada, diversas características foram modificadas para que um maior número de aplicações fossem suportadas por tal tecnologia.

Para se implementar a tecnologia ZigBee no presente trabalho são utilizados os módulos XBee da fabricante Digi®. O módulo XBee pode ser definido como uma plataforma embarcada de radiofrequência que utiliza uma mesma configuração física de pinos para diferentes séries de arquitetura de hardware e software. Dessa forma, se for necessário substituir um hardware de uma série por outra, não haverá problemas nas configurações de pinos, pois eles terão os mesmos espaçamentos, numeração e, dependendo do hardware, os pinos terão as mesmas funções. Porém, o protocolo destinado a uma série não funciona em outra [7]. A figura 7 ilustra um módulo XBee Série 1 da Digi®.



Fig. 7. Módulo Xbee S1.

A tabela 2 mostra as principais características de três séries de módulos XBee disponíveis no mercado, sendo apresentados apenas os modelos XBee-Pro, pois trabalham com uma potência de transmissão maior em relação aos módulos convencionais, o que possibilita uma comunicação a uma maior distância. Existem outras séries de módulos XBee, como por exemplo, a série 6 que tem compatibilidade com redes IEEE 802.11x, conhecido como XBee Wi-fi.

TABELA II
COMPARATIVO ENTRE MÓDULOS XBEE-PRO DA DIGI®.

	XBee-Pro S1	XBee-Pro S2	XBee-Pro S3
Alcance Máximo*	1600 m	3200 m	14000m
Potência de Transmissão	63 mW	50 mW	250 mW
Sensibilidade de Recepção	-100 dBm	-102 dBm	-101 dBm
Frequência de Operação	2.4 GHz	2.4 GHz	900 MHz
Taxa de Transmissão	250 Kbps	250 Kbps	10 Kbps

*Alcance máximo *outdoor*, que pode ser estendido com o uso de antenas externas.

Desta forma, para se obter o alcance de 5000 metros conforme proposto pelo trabalho, serão utilizados os módulos XBee-Pro S3, que operam na frequência de 900 MHz e possuem taxa de transmissão de 10 Kbps.

Apesar da potência de transmissão de 250 mW do módulo da série 3 ser muito maior em relação à potência de transmissão dos módulos de outras séries, o consumo

energético final (bateria) do módulo acaba sendo muito pequeno. Isso se deve ao fato da tecnologia ZigBee suportar seis modos de operação para minimizar o consumo de energia e assim garantir um elevado tempo de vida na rede. Os modos de operação dos dispositivos ZigBee são: modo inativo, modo de recepção, modo de comando, modo sono (*sleep*), modo de transmissão e modo ativo. Uma breve descrição da funcionalidade de cada modo é realizada abaixo.

- Modo Inativo: Neste modo tem-se o dispositivo sem transmitir ou receber dados.
- Modo de recepção: Modo em que o dispositivo disponibiliza dados válidos recebidos em seu *buffer*.
- Modo de comando: Modo em que todos os dados recebidos pela antena são transformados em parâmetros a serem executados.
- Modo sono: É o modo onde se tem o menor consumo de energia, pois o dispositivo se encontra inativo por alguns microssegundos, chegando a consumir alguns microamperes.
- Modo de transmissão: Neste modo os dados estão prontos para serem empacotados e o dispositivo que deseja transmitir conhece o endereço do destino final, e sabe qual é o nó mais próximo para se entregar o pacote. Não conhecendo a rota, o dispositivo entra em um modo de descoberta de onde o nó final está, onde é feita uma análise para que o dado chegue com segurança.
- Modo ativo: É o modo onde o dispositivo se encontra em recepção, comando ou transmissão, havendo o maior consumo de energia.

C. Microcontroladores PIC

Os microcontroladores são pequenos dispositivos dotados de “inteligência”, basicamente constituídos de CPU (*Central Processing Unit*), memória de dados e de programa e periféricos, tais como portas I/O, I²C, SPI e USART. Suas dimensões são resultantes de alta capacidade de integração, em que milhões de componentes são inseridos em uma única pastilha de silício pela técnica de circuitos integrados [8].

Os microcontroladores serão utilizados no projeto tanto na central de processamento, quanto no controle remoto. Na central de processamento, o microcontrolador terá a função de analisar todos os sensores instalados no veículo e no caso de alguma variação nos parâmetros desses sensores, o microcontrolador fica responsável de encaminhar uma informação ao módulo transceptor ZigBee e também disparar os dispositivos de emergência (luzes e buzina). Já no controle remoto, o microcontrolador terá a funcionalidade de executar a interface entre o módulo transceptor ZigBee e o display de LCD que irá apresentar ao usuário o motivo do disparo do alarme. Desta forma, para agregar essas características exclusivas ao circuito eletrônico do alarme automotivo, foram utilizados os microcontroladores da Microchip.

A Microchip é uma empresa que foi inicialmente representada no Brasil pela empresa Aplicações Eletrônicas Artimar Ltda., ou apenas Artimar desde 1990, e nos dias atuais existem muitas outras parcerias que fez com que a Microchip se tornasse popular. A Microchip é uma empresa que desenvolve microcontroladores para inúmeras aplicações, e estes microcontroladores vêm sendo utilizados por diversas

universidades e cursos técnicos pela sua facilidade de implementação e programação [6].

O PIC (*Programmable Interface Controller*) é uma família de microcontroladores fabricados pela empresa Microchip que processam dados de até 32 bits [10]. A capacidade de memória de armazenamento, o tempo de processamento e a robustez são características que dão ao PIC uma confiabilidade de uso e por esse motivo foram escolhidos para o emprego no presente projeto.

O modelo escolhido foi o PIC16F877A de 40 pinos com encapsulamento PDIP (*Plastic Dual In-Line Package*), que apresenta como principais características técnicas [11]:

- Comunicação Serial: MSSP e USART;
- Portas I/O: A, B, C, D, E, totalizando 33 portas;
- 8 Canais para conversor analógico/digital com resolução de 10 bits;
- Memória de dados: 368 bytes;
- Memória de programa: 8096 bytes;
- Frequência de operação: 20 MHz.

A Fig. 8 apresenta a descrição dos 40 pinos do PIC16F877A.

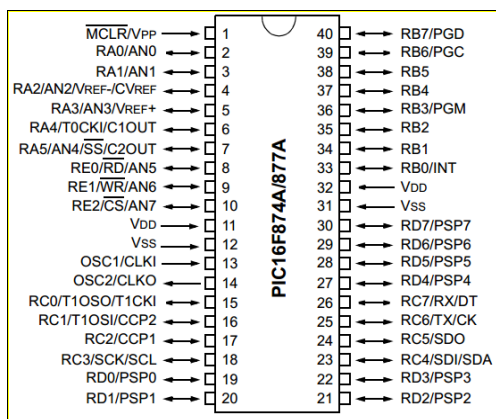


Fig. 8. Pinagem do PIC16F877A [11].

D. Sensores

Sensores são dispositivos responsáveis pela detecção de eventos que denunciam alguma violação das condições normais do sistema [12]. Para o caso específico de sistema de alarme automotivo, os sensores monitoram movimentos no interior do veículo, violação e movimentos nas portas. Tais movimentos são detectados pelos sensores e transformados em sinais elétricos que os representam através de tensões ou correntes elétricas, que são analisados constantemente pelo microcontrolador embarcado na central de processamento do alarme.

Existem vários tipos de sensores utilizados para o monitoramento no alarme de um veículo, sendo os dois sensores utilizados no presente trabalho o sensor de contato e o sensor ultrassônico.

Os sensores de contato, como o próprio nome infere, são utilizados para detectar o contato mecânico entre duas partes de um sistema. Os sensores de contato podem ser divididos em duas categorias: binários e analógicos. Os sensores de contato binários informam apenas dois estados, como por exemplo, aberto ou fechado. Já os sensores de contato

analógicos, a informação de saída é proporcional à força mecânica exercida sobre o sensor.

No dispositivo antifurto, são utilizados os sensores de contatos binários para detectar se as portas do veículo estão fechadas ou abertas.

Os sensores ultrassônicos têm o funcionamento baseado na emissão e reflexão de ondas acústicas. Utiliza-se um circuito eletrônico específico responsável por gerar um trem de pulsos que tem como objetivo excitar um transdutor piezoelétrico e este, por sua vez, gera um pulso de pressão acústica que se propaga no meio. O sensor ultrassônico transmite e emite seus sons não audíveis na frequência usual de 30 a 300 kHz, sendo a velocidade de operação do sensor é limitada por um frequência, em média de 1 Hz a 125 Hz. Os sensores analisam a emissão e a detecção dessas ondas, assim podem detectar objetos que se oponham ao caminho das ondas. Nos sistemas antifurto são utilizados para identificar a presença de indivíduos dentro do veículo e a violação de vidros para a ativação do alarme.

A figura 9 ilustra os modelos de sensores de contato (à esquerda) e ultrassônico (à direita), utilizados no projeto.

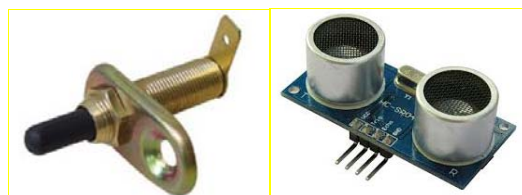


Fig. 9. Sensor de Contato e Sensor Ultrassônico.

III. RESULTADOS

O desenvolvimento do projeto ocorreu tanto em ambiente virtual, por meio de utilização de softwares específicos para a simulação dos circuitos eletrônicos, como também com testes reais em bancada, utilizando-se diretamente os componentes eletrônicos interligados por meio de matrizes de contatos. Algumas etapas do projeto tiveram que, obrigatoriamente, ocorrer diretamente em bancada, seja pela indisponibilidade do modelo do componente na base de dados dos softwares, como também, pela necessidade de se verificar algumas propriedades funcionais de componentes, como por exemplo, sensibilidade do sensor ultrassônico.

A. Softwares Utilizados

Um software imprescindível para o desenvolvimento do projeto foi o MPLAB, de propriedade da Microchip®, que é utilizado para o desenvolvimento do código fonte que será empregado no microcontrolador PIC16F877A. Este mesmo software é também utilizado para realizar a compilação do código fonte e a gravação deste no microcontrolador, por meio de um kit de gravação com um cabo USB.

Outro software que também foi bastante utilizado no desenvolvimento do projeto é o PROTEUS, da LabCenter Eletronics®. Este software permite simular o funcionamento do microcontrolador interligado diretamente ao circuito eletrônico que o mesmo irá controlar. Isso é possível, pois o código fonte desenvolvido no MPLAB pode ser importado no

PROTEUS como o firmware a ser executado pelo microcontrolador. Entretanto, conforme supracitado, não foi possível realizar, de forma integral, a simulação em ambiente virtual, pois alguns componentes não estavam na base de dados desse software, tal como o sensor ultrassônico e os módulos de comunicação ZigBee.

Foi também utilizado o software X-CTU da Digi® para realizar a parametrização e configuração dos módulos de comunicação ZigBee.

Por fim, o software EAGLE, da CadSoft®, foi também utilizado para a geração do layout final do projeto, que após definido e finalizado, é transferido por alguma técnica de impressão para se tornar uma placa de circuito impresso, onde os componentes serão posteriormente soldados. Esta etapa de passagem do protótipo da matriz de contatos para uma placa de circuito impresso ainda não estava concluída até elaboração deste artigo. Entretanto, os layouts, tanto do controle remoto como da central de processamento, já estão definidos.

B. Material Utilizado

O projeto visa a instalação do protótipo da central de processamento diretamente no veículo. Desta forma, a alimentação elétrica de todo o circuito será realizada pela bateria de 12V do veículo. Entretanto, os dispositivos eletrônicos empregados trabalham com tensão diferente da fornecida pela bateria do veículo. Com isso, houve a necessidade de realizar um circuito específico de adaptação, tanto da alimentação do circuito, como também dos sinais que são recebidos pelos microcontroladores. Para isso, foram utilizados reguladores de tensão em 3,3V e 5V, dotados de dissipadores de calor, para maior confiabilidade ao projeto. Foram também utilizados transistores nas saídas do microcontrolador para acionar relés, que por sua vez acionam as setas e o dispositivo de emissão de alerta sonoro do veículo. Os relés permitem que esses dispositivos sejam alimentados com 12V a partir dos 5V presentes na saída do microcontrolador.

No controle remoto, houve também a necessidade de se construir um circuito de regulação, porém, a alimentação deste é provida por uma bateria de 9V. No controle remoto também foram utilizados transistores, para que de forma automática, através da saída do microcontrolador se possa ativar ou desativar o backlight do LCD, propiciando ao projeto maior economia de energia.

Tratando-se de displays de LCD, foram utilizado duas unidades de LCD 16x2 com backlight. Um deles está inserido no controle remoto para notificar as mensagens vindas da central, como por exemplo, a mensagem de “Porta Aberta”.

Outro display foi utilizado na central de processamento. Como o projeto em questão não é exclusivo para um modelo de veículo, o mesmo deve-se adaptar às características do veículo na qual for instalado. Para essa adaptação, no momento em que o alarme é ligado, há inicialmente um período de avaliação, na qual o sensor ultrassônico modelo TRF05 começa a mensurar o tempo de resposta das ondas sonoras emitidas (eco), como um método de avaliação do ambiente. Desta forma, os parâmetros de tempo máximo e mínimo são armazenados no microcontrolador e servem como referência para comparação das amostras coletadas após o

período de avaliação. Quando alguma variação brusca ocorrer nos valores amostrados, entende-se que houve alguma variação no ambiente, levando o microcontrolador a disparar o alarme. Sendo assim, o segundo display foi utilizado para se verificar os valores mensurados pelo sensor, a fim de avaliar o funcionamento do projeto. A figura 10 ilustra uma mensagem apresentada no display da central de processamento durante o período de testes em bancada. Neste caso, o maior tempo de duração de ida e volta dos pulsos gerados durante o período de avaliação do ambiente pelo sensor ultrassônico foi de aproximadamente 1.2 ms.



Fig. 10. Maior tempo de resposta obtido durante a fase de avaliação do ambiente, realizado pelo sensor ultrassônico.

Com isso, qualquer valor mensurado pelo sensor ultrassônico que esteja fora dos limites máximo e mínimo obtidos durante a fase de avaliação, faz com que o alarme dispare. A figura 11 mostra os resultados em que foi forçada uma violação no veículo pelas janelas. Dessa forma, a duração do pulso capturado pelo sensor ultrassônico ultrapassou o limite máximo de 1.2 ms (figura da esquerda), levando o alarme a disparar e, consequentemente, fazendo com que o controle remoto vibre e disponibilize em seu display o motivo do disparo (figura da direita).

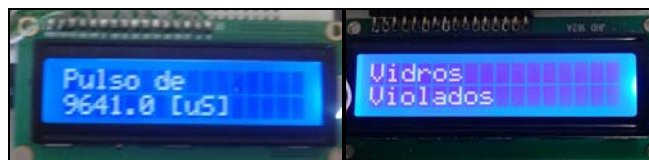


Fig. 11. Disparo do alarme pelo sensor ultrassônico. Display da esquerda ilustra o pulso medido e o display da direita a mensagem do controle remoto.

Para executar todas as funcionalidades, tanto da central de processamento, quanto do controle remoto, foram utilizados três microcontroladores PIC16F877A, sendo dois empregados na central e um no controle remoto.

No controle remoto, o microcontrolador empregado tem o papel de analisar as mensagens vindas do módulo transceptor ZigBee e efetuar as eventuais ações, tais como, disponibilizar as mensagens no display e acionar um micro motor desbalanceado, com o intuito de fazer o controle vibrar. Além disso, o processo de ativação e desativação do alarme é também processado pelo microcontrolador presente no controle remoto.

Já na central de processamento, foi necessário o uso de dois microcontroladores, sendo um deles exclusivo para o sensor ultrassônico e seus dados a serem mostrados no display e outro para executar a comunicação serial com o módulo transceptor ZigBee e demais funções de verificação do alarme. Essa divisão de tarefas por parte dos microcontroladores foi necessária, pois o sensor ultrassônico foi programado para

operar como interrupção externa dentro do algoritmo, que neste caso, possui prioridade de processamento sobre todas as funções do microcontrolador. A interrupção externa gerada pelo sensor ultrassônico é intermitente, o que impossibilita a comunicação serial com os módulos Zigbee em um mesmo microcontrolador.

Por fim, foram utilizados dois módulos transceptores Xbee-Pro Série 3 da Digi® modelo XBP9B-DMWTB002, que funcionam na faixa de 900 MHz, para estabelecer o enlace de rádio que permite a comunicação entre a central de processamento e o controle remoto.

C. Apresentação do Protótipo e Testes Finais

Até o momento da redação deste artigo, o protótipo não estava completamente finalizado, faltando apenas passar o circuito eletrônico, montado nas matrizes de contato, para as placas de circuito impresso.

Sendo assim, a figura 12 ilustra a central de processamento completa montada na matriz de contatos e as interconexões realizadas por meio de *jumper*s.

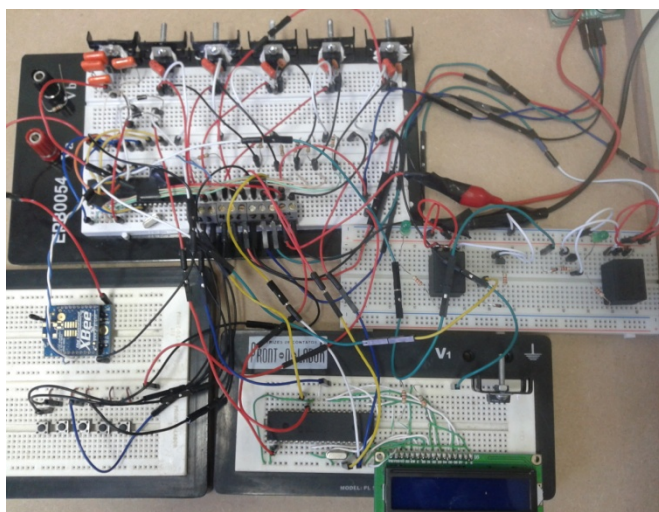


Fig. 12. Central de processamento do alarme montada na matriz de contatos.

Já a estrutura final do controle remoto, também montado na matriz de contatos é mostrada na figura 13.

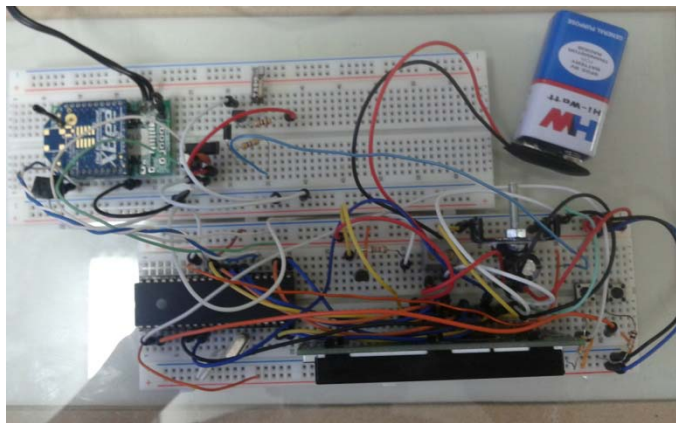


Fig. 13. Controle remoto montado na matriz de contatos.

Conforme dito anteriormente, o layout final do circuito impresso já foi desenvolvido no software EAGLE. Desta forma, o tamanho real da central de processamento que será instalada no veículo terá uma dimensão de 20 cm de largura por 20 cm de comprimento. Já o controle remoto terá, inicialmente, uma área de 10 cm de comprimento por 10 cm de largura. Entretanto, otimizações no circuito que já foram observadas, levarão a uma redução da dimensão total do controle remoto.

A figura 14 apresenta algumas das mensagens que poderão ser apresentadas no display do controle remoto.



Fig. 14. Algumas das possíveis mensagens disponibilizadas no controle remoto.

Com relação ao alcance máximo atingido pelo projeto, obteve-se uma distância próxima à 5 Km em ambiente totalmente aberto. Há ainda a possibilidade em se aumentar ainda mais essa distância alcançada, fazendo-se o uso de antenas externas que possuam ganhos. O desempenho em ambientes com obstrução não foi verificado até o momento da escrita do presente artigo, mas certamente possibilitará um alcance maior do que os dispositivos campeões de venda no mercado atual.

IV. CONCLUSÕES

O objetivo do projeto foi alcançado, pois se conseguiu verificar, com até 5 Km de distância, as possíveis violações que um veículo possa sofrer, considerando neste a instalação de um dispositivo autônomo, que necessita apenas da alimentação 12V da bateria.

O dispositivo apresentado neste artigo apresenta-se como uma solução segura para usuários de todas as classes sociais, pois o valor do projeto completo se assemelha ao valor dos dispositivos de curto alcance vendidos no mercado e, além disso, não há a necessidade de pagamentos de tarifas mensais.

Como este projeto trata-se de um protótipo, otimizações são possíveis e nesse caso, várias delas já foram diagnosticadas e serão implementadas para a elaboração de um projeto com cunho cada vez mais comercial. Além disso, mais funcionalidades podem ser inseridas no alarme, tais como bloqueio da ignição e acoplamento com o sistema de travas e vidros elétricos no veículo.

Outro fator que certamente é benéfico ao projeto é considerar a substituição dos componentes tanto da central de

processamento, quanto do controle remoto, por componentes SMD (*Surface Mount Device*), o que reduziria a dimensão dos mesmos.

V. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao grupo de pesquisa do curso de Engenharia Elétrica da PUC Minas em Poços de Caldas pelo espaço e infraestrutura cedida para o desenvolvimento do projeto e também ao PROBIC (Programa de Bolsas de Iniciação Científica) da PUC Minas pelo apoio financeiro ao projeto.

REFERÊNCIAS

- [1] SSP-SP. Secretaria da Segurança Pública do Estado de São Paulo. Dados estatísticos de ocorrências policiais registradas por mês. Disponível: <http://www.ssp.sp.gov.br/novaestatistica/Pesquisa.aspx>
- [2] Portal de notícias G1. Disponível: <http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2013/10/moradores-filmam-furtos-de-carros-luz-do-dia-e-ladroses-sao-presos-no-df.html>
- [3] Portal de notícias UOL. Disponível: <http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2011/05/08/furtos-e-roubos-de-carros-avanca-em-grandes-capitais-do-brasil-e-assusta-moradores.htm>
- [4] PST Eletronics, Pósitron. Disponível: <http://www.positron.com.br>
- [5] L. F. Oliveira, “Integração De Um Medidor De Energia Elétrica À Comunicação *Wireless* Através De Redes Zigbee”. Monografia (Conclusão do curso) – Universidade Federal de Sergipe, Centro de Ciência Exatas e Tecnologia, Departamento de Engenharia Elétrica, Sergipe. 2010. 71p.
- [6] L. E. dos Reis e C. I. Frison, “Requisitador de serviços e dados utilizando o padrão ZigBee”. Monografia de Conclusão do Curso de Engenharia Elétrica – PUC Minas *campus* Poços de Caldas, Departamento de Engenharia Elétrica, Minas Gerais. 2012. 46p.
- [7] J. S. B. Ramos, “Instrumentação Eletrônica Sem Fio: Transmitindo Dados com Módulos XBee ZigBee e PIC16F877A”. 1 ed. São Paulo Editora Érica, 2012. 238p.
- [8] M. V. Gonçalves e R. V. Dal’ava, “Projeto de Sistema Microcontrolado para Instrumentação Sem Fio Utilizando Tecnologia ZigBee e Monitoramento Via Rede Ethernet”. Monografia de Conclusão do Curso de Engenharia Elétrica – PUC Minas *campus* Poços de Caldas, Departamento de Engenharia Elétrica, Minas Gerais. 2013. 108p.
- [9] L. V. Santana, “O Uso da Internet e da Comunicação Sem Fio Via ZigBee em Sistemas Embutidos” Monografia (Conclusão do curso) – Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Colegiado Do Curso de Engenharia de Controle e Automação, Minas Gerais. 2008. 89p.
- [10] F. Pereira, “Microcontroladores PIC: Programação em C”. 2 ed. São Paulo, Editora Érica, 2003. 358p.
- [11] Datasheet do Microcontrolador Microchip PIC16F887A. Disponível: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>
- [12] A. A. Guimarães, “Eletrônica Embarcada Automotiva”. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2007.

Estudo de Automação Residencial para redução do consumo de Energia Elétrica

Laís de Cássia Silva Alfredo

Ana Letícia Gomes Gonçalves

Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel
lais.alfredo@get.inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel
ana.leticia@get.inatel.br

Resumo—Este documento contém informações sobre o estudo realizado para a automatização residencial com o objetivo da redução do consumo de Energia Elétrica. Os dados de consumo típicos foram estudados para determinar como o uso da Automação pode impactar no consumo residencial, tendo um foco principal sobre a tecnologia Smart Grid.

Palavras chave— Automação, consumo de energia, economia de energia, Smart Grid.

I. INTRODUÇÃO

Vive-se numa época onde a informação e o conhecimento estão mais acessíveis, onde as facilidades do mundo moderno trouxeram conforto e melhoraram a expectativa de vida. Porém, para se conquistar tudo isso, foi exigido um preço: energia! Os recentes apagões que algumas regiões do país sofreram, ou até mesmo quedas de energias, são um reflexo de seu consumo exacerbado [1]. Além disso, o mundo está experimentando algumas tendências que afetam substancialmente a economia de energia, como o crescimento populacional, aumento da urbanização, impacto ambiental crescente, aquecimento global, escassez de combustíveis fósseis, aumento do custo de energia primária, infraestrutura de energia envelhecida e melhoria dos padrões de vida em regiões de alta densidade populacional.

Tomando como exemplo o Município de São Paulo, que de acordo com o Anuário Estatístico de Energéticos da Secretaria de Energia do Estado (SEE) [2], “São Paulo apresentou, em 2011, um consumo total de Energia Elétrica de 2.8×10^{10} kWh, sendo que aproximadamente 80% desse valor foi de uso residencial, comercial, iluminação pública e poder público. A Indústria foi responsável apenas por aproximadamente 13% do consumo do Município de São Paulo. A iluminação consome uma grande quantidade de energia nos edifícios comerciais. Do total de energia consumida em um edifício, 20% é aplicada em iluminação e, se considerada apenas a energia elétrica de rede, a iluminação é o principal fator de consumo, uma vez que consome 40% do total [3]. Em uma residência, a iluminação é responsável por 25% do consumo mensal de energia elétrica [4]. Com base nesses dados é necessário aplicar uma forma de redução de energia sem interromper o conforto da população, uma vez que a demanda pela energia elétrica está crescendo a um ritmo muito mais rápido que o seu abastecimento.

Na Europa há uma grande preocupação com a energia. O governo faz controles rígidos sobre a população a fim de racionalizá-la, além de exigir a implantação de sistemas de automação voltados para a redução do consumo em prédios da classe mais baixa. Porém, poucas pesquisas nesse âmbito foram realizadas no Brasil e ainda não há normas regulamentadoras para esse fim.

Baseado nesse campo, foi realizada uma pesquisa quantitativa de quanto um sistema de controle e automação pode proporcionar de economia de energia para uma residência.

Assim, o foco principal foi verificar a eficácia de um sistema de automação para a redução dos índices de consumo de energia, provando que o uso de forma eficiente de Energia reduziria os gastos.

II. METODOLOGIA

Após um processo de pesquisa, encontraram-se meios de redução do consumo de energia elétrica para uma residência. Eles foram analisados e a viabilidade de suas aplicações no projeto em questão foi verificada.

As etapas mencionadas a seguir, foram baseadas na tabela de estimativa de consumo médio mensal de eletrodomésticos de acordo com um uso hipotético realizado e divulgado pela Eletrobrás[5].

A. Consumo de Eletrodomésticos

A princípio foi realizada uma análise do consumo de alguns eletrodomésticos que compõe uma residência, gerando um gráfico que expressa esse consumo em um determinado período de tempo.

Para calcular o consumo do eletrodoméstico, basta utilizar a regra abaixo:

Consumo = (potência em watt/1000) x (tempo) número de horas = total em kWh. (1)

Para calcular o custo mensal em reais, multiplica-se o consumo médio em kWh pelo valor da tarifa cobrada pela concessionária local [6].

O gráfico Consumo Médio Mensal foi baseado na “Tabela de estimativa de consumo médio mensal de eletrodomésticos de acordo com um uso hipotético” realizado pela Eletrobrás [5]. Foram utilizados os dados dos eletrodomésticos mais comuns nas residências.

Cons. Médio Mensal (Kwh)

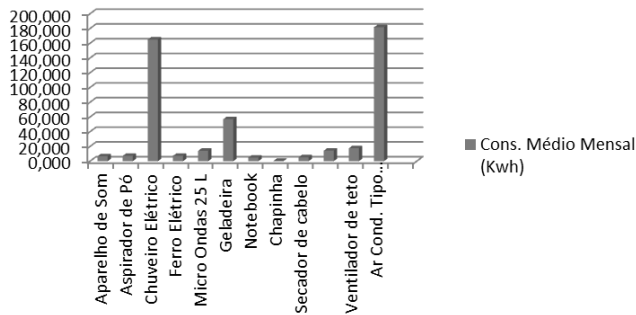


Figura 1 – Consumo Médio Mensal.

A seguir, a Tabela I apresenta a estimativa de consumo médio mensal de eletrodomésticos de acordo com um uso hipotético realizado pela Eletrobrás. Foram retirados da tabela original, apenas alguns eletrodomésticos mais comuns nas residências estudadas.

TABELA I – CONSUMO DOS ELETRODOMÉSTICOS

Aparelho Elétrico	Cons. Médio Mensal (Kwh)
Aparelho de Som	6,600
Aspirador de Pó	7,170
Chuveiro Elétrico	165,000
Ferro Elétrico	7,200
Micro Ondas 25L	13,980
Geladeira	56,880
Notebook	4,800
Chapinha	0,330
Secador de cabelo	5,215
Tv em cores 32" (LCD)	14,250
Ventilador de teto	17,520
Ar Cond. Tipo Janela	181,600

Foram considerados os dados da Tabela II para a elaboração do gráfico da figura 2 os equipamentos de maior consumo, tais como aspirador de pó, chuveiro elétrico, forno de micro-ondas, secador de cabelo e ar condicionado. Os demais equipamentos mencionados na tabela, com um consumo menos significativo, foram considerados como outros.

Consumo em 1 hora (Kwh)

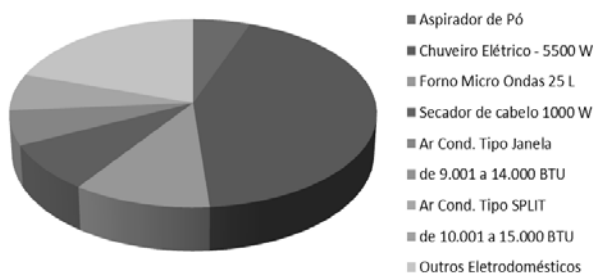


Figura 2 - Consumo dos equipamentos em 1 hora de uso.

TABELA II - CONSUMO EM 1 HORA

Aparelho Elétrico	Consumo em 1 hora (Kwh)
Aspirador de Pó	0,717
Chuveiro Elétrico - 5500 W	5,5
Forno Micro Ondas 25L	1,398
Secador de cabelo 1000 W	1,043
Ar Cond. Tipo Janela de 9.001 a 14.000 BTU	0,757
Ar Cond. Tipo SPLIT De 10.001 a 15.000 BTU	0,807
Outros Eletrodomésticos	2,544

B. Redução do Consumo de Energia Elétrica através da utilização de Sensores de Presença

Um artigo de Iniciação Científica [7] realizado pelos alunos da PUCRS e orientado por Odilon Francisco Pavón Duarte foi um ponto de estudo para a determinação do impacto da automação no consumo de energia. O estudo descreve um experimento realizado pelos alunos: a instalação de sensores de presença em uma das salas do prédio 50 da PUCRS. Duas salas, equivalentes, do mesmo prédio, foram comparadas, resultando na Tabela III.

Tabela III – Comparativa entre as salas

Período de Teste:	32 dias
Sala	Kwh
Sala sem Sensor	42,82
Sala com Sensor	33,81

A figura 3 apresenta o gráfico “Redução de Consumo através de Sensores de Presença”, elaborado baseado nos resultados de Iniciação Científica da PUCRS - Potencial de Economia de Energia Elétrica através da Utilização de Sensores de Presença - Aplicação no Prédio 50 da PUCRS [7].

32 dias Kwh

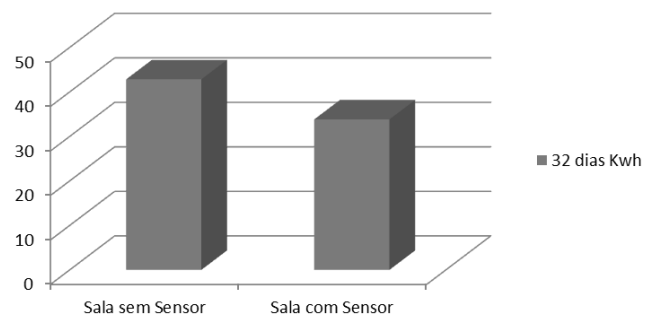


Figura 3 - Redução de Consumo através de Sensores de Presença

Comparando o consumo das duas salas, a sala monitorada com os sensores de presença proporciona um consumo de energia elétrica de aproximadamente 22%, comparado com a sala sem o sensor de presença.

C. Smart Grid –Redes Inteligentes

Foi estudado também outro tipo de automação que poderia ser implantado para a redução do consumo de energia, sendo ela a Redes de Energia Elétrica Inteligente – *Smart Grid*.

De acordo com o artigo Redes de Energia Inteligente (Smart Grid), publicado em Abril de 2012 por Fausto de Paula Menezes Bandeira[8], a solução *Smart Grid* já foi implantada em vários países.

“Com o objetivo de estabelecer mecanismos de colaboração e troca de experiências entre os países no desenvolvimento de redes de energia elétrica inteligentes, foi criado um grupo de trabalho internacional (International Smart Grid Action Network - SGAN1) no âmbito da Agência Internacional de Energia (International Energy Agency – IEA). Participam desse grupo de trabalho: Austrália, Alemanha, Áustria, Bélgica, Canadá, Coréia do Sul, Espanha, EUA, Finlândia, França, Holanda, Índia, Inglaterra, Irlanda, Itália, México, Noruega, Rússia, Suécia e Suíça. Foram convidados a integrar o ISGAN: África do Sul, Brasil, China, Dinamarca, Japão, e Turquia”.

No Brasil encontram-se alguns projetos pilotos conduzidos por distribuidoras de energia elétrica. Pode-se destacar o Ministério de Minas e Energia – MME[9] que criou um grupo de trabalho para analisar e identificar ações necessárias para subsidiar o estabelecimento de políticas públicas para a implantação de um Programa Brasileiro de Rede Elétrica Inteligente. Esse grupo de trabalho era composto por representantes do MME, da Empresa de Pesquisa Energética – EPE, do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica da Eletrobrás – CEPTEL, da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL e do Operador Nacional do Sistema – ONS.

A ANEEL também vem desenvolvendo diversas atividades associadas à implantação de redes inteligentes de energia elétrica no País. Algumas concessionárias de distribuição de energia elétrica, como Ampla, CPFL, Cemig, e Light também fazem pesquisas e projetos na área.

Outras pesquisas neste âmbito também foram encontradas e analisadas, como o relatório publicado pelo Grupo de Trabalho de Redes Elétricas Inteligentes do Ministério de Minas e Energia [9] que em sua publicação apresentou sua conclusão através de um estudo de caso a respeito do *Smart Grid*.

III. CONCLUSÕES

Como foi proposto inicialmente no projeto, seria realizado

um estudo sobre automação residencial para o consumo de energia elétrica. Para tal, encontraram-se algumas soluções cabíveis, como os projetos para redução do consumo dos eletrodomésticos que mais consomem energia. A automação fica por conta da utilização de sensores.

Outro resultado que atende a proposta inicial é o *Smart Grid*. Embora seu objetivo principal não seja a automação e sim a medição do consumo em tempo real, ele auxilia na conscientização da redução do consumo. Para a implantação desse projeto, poderiam ser anexados a ele, outros meios de automação como sensores.

REFERÊNCIAS

- [1] B. Ehmann (2011, Fevereiro). Nova Era da Eletricidade para economia de energia. Rede Inteligente. [Jornal Online]. Disponível: <http://www.redeinteligente.com/2011/02/07/nova-era-da-eletricidade-para-economia-de-energia-sustentavel/>
- [2] Secretaria de Energia. (2012). Anuário Estatístico de Energéticos por município do estado de São Paulo-2011. [Monografia Online]. Disponível em: <http://www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/361.pdf>
- [3] Legrand. Solução de Gerenciamento de Iluminação. Edição 2011. [Revista]
- [4] F. Santesso. (2012, Outubro) Evolution Automação Residencial. [Online]. Disponível em: <http://www.evoautomacaoresidencial.com.br/eficiencia-energetica.html>
- [5] Eletrobrás. (2013, Agosto). Tabela de Consumo Eletrobrás. Disponível em: <http://www.eletrobras.com/elb/main.asp?TeamID=%7B32B00ABC-E2F7-46E6-A325-1C929B14269F%7D>
- [6] Aneel. Tarifas Residenciais Vigentes. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=493&idPerfil=4>
- [7] B. M. Petry, D. R. Moreira, G. R. Rodrigues, M. H. Klauck, T. M. Pinto e W. C. Madruga. (2009). Potencial de Economia de Energia Elétrica através da Utilização de Sensores de Presença. Disponível em: http://www.pucrs.br/edipucrs/XSalaoIC/Engenharias/Engenharia_Eletrica/71325-BIBIANA_MAITE_PETRY.pdf
- [8] F. P. M. Bandeira. (2012, Abril). Artigo Redes de Energia Inteligente. Consultor Legislativo da Área XII Recursos Minerais, Hídricos e Energéticos.
- [9] M. P. Zimmermann. Grupo de Trabalho de Redes Elétricas Inteligentes Ministério de Minas e Energia – MME. Disponível em: http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/acoes/Energia/Relatxrio_GT_Smart_Grid_Portaria_440-2010.pdf

Desenvolvimento de Protótipo de Dispositivo de Medição Inercial sem Fio para Prática Esportiva Aquática

Felipe Estevam C. Ferreira

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
@gee.inatel.br

Msc. Ana Letícia Gomes
Gonçalves

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
ana.leticia@inatel.br

Esp. Eduardo Ribeiro

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
dumineiro@yahoo.com.br

Resumo—Visando a melhoria do desempenho dos atletas da natação, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um dispositivo que possa ser preso ao corpo do atleta e realizar medições inerciais, tais como velocidade de deslocamento, propulsão e a trajetória da mão na fase subaquática através do uso de uma unidade de medição inercial. Iniciando do estudo dos parâmetros específicos da natação, o protótipo foi idealizado, sendo composto por um circuito de medição inercial, um microcontrolador e um *transceiver* ZigBee. Por fim, é proposto o desenvolvimento de um aplicativo para a extração dos parâmetros de desempenho do nadador.

Palavras chave— Treinamento esportivo, Medição de dados inerciais, microcontrolador, ZigBee, cinematria

I. INTRODUÇÃO

O Brasil está em foco no cenário mundial esportivo em função dos dois próximos eventos que irá sediar: Copa do Mundo em 2014 e Olimpíadas em 2016. Apesar dos esforços dos atletas brasileiros, os resultados não são expressivos. É fato que a população brasileira se decepciona em algumas edições desses eventos devido a resultados não satisfatórios em algumas modalidades. A tecnologia ao ser utilizada durante os treinamentos, principalmente pela análise das técnicas de movimento e pela medição de fatores biomecânicos [1], é um dos campos que podem impulsionar o desenvolvimento e a evolução dos atletas brasileiros. O governo brasileiro vem investindo por meio de disponibilização de recursos de órgãos de fomento para o desenvolvimento da tecnologia esportiva, mas os resultados dificilmente serão alcançados em tempo hábil para os eventos destacados [2]. Porém, isso não pode ser encarado como um fator que impeça a evolução tecnológica do país, em especial nessa área.

Dentre as áreas da biomecânica, a cinematria é a área que procura estimar grandezas cinemáticas para descrição do

movimento. Diversas tecnologias estão sendo utilizadas no estudo da cinematria: procedimentos mecânicos, eletrônicos e opto-eletrônicos [3].

O objetivo do trabalho foi desenvolver um dispositivo que possa ser preso ao corpo do atleta de modalidade aquática que realize medições de dados inerciais, tais como rotação, deslocamento, velocidade, aceleração e a transmissão em tempo real desses dados para um computador. Assim, proporciona ao atleta e ao treinador uma possibilidade de estudo imediato das movimentações realizadas durante o treinamento em ambiente aquático.

II. PARÂMETROS DA PRÁTICA ESPORTIVA AQUÁTICA

Para obtenção das informações de quais parâmetros seriam importantes para a medição foram estabelecidos contatos com dois profissionais da área - Filipe Alcantara, ex-nadador da seleção brasileira - e com o pesquisador Augusto Carvalho Barbosa. Como conclusão do contato, verificou-se a importância da medição da velocidade de deslocamento, propulsão e a trajetória da mão na fase subaquática. A velocidade de deslocamento é obtida através do produto da frequência de braçada (FB) pelo comprimento da braçada (CB).

A propulsão pode ser estimada tendo o ângulo de orientação da braçada (i.e. ângulo entre a direção final do deslocamento e a direção do movimento do braço), o ângulo de ataque da mão (i.e., inclinação da mão em relação à direção do movimento do corpo), a área da mão do nadador, a velocidade em que ela se desloca (nesse caso, seria necessário calcular a diferença entre a velocidade da mão e a velocidade do corpo, já que a mão se move junto com o corpo) e a densidade da água (valor fixo conhecido). Assim, assumindo que o fluxo de água permaneça relativamente estável, pode-se chegar a uma estimativa da força propulsora. Apesar de ainda bem aceita, essa assunção subestima o valor real, já que a formação de vórtices pode adicionar uma parcela de propulsão àquela ordinariamente gerada pela mão do nadador.

A trajetória da mão do atleta é obtida através dos valores

obtidos pela leitura do acelerômetro e giroscópio, sendo traçado um gráfico que é comparado à trajetória ideal. A Figura 1 ilustra o movimento ideal da mão dentro da água no nado Crawl.

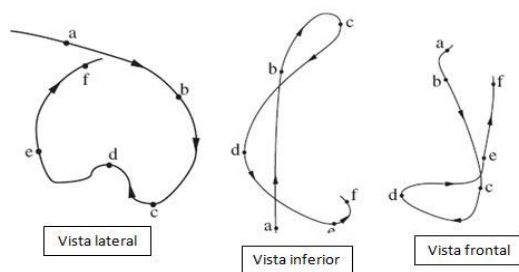


Fig. 1. Vista lateral, inferior e frontal do percurso das mãos no estilo Crawl.

III. O DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO INERCIAL

A aquisição dos dados é feita através de uma IMU (Unidade de Medidas Iniciais) que é um sistema MicroEletroMecanico conhecido por (MEMS). No protótipo, é composto por um acelerômetro e um giroscópio, ilustrado na Figura 2.

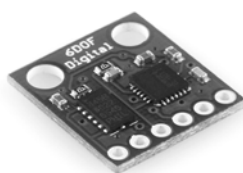


Fig. 2. Módulo IMU (Unidade de Medida Inercial).

A. Giroscópio

Giroscópio é um dispositivo que permite medir a velocidade de rotação de um objeto em torno do centro de rotação; dito de outra forma, quão rápido o objeto gira em relação a um sistema de referência inercial, o que é conhecido como velocidade angular. A velocidade angular pode ser integrada em relação ao tempo para determinar a posição angular do objeto.

O modelo de giroscópio utilizado foi o ITG-3200, por ser um dispositivo digital que transmite seus dados via interface I2C, facilitando a comunicação com o microcontrolador.

B. Acelerômetro

Acelerômetro é um componente capaz de medir a aceleração aplicada sobre ele, levando em consideração a 1ª lei de Newton “Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que seja forçado a mudar aquele estado por forças aplicadas sobre ele”.

Na montagem do protótipo foi utilizado o acelerômetro ADXL345 que possui 3 eixos (X,Y,Z) com alta resolução (13 bits). Os dados de saída são digitais e transmitidos por comunicação I2C para o microcontrolador.

C. Microcontrolador

Todo o processamento dos dados é feito por um

microcontrolador ARM Cortex M0. A escolha desse modelo foi feita a sua velocidade de processamento, a facilidade de se desenvolver pois vários kits de desenvolvimento de baixo custo estão disponíveis e a quantidade de memória SRAM disponível.

As principais características desse microcontrolador são: interface de comunicação I2C que é utilizado pela IMU, CPU trabalha em uma frequência de 50MHz, possui uma memória flash de 32kB, memória SRAM de 4kB e interface RS232 para comunicação com *transceiver*.



Fig. 3. Placa protótipo do Microcontrolador.

D. Transceiver

Para a transmissão dos dados coletados pela IMU, pensou-se em utilizar diversas tecnologias. A que apresentou uma melhor perspectiva de uso foi o Zigbee. Esse padrão opera na faixa ISM - não requer licença para funcionamento, apresenta velocidade de conexão compreendida entre 10kbps e 115kbps, alcance de transmissão de até 100m e facilmente pode ser alimentado por bateria.

A principal questão em utilização do Zigbee foi a limitação quanto a transmissão dos dados de baixo d'água. Para contornar essa limitação, foi adotada a técnica de coleta off-line. Assim, os dados coletados eram armazenados até que o nadador emergisse, estabelecendo assim o *link* de comunicação. Logo após a conexão entre o módulo do nadador e o receptor, ocorreria a transmissão dos dados, garantindo assim que não haveria perda de informação coletada. Na figura 4 o módulo Zigbee utilizado pode ser visualizado.

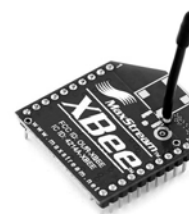


Fig. 4. Módulo Zigbee para transmissão e recepção.

IV. VISUALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS

Os dados que são transmitidos pela IMU através do *transceiver* são recebidos por um receptor Zigbee que se comunica através da porta USB com o computador.

Através de uma aplicação de alto nível que efetua todos os cálculos e comparações dos parâmetros recebidos (velocidade de deslocamento, propulsão e a trajetória da mão na fase subaquática), visualizam-se as informações em formas de gráfico, figuras e relatórios.

V. RESULTADOS OBTIDOS

Os primeiros resultados foram expressivos quanto à comunicação entre a IMU, microcontrolador e a transmissão dos dados por Zigbee.

Para a placa IMU, inicialmente pensou-se em desenvolver uma placa, que pode ser visualizada na Figura 5. Porém, após novas pesquisas, uma placa com giroscópio e acelerômetro já integrados foi localizada e adquirida para testes.

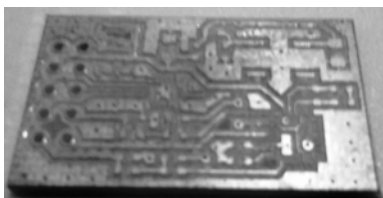


Fig. 5. Módulo Zigbee para transmissão e recepção.

Com o auxílio do programa X-CTU (programa de configuração do módulo Zigbee), a transmissão de dados pode ser validada, no sentido da IMU para o computador, constatando o funcionamento da comunicação entre as partes do sistema. A Figura 6 ilustra a comunicação de dados entre IMU e PC.

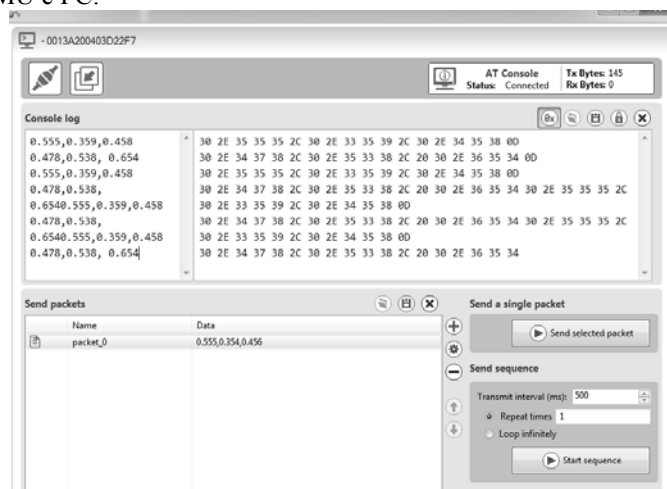


Fig. 6. Receção de dados da IMU pelo programa X-CTU.

VI. CONCLUSÕES

Os autores identificaram que o tempo para completar a implementação do projeto foi insuficiente. O item de visualização dos parâmetros não foi finalizado no tempo necessário devido às dificuldades na implementação do módulo IMU. A comunicação Zigbee foi parcialmente validada, ficando a questão do tempo de resposta da formação do link quando o dispositivo emergia comprometido devido à dificuldade de construção de um gabinete selado, ou seja, a prova d'água.

Como trabalho futuro, pretende-se finalizar a etapa de cálculo e visualização dos parâmetros, tendo como principal fator ação motivadora aprofundar o conhecimento em aplicações de alto nível que faça uso de recepção de dados em tempo real.

REFERÊNCIAS

- [1] http://www.ivolution.com.br/news/upload_pdf/7150/Karla_e_Kelly_de_Jesus_Biomecanica_palicada_a_natacao.pdf (acesso em 15/10/2012) A falta de engenheiros [Online]. Disponível: <http://www.estadao.com.br/noticias/impreso,a-falta-de-engenheiros,840931,0.htm>
- [2] <http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2012/09/13/veja-lancamento-do-brasil-medalhas-2016> (acesso em 27/10/2012)
- [3] Amadio, Alberto Carlos e Serrao, Júlio Cerca. Contextualização da biomecânica para a investigação do movimento: fundamentos, métodos e aplicações para análise da técnica esportiva. Rev. bras. Educ. Fís. Esp., 2007, vol.21, pp. 61 85
- [4] Cui, Jun-Hong et al. "The Challenges of Building Scalable Mobile Underwater Wireless Sensor Networks for Aquatic Applications". IEEE Network, 2006. Disponível em <http://nrlweb.cs.ucla.edu/publication/download/38/getPDF1.pdf> (acesso em 15/10/2012)
- [5] AnalogDevices. Digital Accelerometer ADXL345-EP. Disponível em http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADXL345-EP.pdf
- [6] InvenSense. ITG-3200 Product Specification. Disponível em : <http://www.invensense.com/mems/gyro/documents/PS-ITG-3200A.pdf>
- [7] ALBERTY, 2005 - Intracyclic velocity variations and arm coordination during exhaustive exercise in front crawl stroke.
- [8] BARBOSA-2005-Estudo-de-diversos-conceitos-de-eficiencia-da-locomocao-humana-no-meio-aquatico.

The Freescale Cup Racing Car

Audrei Silva

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
audreisilva@gee.inatel.br

Wellington Cássio de Faria

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
wellingtonf@gec.inatel.br

Jéssica Maria Rodrigues

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
jessicar@geb.inatel.br

Evandro Luís Brandão Gomes

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
evandro@inatel.br

Resumo— A Copa Freescale é uma competição global, onde as equipes de estudantes devem montar e programar um carro protótipo que percorra uma determinado circuito. Ganha a competição o carro que percorrer em menos tempo e sem descarrilar na pista.

Palavras chave—Copa Freescale, microcontroladores, programação, linguagem C.

I. INTRODUÇÃO

O propósito deste trabalho foi o desenvolvimento de um software embarcado em um protótipo automotivo para a participação de uma competição nacional, que ocorreu no mês de outubro, na cidade de São Paulo – Brasil.

Estudantes de todo o país participaram da competição, representando suas escolas, que este ano trouxe diversas novidades, principalmente no quesito do modelo da pista a ser percorrida pelo protótipo.

II. COMPOSIÇÃO DO PROTÓTIPO

Para a realização do trabalho foram adquiridas algumas peças para a montagem de um protótipo, como chassi, motores DC, Servo-motor, bateria, Ponte H e placa de microcontrole; e para o desenvolvimento do programa a ser embarcado foi utilizado a IDE Codewarrior fornecida pela própria FreeScale.

A. Motor DC

O motor DC é uma máquina que transforma energia elétrica em energia mecânica, na forma de rotação. Motores de corrente contínua têm indutores internos, que ao serem percorridos por uma corrente, geram um campo magnético, que geram o movimento de rotação. Motores DC apresentam apenas dois terminais, portanto, não há um terceiro fio para controlar o motor de corrente contínua, sendo assim a solução é uma utilização de uma Ponte-H, conforme ilustra a figura 1.

Uma Ponte H é um circuito eletrônico que permite que um microcontrolador controle um motor DC.

O microcontrolador não é capaz de fornecer a corrente necessária para que um motor funcione. Esta ponte permite ainda que o motor dc rode tanto para a esquerda quanto para a direita.

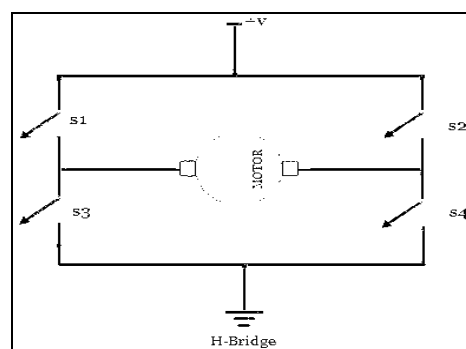


Fig 1 - Ponte H

B. Servo motor

Servo motor é uma máquina, mecânica ou eletromecânica, que apresenta movimento proporcional a um comando, em vez de girar ou se mover livremente sem um controle mais efetivo de posição como a maioria dos motores.

Servo motores são dispositivos de malha fechada, que trabalham conforme fluxograma mostrado na figura 2: [5]



Fig 2 - Atuação do Servo Motor

C. Câmera RCA

A câmera é uma combinação de um sensor de imagem (linear, neste caso) e uma lente. A luz que reflete a partir do ambiente entra através da lente, e desvia a luz para o sensor. Esta câmera montada no protótipo tem como objetivo detectar a diferença de cor da pista e sua linha central. Com isso o carro pode seguir o percurso sem escapar do trajeto propondo a mobilidade de mudar o percurso a qualquer momento sendo que o novo percurso necessitará apenas da linha central. O funcionamento da câmera é ilustrado na figura 3.

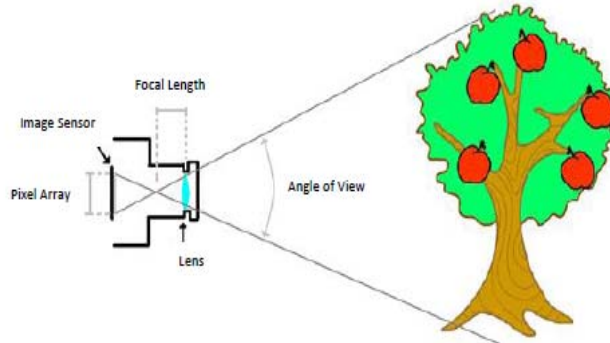


Fig 3 - Processamento da Imagem na Câmera

D. Montagem

A montagem do protótipo do carro para a competição foi realizada com o objetivo de aliar o que era oferecido no kit, com algumas tecnologias adicionais, aplicando conhecimentos de programação, eletrônica e mecânica, em busca de um melhor desempenho do carro no quesito velocidade.

Para um melhor reconhecimento da linha a ser seguida, foi adicionado ao protótipo uma placa de LED's de alta luminosidade. Com a utilização desta placa, foi possível tornar a variação de tonalidade entre as amostras de cinza da imagem, capturadas pela câmera, bem mais distintas, permitindo assim que na leitura da câmera pelo programa o sinal fosse interpretado sem grandes erros quando a luminosidade do ambiente variava. A figura 4 ilustra o protótipo montado.

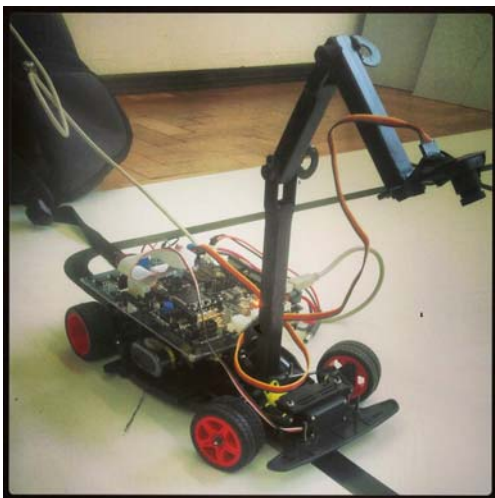


Figura 4 - Protótipo INTFaster

E. Programa de controle

Para desenvolvimento do software responsável pelo controle do carro utilizou-se a IDE Code Warrior Development Studio, um completo ambiente de desenvolvimento integrado que fornece uma estrutura altamente visual e automatizado para acelerar o desenvolvimento das aplicações embarcadas mais complexas.

A implementação do software embarcado foi feito todo em linguagem C. O algoritmo de controle implementado é dividido em quatro importantes partes que são: leitura câmera, setup inicial, controle dos servos-motores e controle dos motores DC. O comportamento do algoritmo pode ser analisado no fluxograma da figura 5.

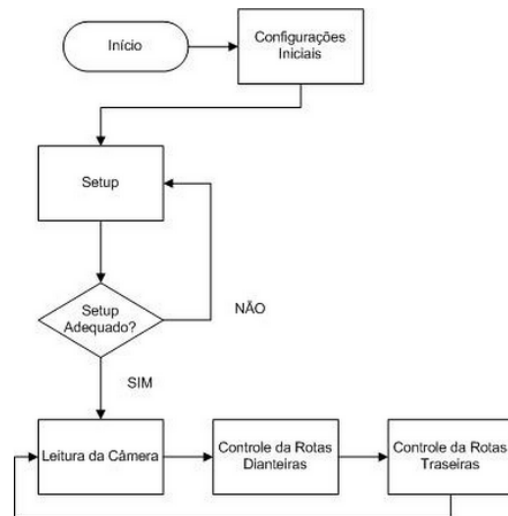


Figura 5 - Diagrama de blocos do programa de controle

A função leitura da câmera é responsável pela captação de dados. Esses dados são armazenados em um vetor de 128 posições, onde cada índice do vetor armazena nível lógico alto (1) ou baixo (0), conforme ausência ou presença da linha preta presente na pista. A partir desses dados o algoritmo é capaz de calcular a posição do carro com relação à linha preta que é o parâmetro utilizado no controle das rodas dianteiras e traseiras. Além disso, a função de leitura apresenta algumas rotinas de configuração da câmera.

A função setup é responsável pela configuração inicial do carro. Nela é configurado a altura e posicionamento da câmera. Essa configuração conta com auxílio de um LED na placa de controle que indica se o carro está centralizado na pista e altura e posicionamento da câmera está correto para a largada.

As funções de controle dos motores recebem como parâmetro a leitura da câmera e com estes dados é realizado o controle de acionamento dos motores DC e dos servos-motores para direcionamento das rodas dianteiras.

F. Missão

A missão do protótipo é percorrer uma pista branca com uma linha central preta em menor tempo possível. Vence a competição o carro que completar o percurso em menor tempo.

A pista é composta de sequências de retas, curvas de vários ângulos, uma rampa, um cruzamento, uma sequência de lombadas e a chegada no qual o protótipo deve reconhecer e parar no máximo três metros depois.

O formato da pista (percurso) e a sequência dos obstáculos (rampa e lombadas) mencionados acima mudam a cada ano da competição e estas mudanças só são divulgadas no dia da competição. A figura 6 ilustra a pista real montada no dia da competição deste ano (2013).



Figura 6 – Pista da competição

III. CONCLUSÃO

No dia 24 de outubro de 2013 foi realizada a competição, em São Paulo no Hotel Renaissance, e se sagrava campeã a equipe que percorresse o circuito no menor tempo possível.

Nossa equipe (do Inatel) não chegou a grande final, porém nosso desempenho na competição foi muito melhor que no ano anterior. O protótipo do carro do Inatel (apelidado de INTFastr) teve grande facilidade no reconhecimento da pista, porém o grande problema foi a falta da implementação de um controle de velocidade que o possibilitaria aumentar a velocidade para conseguir vencer a rampa que foi o único obstáculo que não foi superado, os demais, inclusive o cruzamento foram feitos perfeitamente. Sendo assim o próximo passo será descobrir a melhor forma de fazer a implementação de um controle de velocidade no protótipo.

Contudo, a nossa participação foi muito valiosa, pois tivemos a oportunidade de conversar e trocar experiências com alunos e professores de várias universidades do Brasil, o que nos possibilitou uma experiência ainda maior para podermos aperfeiçoar o protótipo para a próxima competição.

REFERÊNCIAS

- [1] http://www.freescale.com/webapp/sps/site/overview.jsp?code=UNIV_S_MARTCAR_HM
- [2] <http://www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/1742>
- [3] <http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/3414-art476a>
- [4] http://pt.wikipedia.org/wiki/Ponte_H
- [5] <http://pt.wikipedia.org/wiki/Servomotor>

Análise de Protocolos de Controle de Acesso ao Meio em Redes Ad Hoc Sem Fio

Celso Iwata Frison

Jeferson Assis do Couto

Márcio Guilherme Araújo
Camelo

PUC Minas *campus* Poços de
Caldas
celso@pucpcaldas.br

PUC Minas *campus* Poços de
Caldas
acoutoj@gmail.com

PUC Minas *campus* Poços de
Caldas
guilhermecamel@hotmail.com

Resumo — Este trabalho tem como objetivo o estudo e a análise do funcionamento de protocolos de controle de acesso ao meio em redes ad hoc sem fio, visto que, geralmente, os terminais dessas redes compartilham de um único canal para a transmissão de dados. Esse compartilhamento propicia o aparecimento dos problemas do “terminal escondido” e do “terminal exposto”, pois os terminais da rede não possuem a capacidade de perceber a ocupação do canal por outro terminal que esteja fora de seu raio de cobertura. Os protocolos de controle de acesso ao meio estudados são CSMA, MACA e 802.11. Para se determinar qual o protocolo mais eficiente quando deparado com os problemas supracitados, foram realizadas simulações no software Glomosim, na qual, os resultados são dispostos em gráficos ilustrando a vazão de dados, o número de colisões de pacotes e o número de pacotes enviados e recebidos pelos terminais da rede.

Palavras chave — Ad Hoc, Controle de Acesso ao Meio, Protocolos, Terminal Escondido, Terminal Exposto.

I. INTRODUÇÃO

A possibilidade da comunicação sem fio começou a existir desde que Guglielmo Marconi conseguiu realizar o experimento de, através de uma transmissão à radio, manter contato com navios que passavam pelo canal da Mancha em 1897. A partir deste momento, o avanço em técnicas de comunicação sem fio foi se aperfeiçoando e no período pós-guerra houve a ascensão de novas tecnologias, principalmente nas áreas de radiofusão, comunicação móvel e comunicação via satélite. Este avanço se deve principalmente aos melhoramentos na fabricação de circuitos digitais, rádio frequência e empenho nas pesquisas que ocorreram nas últimas décadas [1].

A evolução das tecnologias de comunicação sem fio ao longo das últimas décadas é apresentada de forma simplificada na Figura 1, onde a separação por faixa de frequência utilizada também é realizada. Pode-se observar que ao longo dos anos houve a necessidade de se explorar partes mais elevadas do espectro eletromagnético, visto o congestionamento espectral nas partes inferiores, além da necessidade de maiores larguras de banda para aplicações de altas velocidades.

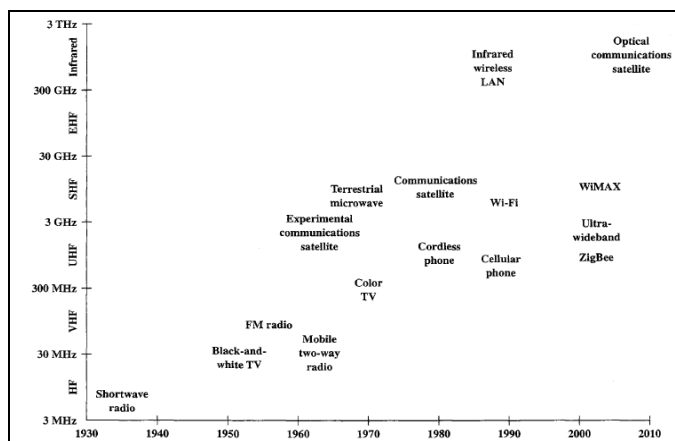


Fig. 1. Evolução das Tecnologias de Comunicação Sem Fio [1].

Além das tecnologias de comunicação sem fio apresentadas acima, o surgimento de uma grande diversidade de dispositivos que necessitam de comunicação, tais como computadores pessoais, tablets, notebooks, smartphones, eletrodomésticos, entre outros, surgiu a necessidade de se criar padrões específicos para a comunicação entre esses dispositivos. Desta forma, o Instituto de Engenharia Elétrica e Eletrônica IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) criou o padrão de comunicação 802.11 com intuito de normatizar e padronizar as redes sem fio locais WLAN (*Wireless Local Area Network*) e o padrão de comunicação 802.15 com o intuito de normatizar e padronizar as redes sem fio pessoais WPAN (*Wireless Personal Area Network*). Ambos os padrões propostos funcionam em dois modos, com ou sem a presença de uma estação base.

No primeiro caso, toda a comunicação estabelecida entre os usuários deve, obrigatoriamente, passar por uma estação base chamada ponto de acesso AP (*Access Point*). Já para o segundo caso foi determinado que os dispositivos podem comunicar entre si sem a necessidade de um elemento central ou infraestrutura. Os dois tipos de comunicação podem ser observados na Figura 2, sendo a o primeiro caso ilustrado no lado esquerdo e o segundo caso no lado direito.

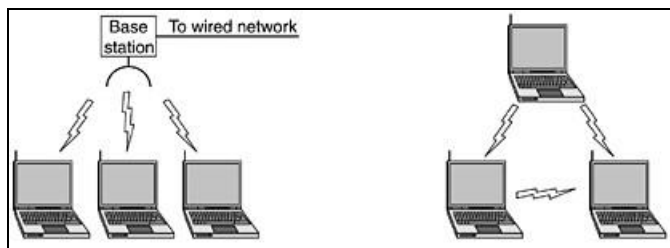


Fig. 2. Redes sem fio com *access point* e sem *access point*.

Para redes com ponto de acesso fixo, pode-se citar redes de comunicação móvel pessoal, Bluetooth, redes WLAN. Já um exemplo de aplicação de redes sem infraestrutura é comum de ocorrer nos dias atuais é um grupo de pessoas, cada um com seu laptop, participar de uma reunião onde haverá troca de arquivos entre os computadores. Como essa situação não requer uma rede com um controle central e com uma infraestrutura estabelecida, justifica-se então a aplicação de uma rede descentralizada, ou como conhecida atualmente, uma rede ad hoc sem fio.

Além desse exemplo citado, outras várias situações justificam e requerem a aplicação deste tipo de rede, fazendo com que esta tecnologia se disseminasse em vários setores que demandam a comunicação sem fio, seja ele militar, industrial, residencial, entre outros.

Em uma rede ad hoc sem fio cada terminal representa um roteador e um host, em geral no mesmo dispositivo, o que faz com que a topologia seja dinâmica, diferentemente das topologias de uma rede fixa.

As redes ad hoc possuem como vantagem a ausência dessa estrutura fixa, o que facilita e diminui o custo de implantação de uma nova rede. Ela também pode resistir a falhas de comunicação, contornando a falha em algum enlace pela escolha de uma nova rota por meio dos protocolos de roteamento. Outra vantagem é o custo reduzido na implementação deste tipo de rede devido à ausência de infraestrutura.

Para o desenvolvimento de aplicações em redes ad hoc sem fio é necessário considerar algumas características e limitações do sistema como, mobilidade dos nós, taxa de erro de bit, largura de banda e a limitação das fontes de energia dos dispositivos. Portanto existem alguns pontos que precisam ser avaliados para implementar uma rede ad hoc sem fio.

Um ponto importante que deve ser analisado é o controle de acesso ao meio para que sejam evitadas colisões entre as informações enviadas por dispositivos distintos ao tentarem acessar o canal. Esse controle pode ser feito através do uso do protocolo de comunicação para controle de acesso ao meio MAC (*Media Access Control*), que busca acesso ao canal e ao mesmo tempo inibe colisões com os nós vizinhos, uma vez que o meio de comunicação é compartilhado por mais de um terminal. O protocolo MAC é o responsável pelo compartilhamento do meio físico (canal rádio) entre diversos dispositivos.

Existem dois tipos de classificação para o acesso ao meio, a transmissão livre de disputa e a transmissão com disputa. O

primeiro consiste em transmitir em canais e/ou intervalos de tempo pré-allocados, o que evita disputas do canal. Contudo este método demanda uma capacidade de controle central para definir o momento de cada terminal acessar o canal, fazendo com que esse método seja utilizado em redes com uma infraestrutura, como exemplo, redes de comunicação móvel pessoal. Na segunda classificação, acesso aleatório, os terminais disputam o canal quando possuem pacotes a serem transmitidos, fazendo com que não haja a necessidade de um controle central, sendo o método ideal para redes ad hoc sem fio. Contudo, um importante desafio nesse método é a criação e desenvolvimento de protocolos de controle de acesso ao meio, para que erros como, colisões ao acessar o canal, diminuam.

Devido às evidentes vantagens em várias aplicações e aos desafios que esta tecnologia apresenta, principalmente no aspecto de desenvolvimento de protocolos para acesso ao canal de transmissão, este trabalho realiza um estudo a respeito das redes ad hoc sem fio, através de uma revisão bibliográfica, evidenciando as principais características e posteriormente, através de simulações via software, a fim de comparar e elencar quais classes de protocolos torna este tipo de rede mais eficiente e confiável.

Desta forma, o trabalho é apresentado em mais três capítulos. No capítulo II são apresentados os conceitos básicos acerca dos protocolos MAC, no capítulo III são apresentados os resultados obtidos com as simulações e por fim, no capítulo IV são apresentadas as conclusões do trabalho.

II. CONCEITOS BÁSICOS

Neste capítulo os conceitos básicos sobre redes ad hoc sem fio e protocolos de controle de acesso ao meio (MAC) são abordados a fim de garantir ao leitor um melhor entendimento dos resultados gerado com o trabalho.

A. Redes Ad Hoc Sem Fio

Ad hoc é uma expressão de origem latina que significa “para isto” ou “para determinado ato” [2]. No âmbito das telecomunicações uma rede ad hoc sem fio é definida por um conjunto de dispositivos que podem comunicar com qualquer outro dispositivo da rede sem a necessidade de um ponto de acesso central.

A ideia inicial das redes ad hoc foi desenvolvida em âmbito militar para comunicação entre soldados, tanques e aviões, pois esta comunicação deveria acontecer sem que fosse necessário a criação de uma infraestrutura para que os integrantes dos exércitos se comunicassem, tendo em vista que o posicionamento e os campos de batalha estavam em constante modificação. Com essas características foi necessário se pensar em uma comunicação entre os próprios utilitários, sem nenhum ponto intermediário, para que a mobilidade necessária pudesse acontecer. Posteriormente, a utilização desta tecnologia se disseminou para diversas áreas como na civil, onde pode ser utilizada nas telecomunicações, rede de sensores, conferência entre notebooks, comunicação entre veículos, entre outras.

As pesquisas das redes ad hoc sem fio se iniciaram nos anos 70 com o projeto ARPA (*Advanced Research and Projects Agency*) na *Stanford University*, contudo o interesse por esta tecnologia diminuiu nos anos 80, sendo retomado e elevado nos anos 90, principalmente pelos avanços tecnológicos da microeletrônica e desenvolvimento das técnicas de processamento digital nesta década.

Com a criação dos padrões IEEE 802.11 e IEEE 802.15, iniciou-se o aprimoramento das redes ad hoc sem fio. Esses aprimoramentos visam superar desafios existentes na tecnologia em setores de segurança, roteamento, controle de acesso, controle de topologia, protocolos de camadas superiores e qualidade de serviços.

O que caracteriza uma rede ad hoc sem fio e a difere dos outros tipos de redes sem fio, é o fato desta rede não requerer uma infraestrutura fixa ou controle central, assim os dispositivos podem comunicar entre si, como pode ser visto na Figura 3, onde os terminais podem ser transmissores, receptores e também roteadores [3]. Contudo o alcance de um determinado terminal pode ser limitado, tendo em vista que existe um aumento do consumo de energia do terminal caso seja necessário aumentar essa capacidade de alcance.

Desta forma, um terminal pode não possuir condições de se comunicar com todos os terminais de uma rede, principalmente em redes com elevado número de dispositivos. Para contornar essa limitação física é utilizada a técnica de conexão por múltiplos saltos, conhecida como conexão *multihop*. Nessa técnica os terminais transmitem a um destino fora de seu alcance, utilizando nós intermediários que estão dentro da sua área de cobertura como roteadores. Essa técnica também torna a topologia da rede mais flexível e dinâmica, além de torná-la menos vulnerável às falhas de componentes isolados da rede.

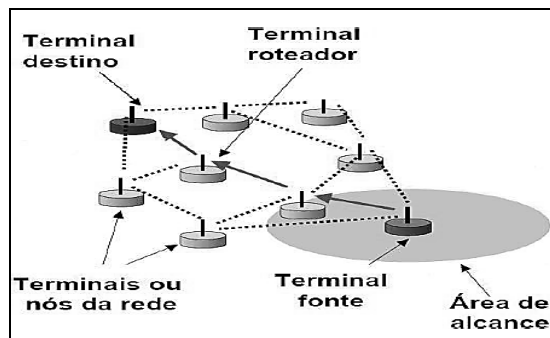


Fig. 3. Rede ad hoc sem fio [3].

Apesar das grandes vantagens apresentadas ao se escolher uma rede ad hoc sem fio, existem grandes desafios a serem superados, onde as pesquisas estão atualmente concentradas. Geralmente neste tipo de rede é empregado apenas um canal e os terminais dividem o mesmo espectro de frequência, o que limita a capacidade de transmissão e o desempenho. O tamanho reduzido dos terminais e a limitação de energia que eles possuem são outras dificuldades, pois limitam a capacidade de processamento. Outro aspecto a ser verificado é

a questão dos atrasos provocados pelos múltiplos saltos. Além dos pontos já apresentados acima, existe a segurança da transmissão dos dados, pois as redes ad hoc sem fio possuem certa dificuldade no controle de segurança devido à ausência de um controle central e por último, os problemas de segurança devido à transmissão pelo espaço livre.

B. Protocolos de Controle de Acesso ao Meio em Redes Ad Hoc Sem Fio

Muitas vezes o terminal de origem e o terminal de destino podem estar demasiadamente afastados um do outro, sendo necessária a utilização de terminais intermediários para que, através da técnica *multihop*, a informação alcance o destino. Assim os protocolos de controle de acesso ao meio são responsáveis pelo estabelecimento de cada link de conexão, bem como o encerramento de cada um deles.

Conforme diagrama apresentado na Figura 4, existem duas classificações básicas para os protocolos MAC's, as transmissões livres de disputas e as transmissões com disputa.

O primeiro método citado permite que cada terminal transmita em uma frequência, intervalo de tempo ou codificação previamente definida. Como exemplo podem-se citar o acesso múltiplo por divisão de frequência FDMA (*Frequency Division Multiple Access*), o acesso múltiplo por divisão de tempo TDMA (*Time Division Multiple Access*) e o acesso múltiplo por divisão de código CDMA (*Code Division Multiple Access*). As técnicas apresentadas são usadas para evitar disputas dos terminais ao utilizarem o canal. Contudo essas técnicas dependem de um controle central e de uma alta capacidade de processamento, sendo mais aplicadas às redes onde a transmissão é periódica, como na transmissão de voz e onde a topologia da rede varia lentamente, ou seja, redes fixas e estruturadas, o que não é o foco deste estudo.

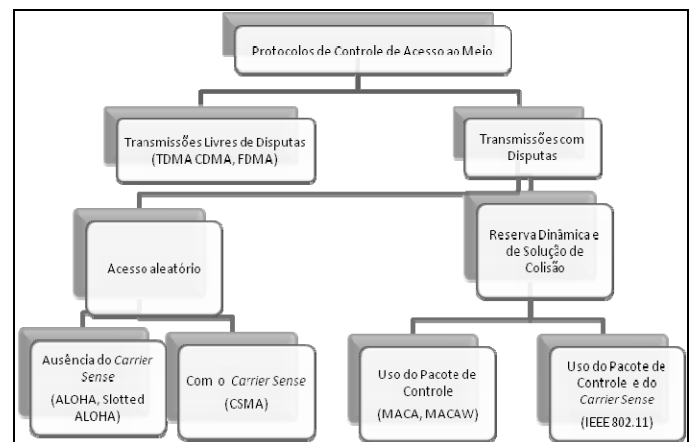


Fig. 4. Classificação dos protocolos de controle de acesso ao meio.

O segundo método, apresentado na Figura 4, transmissão com disputa, é o escolhido para as transmissões nas redes ad hoc sem fio, pois ele é adequado para transmissões que são feitas em surtos, como é a transmissão de dados, e para redes em que a topologia varia rapidamente ou é desconhecida,

características inerentes ao tipo de rede que está sendo estudada. Existem duas subdivisões para o método de transmissão com disputa, os protocolos de acesso aleatório e os protocolos de solução de colisões – reserva dinâmica.

Dentre as técnicas de controle de acesso ao meio utilizadas para o acesso aleatório, os principais métodos são o ALOHA e o CSMA. No ALOHA, os terminais possuem permissão para acessar o canal e emitir seus sinais sempre que tiverem dados a serem transmitidos, não sendo nunca realizada a verificação do canal antes do envio de dados. Com esse protocolo de acesso, colisões podem acontecer quando dois terminais ou mais, acessarem o canal ao mesmo tempo. Caso a transmissão não tenha sucesso, ocorrerá uma retransmissão do pacote após um tempo aleatório para tentar diminuir a probabilidade de de uma nova colisão.

Como essa técnica de controle de acesso ao meio tem baixa eficiência, próxima à 18%, uma evolução do método ALOHA é o Slotted ALOHA, que introduz uma periodicidade na transmissão [5]. Nessa nova técnica são utilizados time slots, análogos ao método TDMA, ou seja, os terminais podem transmitir apenas no início de cada time slot. Esse avanço permite que a vazão de dados dobre ao se comparar com o ALOHA puro, apresentando assim, no melhor caso, uma eficiência de 36% [6].

Para se tentar aumentar a vazão de dados, e consequentemente a eficiência da rede, foi proposta a técnica de múltiplo acesso por verificação de portadora CSMA (*Carrier Sensing Multiple Access*). Nesta técnica, quando um terminal deseja transmitir, ele verifica o nível de potência do canal. Dessa forma, caso a potência estiver abaixo de um limiar pré-estabelecido, o terminal entende que o canal está desocupado e inicia sua transmissão, caso contrário ele adiará sua transmissão até que em uma próxima verificação possa encontrar o canal desocupado.

Essa técnica funciona adequadamente quando cada terminal possui a capacidade de verificar a condição do canal de comunicação perturbado por todos os outros terminais, o que não é trivial quando se trata de comunicação sem fio, pois os terminais possuem uma área de cobertura limitada e na maioria das vezes não têm acesso direto a todos os componentes da rede. Devido a essa limitação na verificação do canal de comunicação por parte dos terminais de uma rede sem fio, alguns problemas são encontrados ao utilizar esta técnica, sendo os principais conhecidos como o problema do “terminal escondido” e o problema do “terminal exposto”.

Em sistemas sem fio, os terminais podem “ouvir” apenas seus vizinhos, conforme evidenciado na Figura 5, não havendo a possibilidade de verificar se um terminal mais distante também utilizará o canal no mesmo instante, pois a potência emitida por este outro terminal, pode ter sido atenuada suficientemente para abaixo do limiar estabelecido pelo terminal transmissor para a verificação de ocupação do canal. Desta forma, terminais distantes entre si podem transmitir para o mesmo terminal destino sem perceber que ambos estarão utilizando o canal ao mesmo, o que acarretará em uma colisão de pacotes no destino, caracterizando assim o

problema do terminal escondido. Na Figura 5, os terminais A e B transmitem pacotes que chegam ao mesmo tempo ao terminal C, gerando a colisão destes pacotes na recepção.

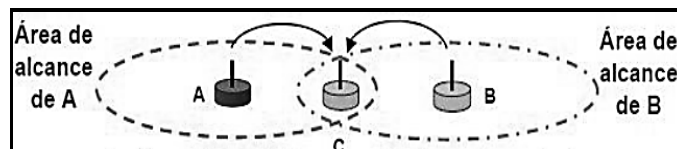


Fig. 5. Problema do terminal escondido [3].

Já no problema do terminal exposto, ilustrado na Figura 6, o transmissor C ao fazer uma verificação do canal percebe que o mesmo já está sendo utilizado, pois o nível de potência percebida no canal no momento desta verificação é maior que o valor mínimo de potência que foi estabelecido como limiar. Valores de potência acima deste limiar indicam que o canal está ocupado, já valores inferiores indicam que o canal está livre para ser utilizado. Como foi percebido este nível de potência no canal, fica evidenciado que o terminal B está no raio de cobertura do terminal C. Entretanto a transmissão de B para A não prejudicaria a transmissão de C para D, pois o destino dos pacotes é diferente, eliminado o risco de possíveis colisões no destino. Contudo o terminal C é inibido pela potência emitida pelo terminal B ao transmitir pacotes para o terminal A, e esta inibição caracteriza o problema do terminal exposto.

Apesar da disposição específica dos terminais para ocorrer os dois problemas supracitados, dentro de uma rede com vários terminais essa disposição acaba sendo comum e a colisão de pacotes no destino para o problema do terminal escondido, ou a inibição de transmissão para o problema do terminal exposto, acabam sendo frequentes. Desta forma, como uma tentativa de solucionar tais problemas, foram desenvolvidos os protocolos de reserva dinâmica e de solução de colisão.

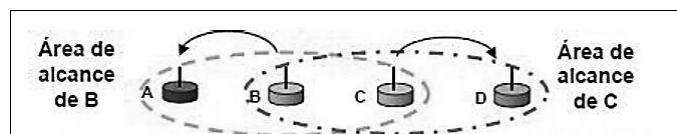


Fig. 6. Problema do terminal exposto [3].

Um destes protocolos desenvolvidos é o acesso múltiplo de prevenção de colisão MACA (*Multiple Access Collision Avoidance*). O protocolo MACA não realiza o *carrier sensing*, que é a técnica utilizada pelo CSMA para verificar se o canal está sendo utilizado através da medição do nível de potência do mesmo. O controle de acesso ao meio utilizado pelo protocolo MACA é baseado na troca de dois curtos pacotes de sinalização entre os terminais envolvidos na comunicação, o pacote que solicita a permissão para transmitir RTS (*Request to Send*) e o pacote que informa que o terminal destino está livre para receber a transmissão CTS (*Clear to Send*). Esses pacotes além de solicitar o acesso ao canal e liberar a

utilização do mesmo para um determinado terminal, também carregam a informação da duração da transmissão [3].

A Figura 7 ilustra a utilização por terminais em uma rede ad hoc sem fio dos pacotes RTS e CTS. A ideia principal do protocolo MACA ao utilizar esses pacotes, de controle e estabelecimento de conexão, é que se os terminais vizinhos “ouvirem” um RTS não destinado a eles, os mesmos irão aguardar a transmissão do CTS. Assim como se os terminais vizinhos ouvirem um CTS que possui um destino diferente do dele, irão adiar suas próprias transmissões, aguardando o tempo para a transmissão do terminal que primeiro solicitou o acesso ao canal seja realizada. Complementando o conceito da utilização dos pacotes RTS e CTS, caso o terminal fonte não receba o CTS após determinado tempo do envio do RTS, este terminal assume que ocorreu uma colisão e reinicia o procedimento.

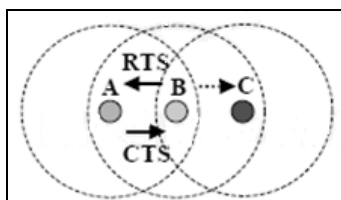


Fig. 7. Pacotes RTS e CTS [3].

Com o auxílio da Figura 5, é possível fazer uma analogia ao CSMA e apresentar a solução para o problema do terminal escondido. Conforme a ilustração citada, o terminal C não ouviria o RTS enviado por A, mas ouviria o CTS enviado por B, o que faria com que o terminal C adiasse sua transmissão durante o intervalo de transmissão dos dados do terminal A. Da mesma forma, com auxílio da Figura 6, no problema do terminal exposto, C ouviria o RTS enviado por B, mas não o CTS enviado por A, desta forma ele não estaria inibido de fazer sua transmissão durante a transmissão dos dados de B. Sendo assim, o protocolo MACA diminui significativamente a ocorrência dos problemas de terminal escondido e exposto e reduz o número de colisões nos receptores. Contudo colisões podem continuar ocorrendo entre diferentes pacotes de RTS. Caso ocorra a colisão entre dois pacotes RTS, cada terminal irá aguardar um intervalo de tempo aleatório e reiniciará o procedimento, até que um terminal receba o requerido CTS do terminal destino.

A utilização do protocolo MACA é justificada, pois os pacotes RTS e CTS são muito menores do que os pacotes de dados, portanto a colisão entre estes pacotes não são significantes comparadas às colisões entre os pacotes de dados principais. Entretanto, os problemas de terminal escondido e exposto não são eliminados completamente com o MACA.

Na Figura 9, o terminal A envia um RTS para B, que por sua vez envia o CTS para todos os terminais no seu raio de cobertura, neste caso, terminais A e C. Porém o CTS enviado a C pelo terminal B, colide com um RTS enviado por D ao terminal C. Desta forma, o terminal C não tem conhecimento da transmissão de dados que ocorrerá do terminal A para o B.

No mesmo momento em que a transmissão de A para B se iniciou, o terminal D reenviou o RTS para C, pois não recebeu o CTS no tempo estabelecido. Posteriormente o terminal C envia a todos os terminais em seu raio de cobertura o pacote CTS, ou seja, este pacote também é enviado ao terminal B, fazendo com que ele colida com o pacote de dados enviado por A.

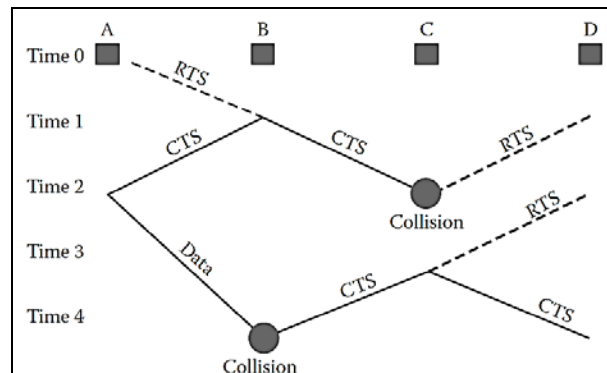


Fig. 8. Problemas do terminal escondido e terminal exposto no protocolo MACA [4].

Estes casos de colisão de pacotes costumam ocorrer quando a topologia da rede propicia o aparecimento de terminais escondidos e são agravadas quando o tráfego da rede é elevado. Mas essa não é a única dificuldade enfrentada ao se utilizar o protocolo MACA, pois caso haja alguma falha na transmissão por qualquer outro tipo de problema, o protocolo não possui a capacidade de reiniciar a transmissão, tendo em vista que ele não possui nenhuma ferramenta para confirmar que a transmissão foi completamente efetivada. Sendo assim, a camada que reiniciará a transmissão, será a camada de transporte, o que pode acarretar em atrasos significativos na transmissão dos dados [4].

Visto que o ambiente sem fio é dependente da natureza e com isso pode sofrer variações inerentes a tal tipo de conexão, foi criada uma variação do protocolo MACA, específico para canais sem fios, denominados MACAW (*MACA for Wireless LANs*). Neste protocolo é adicionado à transmissão o pacote de reconhecimento, o pacote ACK, do inglês *acknowledgment*. Este pacote faz com que a retransmissão, caso algum erro aconteça, seja feita mais rapidamente pela própria camada de enlace, pois o ACK é enviado do terminal de destino para o terminal de origem assim que a transmissão dos dados é concluída. Desta forma, se o ACK não retornar ao terminal de origem dos dados, algum problema rapidamente é detectado e a transmissão é reiniciada. No entanto, este aprimoramento ainda não resolve por completo os problemas de terminal exposto e escondido [4].

Outros protocolos MAC's de reserva dinâmica e de solução de colisão são os protocolos do padrão IEEE 802.11. O PCF (*Point Coordination Function*), ou seja, operação com pontos de acesso, é utilizado em redes que possuem um controle e infraestrutura central. Para as redes ad hoc sem fio, foi criado o DCF (*Distributed Coordination Function*), ou seja, operação

sem infraestrutura.

O protocolo DCF do padrão IEEE 802.11 pode ser entendido como uma combinação entre os protocolos CSMA e MACA. Este protocolo utiliza a sequência RTS-CTS-DATA-ACK e introduz o conceito de *carrier sense* virtual. Esse conceito é baseado na transmissão de pacotes RTS e CTS e no vetor de alocação de rede, o NAV (*Network Allocation Vector*).

No protocolo DCF os intervalos de tempo de “silêncio” do canal são nomeados de intervalos de inter-quadros, mais conhecidos como IFS (*Interframe Spaces*). Os IFS são intervalos onde o canal se encontra desocupado e estes devem ser observados antes da transmissão de algum pacote. Existem dois tipos de IFS, o SIFS (*Short Interframe Space*) e o DIFS (*DCF Interframe Space*). O SIFS possui alta prioridade, pois é o intervalo de silêncio que aparece para transmitir pacotes como o ACK, o CTS e os dados da mensagem, ou seja, ele aparece quando um terminal já obteve o controle do canal, assim terminais que desejam transmitir um RTS terão que adiar o acesso ao canal. Já o DIFS possui baixa prioridade, pois ele é o intervalo de tempo que existe antes do canal ser liberado para transmissão de pacotes de gerenciamento, como por exemplo, o RTS.

Para minimizar ainda mais a ocorrência de colisão após dois terminais encontrarem o canal ocupado, foi desenvolvido para o protocolo DCF o mecanismo de *backoff*. Ao encontrar um canal ocupado, o terminal que deseja transmitir terá que aguardar até o momento que o canal fique desocupado por um intervalo de tempo DIFS. Porém para evitar que dois terminais acessem ao mesmo tempo o canal após este intervalo, foi inserido o procedimento de aguardar por mais um intervalo de tempo aleatório antes de iniciar a transmissão e é esse intervalo que é conhecido como *backoff*. Este mecanismo funciona com um contador que começa a decrementar assim que o intervalo do DIFS acabe. Caso o canal esteja ocupado novamente antes da contagem regressiva chegar a zero, o tempo no contador será congelado até ser retomada após outro intervalo DIFS, para dessa forma acessar o canal caso o contador seja zerado. Desta forma, é criada uma espécie de fila para acessar o canal, conforme exemplificado na Figura 9.

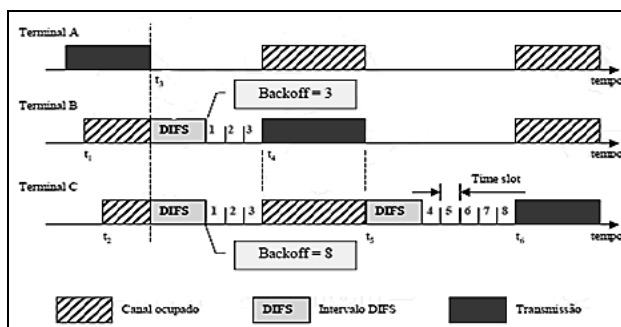


Fig. 9. Mecanismo de *backoff* [3].

De acordo com a Figura 9, o Terminal B e C disputam o canal assim que o DIFS se inicia, contudo o *backoff* do B, no

momento, é menor que o do terminal C. Desta forma, o terminal B acessa o canal e o contador do C é congelado até o próximo intervalo DIFS se encerrar.

Para definir o conceito de *Carrier sense* virtual, é necessário o entendimento do NAV. Ele indica o intervalo de tempo que o terminal deverá ficar sem transmitir, independente do *carrier sense*, ou seja, introduz o conceito de previsão de tráfego no meio. O RTS e o CTS carregam a informação do tempo requerido para completar a transmissão, como os terminais vizinhos podem ouvir estes pacotes, eles irão atualizar o seu NAV com os valores lidos no RTS e CTS recebidos [4].

A Figura 10 ilustra como os terminais atualizam seu NAV.

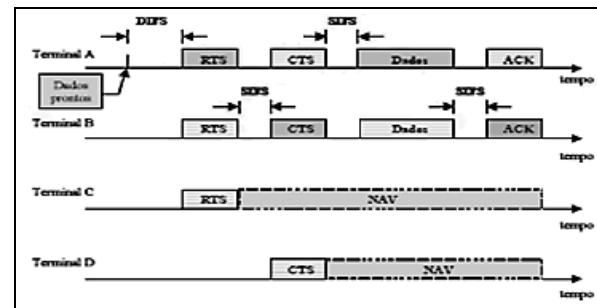


Fig. 10. Funcionamento do NAV [3].

Um pacote RTS possui a duração igual ao tempo de transporte dos pacotes CTS + Dados + ACK + 3 SIFS, já o pacote CTS possui a duração igual à transmissão dos Dados + ACK + 3 SIFS. Desta forma A envia um RTS para o terminal B, mas o C também o recebe, pois está no raio de cobertura de A. Após um intervalo B responde com um CTS para A, porém D também “ouve” este pacote por estar no raio de cobertura de B. Após o terminal C “ouvir” o pacote de RTS enviado por A, ele atualizará o seu NAV com a informação de tempo que durará toda a transmissão, e por todo esse tempo o terminal fica inibido de transmitir qualquer informação. Da mesma forma é feito pelo terminal D após “ouvir” o CTS enviado por B. Após esta atualização não será necessário os terminais acessem o canal para verificar se o canal está desocupado, pois eles possuem a informação que poderão acessar o canal apenas depois que o intervalo de tempo gravado no NAV termine. Por este motivo esta técnica é conhecida como *carrier sense* virtual [4].

III. RESULTADOS

Este trabalho consiste em analisar a eficiência dos protocolos de controle de acesso ao meio MAC em contornar os problemas de terminal escondido e terminal exposto que facilmente surgem em redes ad hoc sem fio. Para efetuar esta avaliação foram realizadas simulações via software, onde foram coletados dados de vazão, número de pacotes enviados e recebidos, descartes de pacotes e número de colisões de pacotes. Esses valores foram coletados para diferentes tipos de topologias que permitiram o aparecimento dos problemas de terminal escondido e exposto.

Para a realização das simulações foi escolhido o software Glomosim. A palavra Glomosim vem do inglês “*Global Mobile Information System Simulator*”. Este software foi desenvolvido pelo laboratório de computação da UCLA (*University of California, Los Angeles*) para realizar simulações em ambientes de redes ad hoc sem fio [7][8].

Para analisar a eficiência dos protocolos MAC's em diminuir a ocorrência dos problemas citados anteriormente, foram testados cada um dos protocolos propostos (CSMA, MACA e 802.11) frente aos problemas do terminal escondido e terminal exposto, gerando assim 6 configurações de simulação. Vale ressaltar que em todas as simulações foi considerado os terminais estáticos e escolhido como protocolo de roteamento, o protocolo DSR (*Dynamic Source Routing*).

A. Problema do Terminal Escondido

Para a análise do problema do terminal escondido, são considerados apenas três terminais na rede, dispostos de acordo com a Figura 5, onde a distância entre os vizinhos mais próximos (0-1 e 1-2) é de 400 metros. A Tabela I mostra as características consideradas para a simulação do problema do terminal escondido.

O parâmetro “sensibilidade de recepção” é o limiar de potência para que o terminal que deseja transmitir “enxergue” o canal como ocupado ou não. Caso um terminal meça o nível de sinal do canal e tenha como resultado um valor inferior a este limiar, ele irá entender que o canal está desocupado. Já o parâmetro “limiar de recepção” é o valor mínimo de potência que o pacote de dados deve possuir para que o receptor não o desconsidere. Pacotes com intensidade de potência abaixo do limiar estabelecido serão descartados pelo receptor.

Estes valores de sensibilidade de recepção e limiar de recepção foram atribuídos para garantir que o terminal 0 não percebesse a transmissão do terminal 2 (e vice-versa), baseado na distância entre esses dois elementos e na perda de propagação no espaço livre do sinal.

TABELA I

CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE E DOS TERMINAIS PARA O SURGIMENTO DO PROBLEMA DO TERMINAL ESCONDIDO.

Índice de Perda de Propagação	2
Frequência	2,4 GHz
Potência de Transmissão	+15,00 dBm
Sensibilidade de Recepção	-83,05 dBm
Limiar de Recepção	-81,00 dBm
Ganho da Antena	0,00 dBi
Número de Pacotes Enviados (Aplicação)*	1250
Terminal Transmissor	0, 2
Terminal Receptor	1

* Número de pacotes transmitidos por cada terminal.

Sabendo que a distância entre esses dois terminais é de 800 metros, pode-se calcular a perda de propagação do sinal, dada por [9]:

$$L = 10 \log \left(\frac{4\pi fd}{c} \right)^2 \quad (1)$$

onde, f é a frequência de 2,4 GHz, d é a distância entre os terminais 0 e 2, e c é a velocidade da luz no vácuo, aproximadamente, 3×10^8 m/s. Empregando os valores na expressão (1) a perda de propagação do sinal obtida é 98,11 dB.

Pode-se então calcular a potência recebida pelo terminal 0 pela transmissão do terminal 2 (e vice-versa), pela expressão de Friiss, [9]:

$$P_r = P_t + G_t + G_r - L \quad (2)$$

onde, P_t é a potência de transmissão de 15 dBm e G_t e G_r são, respectivamente, o ganho das antenas transmissora e receptora, nesse caso 0 dBi. Com isso, a potência recebida por um terminal há 800 metros de outro é de -83,11 dBm.

Dessa forma, confirma-se que a potência recebida no terminal 0, devido a transmissão do terminal 2, é menor que o parâmetro de sensibilidade de recepção escolhido para -83,05 dBm. Portanto, o terminal 0 não percebe a utilização do canal pelo terminal 2, provocando assim a ocorrência do problema do terminal escondido.

Além disso, nas simulações do terminal escondido foi considerado que o terminal 0 iniciou a transmissão dos pacotes de dados para o terminal 1, após o terminal 2 já ter iniciado a transmissão também para o terminal 1.

As Figuras 11 e 12 ilustram, o número de colisões de pacotes ocorridas no terminal 1 e o número de pacotes enviados e recebidos pela camada de controle de acesso ao meio por cada terminal da rede, respectivamente. Dessa forma, fica evidenciada a diferença de comportamento de cada protocolo quando deparado com o problema em questão do terminal escondido.

No CSMA, ocorreram 1241 colisões no terminal 1 (receptor) e dos 2498 pacotes transmitidos pelos terminais 0 e 2, foram perdidos 2483 pacotes, sendo recebidos apenas 15 pacotes de dados. Esta perda foi elevada, tornando este protocolo ineficiente quando deparado com este problema.

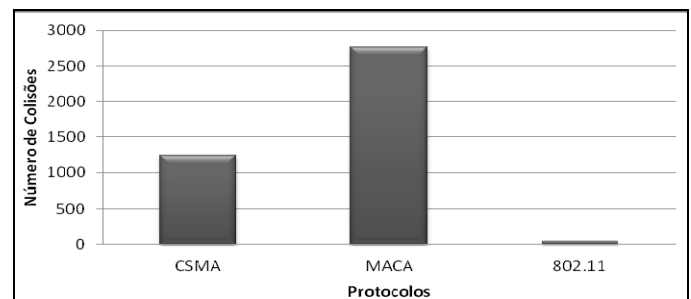


Fig. 11. Número de colisões de pacotes ocorridas no Terminal 1.

Já para o protocolo MACA, ocorreram 2765 colisões, contudo a maioria destas colisões refere-se aos pacotes de controle RTS e CTS. Mas este protocolo não extinguiu o

aparecimento do problema do terminal escondido, pois dos 332 pacotes de dados enviados pelos terminais 0 e 2 de acordo com o Gráfico 2, foram recebidos pelo terminal 1, o total de 313 pacotes. Sendo assim 19 pacotes de dados foram perdidos devido à ocorrência deste problema.

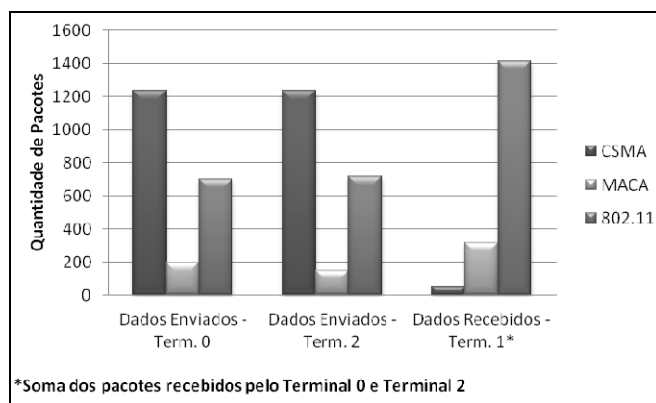


Fig. 12. Número de pacotes enviados e recebidos pela camada MAC.

Por fim, para o protocolo 802.11 ocorreram 41 colisões, contudo pode-se garantir que todas elas foram referentes aos pacotes de controle. Esta afirmação pode ser feita, pois todos os 1407 pacotes de dados enviados pelos terminais 0 e 2, foram recebidos no terminal 1, eliminando a ocorrência do problema do terminal escondido.

A Figura 13 ilustra o comportamento de cada protocolo através do número de pacotes enviados pela camada de aplicação dos terminais 0 e 2, em relação ao número de pacotes recebidos nesta mesma camada no terminal 1. Pode-se observar que nos três protocolos foram enviados 1250 pacotes por cada terminal, havendo diferença no número de pacotes recebidos. Desta forma, são apresentados os valores percentuais dos pacotes que efetivamente tiveram sucesso na transmissão, pois é na camada de aplicação onde as informações contidas nos pacotes são processadas.

No CSMA, do total de pacotes enviados pela camada de aplicação dos terminais 0 e 2, apenas 0,6% desses pacotes foram recebidos pelo terminal 1. Já no MACA, do total de pacotes enviados pela camada de aplicação dos terminais 0 e 2, apenas 12,48% desses pacotes foram recebidos pelo terminal 1. E no 802.11, do total de pacotes enviados pela camada de aplicação dos terminais 0 e 2, apenas 56,26% desses pacotes foram recebidos pelo terminal 1.

Apesar da eficiência do protocolo 802.11 ter sido de 56,26%, em relação aos pacotes enviados pela camada de aplicação, não foi equivocada a informação passada anteriormente ao apresentar que este protocolo solucionou o problema do terminal escondido. Essa eficiência de 56,25% se deve ao fato de que nem todos os pacotes enviados pela camada de aplicação, chegaram a ser enviados pela camada de controle de acesso ao meio (MAC). Esse fato pode ser considerado o único ponto fraco do 802.11, pois ele não consegue dar vazão em todos os dados requisitados pela camada de aplicação, devido aos métodos de controle que o

torna mais lento, fazendo com que o tempo de simulação ter se encerrado, antes do terminal ter enviado todos os pacotes de dados ao canal.

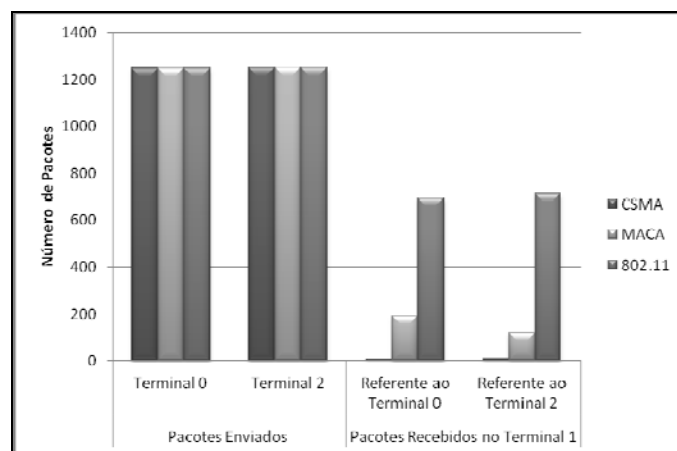


Fig. 13. Número de pacotes enviados e recebidos pela camada de aplicação.

Com base nos dados até aqui apresentados, foi possível a elaboração da Figura 14 que ilustra a vazão de dados de cada enlace, para cada um dos protocolos analisados.

Por meio da Figura 14 fica evidente a capacidade que cada um dos protocolos estudados possui para efetivar um enlace entre o terminal fonte e o terminal destino. Pode ser verificada a dificuldade do protocolo CSMA em resolver o problema do terminal escondido. Além disso, nota-se que o protocolo MACA, apesar dos pacotes de controle, não eliminou a ocorrência de colisões. E por fim, verifica-se que o protocolo 802.11, apesar de não ter tido tempo de enviar todos os pacotes de dados à camada MAC, conseguiu efetivar o enlace para todos os pacotes que os terminais enviaram ao canal.

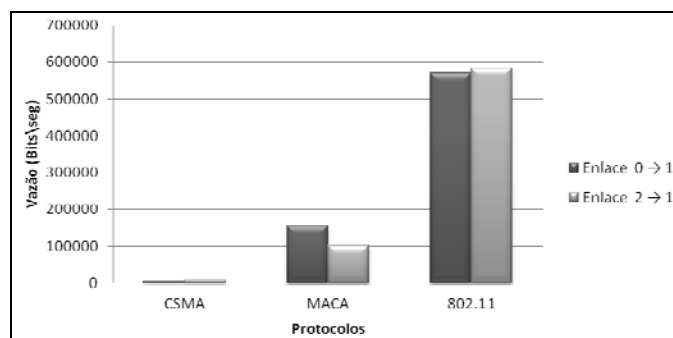


Fig. 14. Vazão de dados por enlace da rede.

B. Problema do Terminal Exposto

Para a análise do problema do terminal exposto, são considerados quatro terminais na rede, dispostos de acordo com a Figura 6, onde a distância entre os vizinhos mais próximos (0-1, 1-2 e 2-3) é também de 400 metros. A Tabela II mostra as características consideradas para a simulação do problema do terminal exposto.

TABELA II
CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE E DOS TERMINAIS PARA O SURGIMENTO DO PROBLEMA DO TERMINAL EXPOSTO.

Índice de Perda de Propagação	2
Frequência	2,4 GHz
Potência de Transmissão	+15,00 dBm
Sensibilidade de Recepção	-78,00 dBm
Limiar de Recepção	-78,00 dBm
Ganho da Antena	0,00 dBi
Número de Pacotes Enviados (Aplicação)	1250
Terminal Transmissor	1, 2
Terminal Receptor	0, 4

No caso do terminal exposto, o problema é a inibição de transmissão, ao invés da colisão de pacotes. Sendo assim, foi realizada a simulação onde o terminal 1 iniciou a transmissão dos pacotes de dados para o terminal 0, somente depois do terminal 2 ter iniciado a transmissão para o terminal 3. Como visto na Figura 6, os dois terminais que pretendem fazer a transmissão de dados, neste caso, os terminais 1 e 2, estão no raio de cobertura um do outro, assim qualquer transmissão que um dos terminais fizer, o outro irá, no momento de verificação, perceber o canal ocupado, adiando sua transmissão.

Por esse motivo, os valores de sensibilidade de recepção e limiar de recepção foram modificados, pois agora a distância entre os terminais de interesse é de apenas 400 metros. Com isso, de acordo com as expressões (1) e (2), obtém-se uma potência recebida pelo terminal 1 de -77,09 dBm.

Desta forma, pode-se confirmar que a potência percebida no terminal 1, devido a transmissão do terminal 2, é maior que o parâmetro de sensibilidade de recepção, o que faz com que o terminal 1 realmente perceba a utilização do canal pelo terminal 2, provocando assim a ocorrência do problema do terminal exposto.

Como o protocolo CSMA possui como única ferramenta de controle de acesso ao meio o *carrier sense*, os resultados gerados pelo software não foram coerentes, pois o terminal 1 deveria ser completamente inibido pelo terminal 2 que “capturou” o canal inicialmente. Entretanto, o terminal 1 enviou seus dados normalmente, não implementando o que se seria teoricamente apropriado. Com isso, considerou-se que os resultados obtidos foram devido a um erro de software e mesmo com outras simulações, não foi possível contornar tal problema. Desta forma, os resultados obtidos ao se utilizar o protocolo CSMA frente ao problema do terminal exposto, não foram considerados na comparação feita para determinar a eficiência destes protocolos.

As Figuras 15 e 16 ilustram, respectivamente, o número de colisões de pacotes ocorridas nos terminais 0 e 3 e o número de pacotes enviados e recebidos pela camada de controle de acesso ao meio por cada terminal da rede. Dessa forma, fica evidenciada a diferença de comportamento de cada protocolo

quando deparado com o problema do terminal exposto.

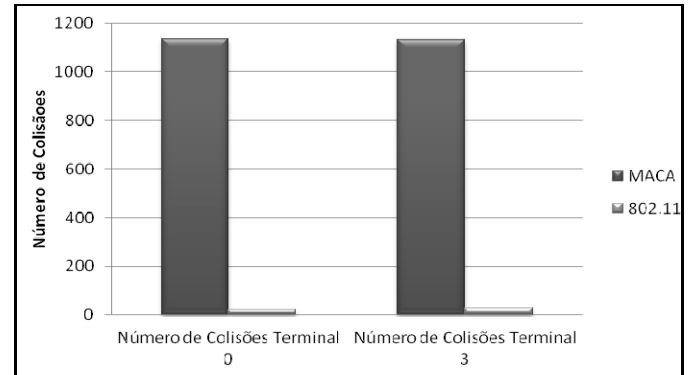


Fig. 15. Colisão de pacotes nos terminais 0 e 3.

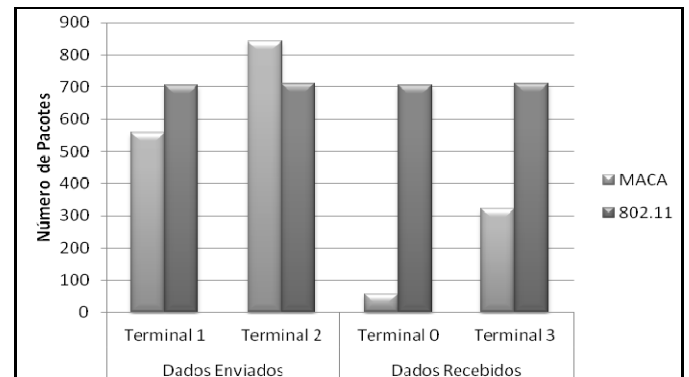


Fig. 16. Pacotes Enviados e Recebidos pela Camada MAC.

No protocolo MACA ocorreram 1137 colisões no terminal 0 e 1133 colisões no terminal 3, contudo a maioria destas colisões foi referente aos pacotes de controle RTS e CTS. Apesar de o protocolo ter proporcionado o acesso ao canal pelos dois terminais fonte, ele não superou de forma eficaz o aparecimento do problema do terminal exposto, pois dos 558 pacotes enviados pela camada MAC do terminal 1, foram recebidos apenas 57 pacotes, conforme pode ser visto na Figura 16. Da mesma forma, dos 842 pacotes enviados pelo terminal 2, apenas 323 foram recebidos. Sendo assim 1020 pacotes de dados foram perdidos devido à ocorrência deste problema na rede.

Diferentemente, no protocolo 802.11 ocorreram 49 colisões, contudo pode-se garantir que todas elas foram referentes aos pacotes de controle. Esta afirmação pode ser feita, pois todos os 704 pacotes de dados enviados pelo terminal 1 e os 709 enviados pelo terminal 2, foram recebidos pelos respectivos terminais de destino, neste caso terminal 0 e terminal 3. Com esses resultados, pode-se afirmar que a ocorrência do problema do terminal exposto foi também eliminada quando utilizado este protocolo.

A Figura 17 apresenta o comportamento de cada protocolo através do número de pacotes enviados pela camada de aplicação dos terminais 1 e 2, em relação ao número de pacotes recebidos nesta mesma camada dos terminais de destino, neste caso terminal 0 e 3.

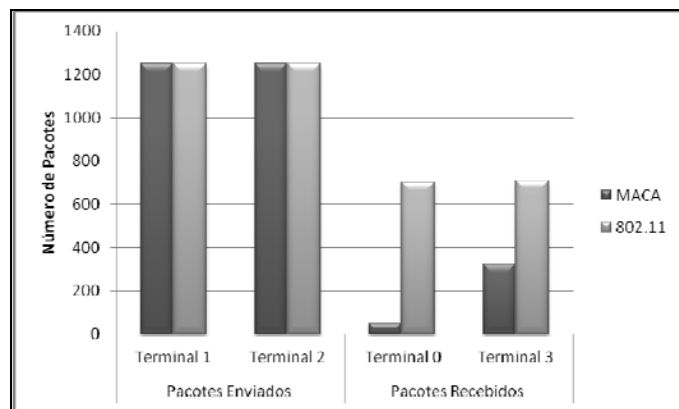


Fig. 17. Número de Pacotes Enviados e Recebidos pela Camada de Aplicação.

No protocolo MACA, do total de pacotes enviados pela camada de aplicação dos terminais 1 e 2, apenas 14,92% desses pacotes foram recebidos pelos terminal 0 e 3 e já no 802.11, do total de pacotes enviados pela camada de aplicação, apenas 56,46% desses pacotes foram recebidos pelos terminais 0 e 3.

Apesar da eficiência do protocolo 802.11 ter sido de 56,46%, em relação aos pacotes enviados pela camada de aplicação, assim como no problema do terminal escondido, não foi equivocado a informação passada anteriormente ao apresentar que este protocolo solucionou o problema do terminal exposto, pois nem todos os pacotes enviados pela camada de aplicação, chegaram a serem enviados pela camada MAC.

A Figura 18 ilustra a vazão de dados por enlace da rede simulada. Pode-se observar que no protocolo MACA os dois terminais fonte são capazes de efetivar algumas transmissões com sucesso, confirmando que o terminal que iniciou a transmissão posteriormente não foi completamente inibido. Contudo as colisões de pacotes de controle e de alguns pacotes de dados mostrou que este protocolo não eliminou completamente este problema, pois conforme pode ser visto na Figura 18, o enlace do terminal de 1 para 0, possui uma vazão inferior por ter iniciado a transmissão posteriormente.

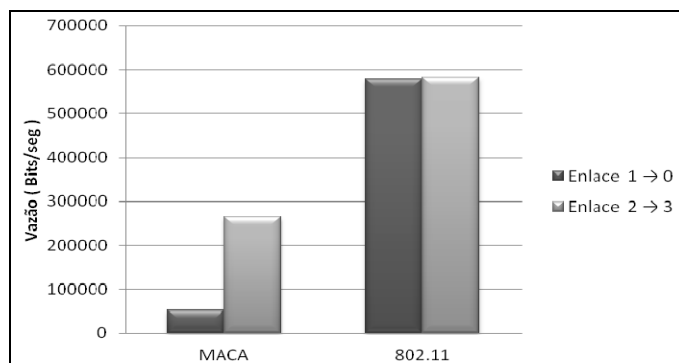


Fig. 18. Vazão de dados por enlace da rede.

Por fim, verifica-se que o protocolo 802.11, apesar de não ter tido tempo de enviar todos os pacotes de dados à camada MAC, conseguiu efetivar o enlace para todos os pacotes que o

terminal enviou ao canal e não enfrentou o problema do terminal exposto, tendo em vista que os dois enlaces tiveram praticamente o mesmo nível de vazão, mostrando assim equilíbrio nas transmissões dentro da rede.

IV. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizado um estudo referente aos protocolos de controle de acesso ao meio em uma rede ad hoc sem fio. Com base nos fundamentos teóricos foram realizadas simulações que visaram comparar a eficiência dos três principais protocolos MAC para este tipo de rede, o CSMA, o MACA e o 802.11. Essa comparação foi realizada através dos resultados obtidos das simulações via o software Glomosim.

Ao ser verificada a eficiência dos protocolos MAC ao deparar com o problema do terminal escondido, pôde-se concluir que dentre os três protocolos estudados, o protocolo 802.11 eliminou completamente a ocorrência deste problema, sendo assim, o protocolo mais eficiente. O protocolo CSMA demonstrou completa vulnerabilidade quando a topologia da rede propiciou o aparecimento deste problema, pois o seu único método de controle, o *carrier sense*, não foi capaz de perceber a utilização do canal por outro terminal, fazendo que ocorresse um número elevado de colisões no destino. Quando foi analisado o protocolo MACA, notou-se um elevado número de colisões, que na grande maioria das vezes foi devido às colisões dos pacotes de controle RTS e CTS. Estes pacotes proporcionaram aos terminais fontes a percepção da utilização do canal por um terminal que não estava no seu raio de cobertura. Contudo, devido à alta frequência de colisões dos pacotes de controle, o problema do terminal escondido não foi completamente eliminado, fazendo com que alguns pacotes de dados colidissem no destino. Desta forma, pôde-se concluir que o protocolo MACA não é eficiente para contornar este problema.

Quando os parâmetros do software foram alterados de forma a propiciar o aparecimento do problema do terminal exposto, pôde-se concluir que o único protocolo que também contornou completamente o problema, foi o protocolo 802.11. Esse protocolo garantiu que todos os pacotes de dados enviados ao canal fossem entregues ao terminal destino, além de ter mostrado uma grande eficiência no compartilhamento do canal pelos dois terminais que desejavam transmitir, pois em nenhum momento um terminal fonte inibiu a transmissão do outro, fazendo com que o número de pacotes transmitidos por cada terminal fossem próximos. No protocolo MACA, o terminal que iniciou a transmissão posteriormente não foi completamente inibido pelo terminal que iniciou a transmissão. Contudo o compartilhamento do canal não foi eficiente, pois ocorreram diversas colisões entre os pacotes de controle e até mesmo de dados, o que causou uma desvantagem para o terminal que iniciou a transmissão posteriormente. Como não houve um compartilhamento eficiente do canal pelos terminais transmissores e como ocorreram colisões dos pacotes de dados, esse protocolo não resolveu de forma eficiente o problema do terminal exposto.

Os resultados provenientes da simulação com o protocolo

CSMA não tiveram o comportamento esperado quando deparado com o problema do terminal exposto. Como o CSMA possui o *carrier sense* como único método de controle de acesso ao canal, o terminal fonte que iniciasse sua transmissão após o outro terminal já ter capturado o canal, deveria ser completamente inibido, pois verificaria que o canal já estava ocupado. Desta forma, foi definido que o software não realizou de forma correta a simulação do problema do terminal exposto ao utilizar esse protocolo, sendo assim o CSMA não foi considerado nas comparações realizadas para elencar o protocolo mais eficiente. Considerando as informações apresentadas no capítulo II deste trabalho, concluiu-se que o CSMA é completamente vulnerável ao problema do terminal exposto, pois um dos terminais fonte seria inibido em todo o momento de transmissão pelo terminal que primeiro capturou o canal.

Como conclusão, teve-se que o protocolo de controle de acesso ao meio mais eficiente foi o 802.11, pois ele superou os dois principais problemas de acesso ao canal em uma rede ad hoc sem fio. Esse protocolo garantiu que, nas situações em que foram realizadas as simulações no software, todos os pacotes enviados ao canal fossem entregues ao terminal de destino. Porém, apesar de ter sido o protocolo mais eficiente

entre os estudados, ele não possuiu 100% de eficácia, pois o mesmo não foi capaz de transmitir todos os pacotes de dados solicitados pela camada de aplicação. O protocolo teve essa dificuldade pelo tempo que levou para processar todos os métodos de controle que evitaram as colisões.

REFERÊNCIAS

- [1] W. Stallings, “*Wireless Communication and Networks*”. 2 ed. New Jersey. 2005.
- [2] A. R. Hidelbrand, “Dicionário Jurídico”, ed. Mizuno. Leme-São Paulo. 2004. 344p.
- [3] P. Cardieri, “Análise de redes ad hoc sem fio”. Notas de aula. DECOM, FEEC, Unicamp, Campinas. 2013. Disponível em: http://www.decom.fee.unicamp.br/~cardieri/IE308_2Sem2013.html
- [4] S. K. Sarkar, T. G. Basavaraju, C. Puttamadappa, “*Ad Hoc Mobile Wireless Networks*”. Auerbach Publications: Flórida. EUA. 2008.
- [5] A. Leon-Garcia e I. Widjaja, “*Communication Networks - Fundamentals Concepts and Key Architecture*”. 2 ed. New York. McGraw-Hill. 2003.
- [6] A. S. Tanenbaum, “Redes de Computadores”. Tradução V. D. de Souza. Rio de Janeiro: Elsevier. 2003.
- [7] T. Nilsson, “*A Tutorial on GloMoSim*”. Department of Computing Science Umea Universit. 2002.
- [8] J. Nuevo, “*A Comprehensible GloMoSim Tutorial*”. INRS - Université du Québec. 2004.
- [9] G. G. R. Gomes, “Sistemas de radioenlaces digitais: terrestres e por satélites”. 1. ed. São Paulo: Érica, 2013.

Solução em Automação Residencial Assistiva com Gerenciamento via Aplicativo Android

Alled Ghazale de Paiva

Larissa de Souza Pereira Rosa

Yan Real

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
alledpaiva@gmail.com

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
larissarosa@get.inatel.br

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
real.yan@yahoo.com.br

Rodrigo de Barros Vimieiro

Carlos Alberto Ynoguti

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
rodrigo.vimieiro@hotmail.com

Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel
ynoguti@inatel.br

Resumo— Este trabalho tem por objetivo o estudo e a implementação de um sistema de automação residencial adaptada às pessoas com deficiência física que permita o controle remoto de qualquer dispositivo eletrônico ligado à tomada, visando automatizar e simplificar as rotinas de uma residência. O acesso ao sistema automatizado é realizado através de um aplicativo de celular, podendo ser acessado a qualquer hora e de qualquer lugar do mundo.

Palavras chave— Automação, domótica, zigbee, aplicativo, WEB.

I. INTRODUÇÃO

A inclusão das pessoas com deficiência diz respeito a todos os cidadãos, empresas e órgãos governamentais de forma geral. Exige, portanto, esforço integrado de todos estes segmentos para torná-la possível efetivamente. Em lugar das limitações – mas sem desconsiderá-las – é preciso enxergar os potenciais, as infinitas possibilidades de levar a vida normalmente “com” e não “apesar de” ter uma deficiência.

Neste contexto entende-se que, para algumas pessoas, ações como ligar uma lâmpada e fechar janelas são pequenas inconveniências, mas para deficientes físicos podem ser grandes obstáculos.

Um dos maiores benefícios oferecidos por um sistema de automação residencial é a possibilidade de reunir em uma única plataforma todos os comandos para o gerenciamento dos sistemas de uma casa, que podem ser acionados através de pequenos painéis instalados nos ambientes ou por equipamentos sem fio, como celulares ou tablets.

Além do gerenciamento local da residência é possível ainda a implementação de sistemas de Home Care remotos, onde médicos e familiares podem monitorar os pacientes de onde estiverem. O acesso remoto permite a interação com a casa e o

paciente através de câmeras e o monitoramento de equipamentos, por exemplo, biomédicos.

Os dados da Associação Brasileira de Automação Residencial (AURESIDE) revelam que cerca de 300 mil residências em todo o país possuem algum tipo de automação. Entretanto, segundo esta mesma fonte a dimensão desse mercado é ainda maior: de acordo com o levantamento global, 78% dos entrevistados brasileiros estavam interessados em automação residencial, um número consideravelmente acima da média mundial. No entanto, 37% disseram que precisariam ser convencidos do bom custo/benefício de um serviço antes de pagar por ele. A pesquisa indica ainda que a popularização desses serviços é necessária, pois o custo para ter esta tecnologia em casa nem sempre é compatível com o poder aquisitivo de muitos brasileiros.

Neste panorama, a equipe do projeto tem como objetivo desenvolver soluções de automação residencial de baixo custo e adaptadas às pessoas com deficiência.

A “Solução em Automação Residencial Assistiva com Gerenciamento via Aplicativo Android” permite que o usuário controle remotamente todos os seus dispositivos eletrônicos ligados à rede elétrica através de uma página WEB ou de um aplicativo mobile. Oferece a possibilidade de controlar sua casa via Internet, através de um celular, tablet ou computador a qualquer hora e de qualquer lugar do mundo.

II. FUNCIONAMENTO E FUNCIONALIDADES

Dentre as funcionalidades já implementadas no projeto pode-se citar:

- Selecionar o número de cômodos desejados
- Nomear cada cômodo
- Selecionar a quantidade de itens a serem controlados em cada cômodo
- Acionar/Desacionar as tomadas

- Temporizar o acionamento das tomadas
- Programar um horário para o acionamento/desacionamento das tomadas
- Permitir o acionamento/desacionamento por comando de voz
- Monitorar os cômodos através de uma câmera IP rotacional através da Internet;
- Fluxo bidirecional de informações: o comando é enviado e uma resposta é emitida com o status do dispositivo controlado;

Utilizando conceitos vindos do estudo da Domótica e técnicas da Automação Residencial, a solução desenvolvida, tem como objetivo permitir o controle de qualquer dispositivo eletrônico ligado à tomada (rede elétrica). Distinguindo-se dos controles comuns que possuem painéis fixos, o projeto possibilita o controle remoto dos dispositivos através de um Aplicativo Mobile.

O aplicativo mobile tem como principal característica a adaptação às diversas formas de deficiência física. Isso se deve principalmente à possibilidade que ele oferece de melhor utilização dos recursos gráficos e de interface, além de proporcionar o uso mais rápido e agradável. Neste aplicativo é possível visualizar a representação dos cômodos da residência e controlar funções como o acionamento de cargas e a temporização de tarefas.



Figura 1 - Tela Inicial Aplicativo

Dentro da casa é instalado um sistema de integração sem fio com uma central de comando, que recebe os dados vindos do aplicativo. A central repassa os dados recebidos para as régulas de acionamento de cargas instaladas nas tomadas. Todos os dispositivos eletrônicos que estiverem ligados às tomadas por essas régulas podem ser controlados.

III. TECNOLOGIAS UTILIZADAS E RESULTADOS OBTIDOS

A fim de demonstrar a viabilidade de se juntar tecnologias diferentes para atingir um sistema integrado, este projeto utiliza como base um microprocessador que se comunica com

um circuito transmissor, um roteador Wireless, um circuito receptor e drivers de acionamento.

O microprocessador recebe os comandos enviados pelo aplicativo através de sua interface de rede, que é ligada ao roteador. Os portais do microprocessador são ligados serialmente a um módulo Zigbee Central que envia os comandos AT recebidos aos módulos Zigbee Escravos, instalados nos cômodos da residência. Estes escravos estão ligados a drivers que acionam/desacionam os dispositivos eletrônicos.

A Figura 2 ilustra o funcionamento do projeto.

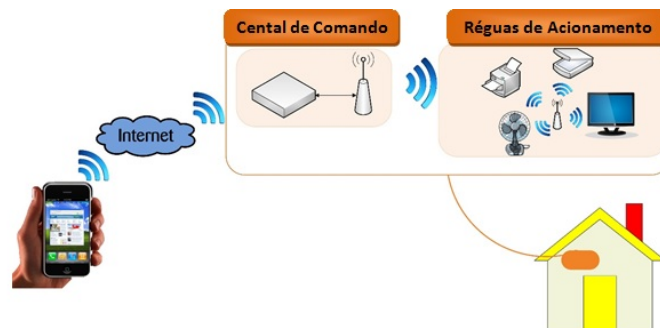


Figura 2 - Funcionamento do projeto

Todo o monitoramento é feito, internamente via WiFi e externamente através da Internet de forma trivial para qualquer usuário, não necessitando de conhecimentos específicos, isto é, qualquer pessoa pode operá-lo.

Em visada direta, o módulo Zigbee central atinge até 1300 metros de alcance e os módulos escravos até 150 metros. Em testes realizados pela equipe dentro de uma residência real, conseguiu-se atingir com os módulos escravos até 50 metros de alcance com obstáculos.

O microprocessador utilizado possui as seguintes características: processador de 1GHz, 512MB de memória RAM e 2GB de memória Flash. No atual desenvolvimento do projeto utiliza-se apenas 5% dessa capacidade o que possibilita a implementação de novas funções sem impactar no funcionamento já existente.

Com o apoio do CDTTA – Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia Assistiva, foi possível testar o aplicativo com deficientes físicos, validando o trabalho feito pela equipe.

IV. CONCLUSÕES

Ao final de mais um ano de desenvolvimento do projeto foi possível criar uma nova linha de trabalho, mais focada em tecnologia assistiva.

O apoio dado pelo CDTTA, pelo professor orientador e pela Pré-Incubadora de empresas do Inatel foram essenciais para que os excelentes resultados deste ano fossem alcançados.

O projeto ainda tem muito a crescer e a ser melhorado, atualizando e expandindo suas tecnologias. Uma das emergenciais é o desenvolvimento do aplicativo para outras plataformas móveis.

Concluiu-se então, que é concebível automatizar residências de maneira inclusiva utilizando soluções e tecnologias com

padrões abertos e de baixo custo, sendo possível o seu controle via rede local e Internet.

REFERÊNCIAS

- [1] BOLZANI, Caio Augustus Morais. Residências Inteligentes – Domótica, Redes Domésticas, Automação Residencial. São Paulo: Livraria da Física, 2004.
- [2] ALIEVI, César Adriano. Automação Residencial com Utilização de Controlador Lógico Programável. Novo Hamburgo: Centro Universitário Feevale. Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, 2008, 86p. Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: http://www.aureside.org.br/temastec/tcc_0410.pdf. Acesso em 28 de fevereiro de 2013.
- [3] BOLZANI, Caio Augustus Morais. Análise de arquiteturas e desenvolvimento de uma plataforma para residências inteligentes. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2010, 155p. Tese (doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de engenharia de sistemas eletrônicos.
- [4] O que é a domótica? Disponível em: <http://instalacoes08.blogspot.com.br/2012/11/o-que-e-domotica-diogo-marques-n6.html>. Acesso em 20 de fevereiro de 2013.
- [5] BOLZANI, Caio Augustus Morais. Residências Inteligentes – Domótica, Redes Domésticas, Automação Residencial. São Paulo: Livraria da Física, 2004.
- [6] Microprocessador BeagleBone Black. Disponível em: <http://beagleboard.org/products/beaglebone%20black>. Acesso em 28 de janeiro de 2014.
- [7] Módulos Zigbee. Disponível em: <http://beagleboard.org/products/beaglebone%20black>. Acesso em 28 de janeiro de 2014.
- [8] População com deficiência no Brasil: fatos e percepções. Disponível em: http://www.febraban.org.br/Arquivo/Cartilha/Livro_Popula%E7ao_Deficiencia_Brasil.pdf. Acesso em: 12 de outubro de 2013.

Quacor, ferramenta de baixo custo para autenticação de usuários

Otávio Rodrigues Rossi

Universidade Presbiteriana Mackenzie – UPM
otavio@rapordo.com

Gustavo Luís Soré

Universidade Presbiteriana Mackenzie – UPM
sore.gustavo@gmail.com

Fernando Lopes de Oliveira Diehl

Universidade Presbiteriana Mackenzie – UPM
fndlod@outlook.com

Ines Brosso

Universidade Presbiteriana Mackenzie – UPM
inesbrosso@mackenzie.br

Resumo—Utilização de uma nova ferramenta de baixo custo com segurança relevante na autenticação de usuário em qualquer tipo de sistema independente da plataforma do cliente.

Palavras chave—Segurança, autenticação, sistemas, custo

I. INTRODUÇÃO

Pensando em uma nova forma de validar o acesso de uma pessoa a uma determinada área restrita sem gerar altos custos, foi desenvolvido o Quacor. Uma nova ferramenta para adicionar segurança de um sistema, diminuindo significativamente as chances de uma pessoa não autorizada fazer um acesso legítimo utilizando as informações de acesso de outra pessoa. Com o Quacor, mesmo que a máquina de um usuário possua um programa de computador mal-intencionado para capturar as informações de acesso a um sistema, ou até mesmo se o usuário fizer um acesso a esse sistema diante de uma outra pessoa, a senha do usuário permanecerá desconhecida e a informação descoberta pelo programa de computador, ou pela pessoa ao lado não será importante no próximo acesso ao sistema.

II. O QUACOR

Junção das palavras “quadrados” e “cor”, o Quacor é uma ferramenta que utiliza a memorização de cores e posições para a autenticação de usuários em um sistema, onde as cores podem ser completamente substituídas por letras para aumentar a acessibilidade do sistema.

A. Visão da plataforma

O Quacor pode ser implementado em qualquer tipo de sistema que possua a capacidade de armazenamento temporário de uma informação específica para um usuário em texto puro, geração de números aleatórios em um determinado intervalo pré-definido, armazenamento permanente de duas informações em texto puro por usuário e alguns comandos básicos de programação como condições e repetições.

B. Visão do dono do produto

Para o dono do produto ou serviço que utiliza o Quacor, a nova ferramenta de autenticação é apenas um método, que pode ser adicional a outros já existentes, para garantir que a pessoa acessando aquele sistema é realmente uma pessoa autorizada a fazer aquele acesso. Com a sua estrutura simples, o Quacor não traz grandes gastos durante a sua fase de desenvolvimento. Para a sua implementação em produção será necessário alguns ajustes nos sistemas atuais para que eles possam solicitar a autenticação nessa nova ferramenta, mas um custo muito baixo, tanto financeiro quanto de tempo, será necessário para colocar o Quacor em produção em comparação com outros produtos e serviços disponíveis atualmente no mercado.

C. Visão dos desenvolvedores

Devido a sua simplicidade de análise de informações, armazenamento das informações necessárias e funcionamento, o Quacor não é algo de trará grandes dores de cabeça para a equipe que cuida do desenvolvimento das ferramentas que já estão em produção para um determinado dono de um produto em sua plataforma. A programação do Quacor é uma simples análise dos dados de um determinado usuário, armazenados em um banco de dados, em comparação com os dados inseridos por uma pessoa que está tentando acessar o sistema. Para essa comparação não é necessário nenhum tipo de biblioteca, ou algo do gênero, em sua plataforma para que o Quacor possa ser utilizado.

D. Visão do usuário

O usuário, ao se cadastrar no sistema, deverá escolher um caractere para cada cor disponível no sistema e algumas posições, dentre as posições possíveis e aceitáveis, tanto em sua localidade como em quantidade, para esse sistema. No momento em que esse usuário cadastrado no sistema entrar acessá-lo, será solicitado que ele entre com a sua senha Quacor. Nesse momento o usuário deverá se lembrar de todas as posições escolhidas no momento do cadastro e também os caracteres escolhidos para cada cor. Se, de acordo com as

informações que o sistema transmitir para a pessoa que está tentando acessar o sistema, a senha Quacor desse pessoa estiver correta, o acesso ao sistema é liberado. Tanto as cores e as posições apresentadas para o usuário pelo sistema podem variar dependendo da implementação feita no sistema e o meio em que o usuário está acessando.

III. CONCLUSÕES

Por enquanto apenas a ideia básica da ferramenta Quacor foi desenvolvida e testada. Outros pontos adicionais que devem estar integrados e funcionando durante a utilização da ferramenta por um usuário, como, por exemplo, uma conexão segura com dados criptografados e modificados, para que textos plenos e puros não sejam utilizados, ainda não foram utilizados na primeira implementação da ferramenta. Apesar do incremento de informações que o usuário deve armazenar para acessar o sistema, a própria interface do mesmo pode oferecer de maneira simples algumas facilidades para que o usuário lembre de todas as informações com mais facilidade,

como, por exemplo, exibir a ordem em que as cores foram apresentadas para o usuário no momento do cadastro ou do recebimento dessas cores, em casos onde o usuário não escolhe valores para as cores e sim o sistema gera essa informação automaticamente, isso como um padrão ou como uma opção de “esqueceu sua senha”. Com a utilização do Quacor os donos dos produtos terão um gasto significativamente menor para manter essa ferramenta em produção e oferecer suporte a ela se compararmos com as ferramentas existentes no mercado. Sendo assim, a quantificação desses gastos poderia ser um dos temas para trabalhos futuros relacionados com o Quacor.

REFERÊNCIAS

- [1] BROSSO, Maria Ines Lopes. Autenticação contínua de usuários em redes de computadores [online]. São Paulo : Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2006. Tese de Doutorado em Sistemas Digitais. [acesso 2014-02-16]. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3141/tde-08122006-170242/>>.

Controle de Dispositivos Através de Aparelhos Móveis

Gleydson Hanry Olivier
Instituto de Estudos
Superiores da Amazônia -
IESAM
gleydson.olivier@gmail.com

Ákila R. Dutra
Instituto de Estudos Superiores da
Amazônia - IESAM
hakilarodrigues_2008@hotmail.com

Bruno S. Dias
Instituto de Estudos Superiores
da Amazônia - IESAM
bruno_soares_14@hotmail.com

Fredy L. Rua
Instituto de Estudos
Superiores da
Amazônia - IESAM
fredyl.rua@hotmail.com

Thiago Augusto Lisboa
IESAM
thiagolisboatec@gmail.com

Johelden Bezerra
IESAM
johelden@prof.iesam-
pa.edu.br

Luciana Vieira
IESAM
renatohidaka@prof.iesam-
pa.edu.br

Renato Hidaka
IESAM
renatohidaka@prof.iesam-
pa.edu.br

Resumo — Realizar o controle de dispositivos através da integração de um computador com um Dispositivo Lógico Programável (PLD). O usuário deve ser capaz de controlar um dispositivo utilizando um programa escrito em JAVA ou através de uma aplicação Web usando linguagem PHP que se comunicará com o hardware através da porta serial enviando dados que devem ser interpretados pelo controlador lógico (FPGA) e a partir daí realizar uma ação.

Palavras-chaves — JAVA, PHP e FPGA.

I. INTRODUÇÃO

O controle de dispositivos será realizado de duas formas, através de um software JAVA, que necessita da biblioteca externa RXTX para controlar o envio/recebimento de dados através da porta serial, ou pela aplicação Web utilizando linguagem PHP que fará uso da função “fopen” para o mesmo propósito. Os dados são enviados a um Dispositivo Lógico Programável (PLD) chamado FPGA, que deve ser programado através de uma Linguagem de Descrição de Hardware (HDL), chamada VHDL, a partir daí deve interpretar os dados recebidos e enviar comandos elétricos a uma ou mais saídas do FPGA onde estão ligados os LED's que representam os dispositivos.

II. LINGUAGEM JAVA

Java é uma linguagem de programação e uma plataforma de computação lançada pela primeira vez pela Sun Microsystems em 1995. É a tecnologia que capacita muitos programas da mais alta qualidade, como utilitários, jogos e aplicativos corporativos, entre muitos outros, por exemplo. O Java é executado em mais de 850 milhões de computadores pessoais e em bilhões de dispositivos em todo o mundo, inclusive telefones celulares e dispositivos de televisão.[1]

III. LINGUAGEM PHP

Linguagem de script open source de uso geral criada por Rasmus Lerdorf em 1995, inicialmente como simples scripts Perl como estatísticas de acesso para seu currículo online.

Ele nomeou esta série de script de 'Personal Home Page Tools'. Como mais funcionalidades foram requeridas, Rasmus escreveu uma implementação C muito maior, que era capaz de

comunicar-se com base de dados, e possibilitava à usuários desenvolver simples aplicativos dinâmicos para Web [2].

IV. FPGA

É um dispositivo lógico programável (PLD) com uma arquitetura baseada em um arranjo de blocos lógicos configuráveis (CLB's-Configurable Logic Blocks) contendo portas lógicas e flip-flops para implementar funções lógicas mostrado na figura 1.

O FPGA também contém blocos de entrada e saída (IOB-Input/Output Blocks), que são responsáveis pelo interfaceamento entre as saídas provenientes das combinações de CLB's.

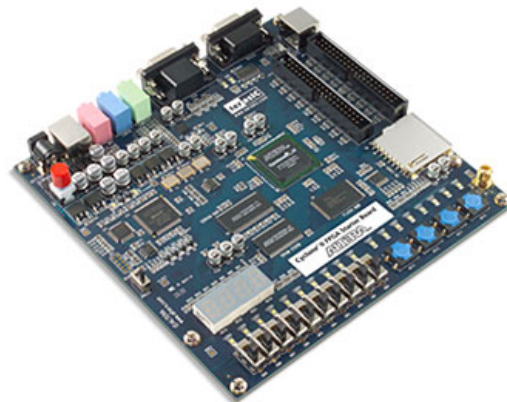


Fig.1. FPGA

V. METODOLOGIA

Foi criada uma GUI em linguagem de programação JAVA para envio de dados para a porta serial. Este programa com três painéis (principal, configurar e sobre).

No painel “Principal” conforme mostrado na figura 2, temos o controle de dois dispositivos através dos botões “Ligar” e “Desligar”. Cada botão fará o envio de um caracter específico para porta serial que será recebido pelo FPGA este fará a interação com o dispositivo representado por LED.

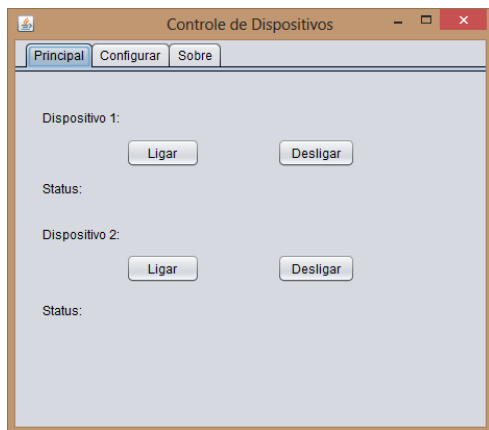


Fig.2. Tela principal

No painel “Configurar” conforme mostrado na figura 3 será realizado o mapeamento das portas seriais disponíveis no computador através do botão “Procurar”, após este procedimento as portas disponíveis serão listadas na caixa combinada no item “Seleção da Porta”, a partir deste momento faremos a seleção da porta na qual o FPGA foi conectado e estabeleceremos a comunicação através do botão “Abrir/Fechar”.

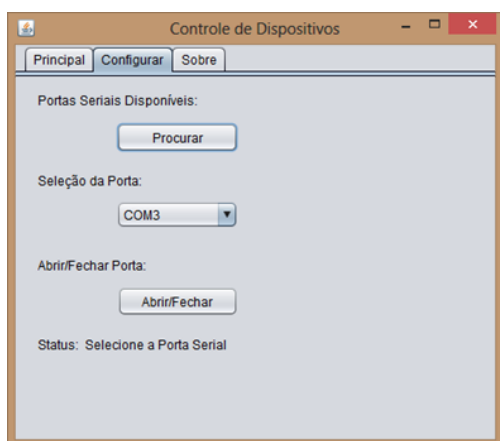


Fig.3. Tela de configuração serial.

No painel “Sobre” mostrado na figura 4 fica a identificação do programa, onde consta o nome a versão e os autores do projeto.



Fig.4. Tela de configuração serial.

Para acesso de aparelhos móveis utilizamos uma aplicação WEB desenvolvida em HTML e linguagem PHP hospedada em um pequeno servidor Apache. A página contém quatro botões para controle de dois dispositivos conforme mostrada na figura 5. Cada botão usa o mesmo princípio da aplicação em JAVA, ou seja, envia caractere específico usando a função “fwrite” para porta serial previamente configurado através da função “fopen” em linguagem PHP.



Fig 5. Página WEB em PHP

No FPGA foi criado um código em VHDL para leitura de dados na porta serial com velocidade de 9600 bps. A cada 8 bits recebidos são verificados se os caracteres específicos foram enviados pela aplicação JAVA/WEB e conforme o resultado serão acionados os dispositivos representados por LED's conectados na saída do FPGA.

VI. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado do projeto obtivemos um software escrito na linguagem de programação JAVA, uma página escrita em linguagem de script PHP, ambos capazes de comunicar-se com hardware enviando dados que posteriormente resultarão em uma ação, representado por um circuito com relé capaz de receber um sinal elétrico do FPGA e ligar uma lâmpada.

VII. CONCLUSÃO

O controle de dispositivos através das ferramentas desenvolvidas e aqui apresentadas é uma solução viável para projetos de automação residencial, industrial ou em qualquer outro que requeira o controle a distância ou presencial de dispositivos, pois apresenta um baixo custo de montagem, implantação e uma interface bem intuitiva e de fácil utilização.

REFERÊNCIAS

- [1] http://www.java.com/pt_BR/download/faq/whatis_java
- [2] php.net/manual/pt_BR/intro-what-is.php

Esteganografia na Transmissão de Mensagens Digitais Seguras: Técnicas, Implementação e Detecção

Adécio Marques de Souza

Evandro Luís Brandão Gomes

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
adelcios@get.inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
evandro@inatel.br

Resumo — Desde que foi criada, a Internet é cada vez mais utilizada mundialmente e uma das principais preocupações é a segurança dos dados que nela trafegam. Para tal fim, foram desenvolvidas técnicas de criptografia e, mais recentemente, de esteganografia digital. Esteganografia é a prática de esconder a existência de uma informação. O presente artigo não tem como objetivo se estender nas complexas teorias de esteganografia, mas sim apresentar e comparar as técnicas mais comuns de implementação e detecção.

Palavras chave — Esteganálise, Esteganografia, Segurança Digital.

I. INTRODUÇÃO

Esteganografia vem do grego *steganographia* e significa “escrita escondida”. Este conceito é antigo e durante séculos foram desenvolvidos vários métodos para a transmissão de mensagens escritas de maneira segura, principalmente em tempos de guerra. Entretanto, nas últimas duas décadas a comunicação via internet tem crescido exponencialmente e nesse cenário nasceu a esteganografia digital.

Os primeiros trabalhos com esteganografia digital foram apresentados no primeiro *International Workshop on Information Hiding*, em Cambridge em 1996. Até então, os trabalhos nesse campo eram realizados por diferentes comunidades independentes. Os 26 artigos apresentados definiram o estado da arte e fundaram uma terminologia comum. Esse workshop é visto como a marca da criação de um novo campo das ciências da computação. De lá pra cá desenvolvidas e implementadas várias técnicas que permitem a comunicação secreta, muitas delas com complexos modelos matemáticos.

Em contrapartida, também foram realizados diversos estudos com o objetivo de descobrir as mensagens escondidas, criando-se assim a Esteganálise. As técnicas de esteganálise são objeto de interesse tanto de espões que desejam quebrar a comunicação secreta de uma instituição, por exemplo, quanto de cientistas forenses da computação, que lutam contra crimes cibernéticos.

No desenvolvimento deste trabalho é apresentado um resumo histórico da esteganografia clássica e digital, as

diferenças entre esteganografia, criptografia e watermarking, a terminologia comum, os princípios e as técnicas de implementação e detecção em diversos meios.

II. A ESTEGANOGRAFIA E O CONTEXTO HISTÓRICO

Um dos primeiros registros de esteganografia no mundo é encontrado em *Histories* do historiador grego Heródoto (485-420 a.C.). O texto mostra que por volta de 440 a.C., um governador grego em guerra com os persas raspou a cabeça de seu servo mais confiável, tatuou a mensagem a ser transmitida aos aliados e esperou que seu cabelo crescesse novamente, antes de enviá-lo como mensageiro.

Outro grego que utilizou a esteganografia foi Enéas, o Tático. Ele desenvolveu várias técnicas para serem empregadas na guerra, entre elas esconder a mensagem em brincos, nas solas dos mensageiros e furar uma tábua de madeira para representar letras. Uma de suas invenções mais famosas consistia em fazer pequenos furos em uma carta comum, marcando as letras da mensagem secreta. Durante os séculos XIX e XX, vários espões militares se inspiraram em Enéas para enviar imagens drasticamente reduzidas e colocadas como pontos finais em cartas ou notícias de jornal.

No século XV o monge Trithemius escreveu uma trilogia de livros místicos intitulada *Steganographia*. São considerados os pioneiros no campo de criptografia e esteganografia. Apesar de as passagens referirem a anjos e poderes sobrenaturais, o monge apresenta alguns métodos para a comunicação secreta., um exemplo foi o Salmo 23 encontrado no terceiro livro por pesquisadores após uma cuidadosa análise.

Durante a Segunda Guerra Mundial, a esteganografia foi utilizada largamente. Os métodos mais comuns eram as tintas invisíveis, os micropontos e a esteganografia de texto. Um exemplo famoso aconteceu quando a embaixada alemã nos EUA enviou a seguinte mensagem para a sua pátria: **“PRESIDENT'S EMBARGO RULING SHOULD HAVE IMMEDIATE NOTICE. GRAVE SITUATION AFFECTING INTERNATIONAL LAW. STATEMENT FORESHADOWS RUIN OF MANY NEUTRALS. YELLOW JOURNALS UNIFYING NATIONAL EXCITEMENT IMMENSELY”**. Juntando a primeira letra de todas as palavras, tem-se: **PERSHING SAILS FROM NY JUNE 1**.

Durante a guerra fria foram utilizadas diversas técnicas de esteganografia. Uma das mais populares, chamada “Dead

Drop” visava esconder não o conteúdo da mensagem, mas as partes que participavam da comunicação. Consistia em deixar o recado em um local discreto para que posteriormente o destinatário o pegasse.

Em 2001, já na era digital, o jornal americano USA Today [17] noticiou em fevereiro, antes do atentado de 11 de setembro, que a organização terrorista ligada a Osama Bin Laden fazia uso da esteganografia para se comunicar via internet e não ser descoberta pelas forças armadas. Segundo os cientistas forenses americanos, o grupo utilizava sites pornográficos e chats de esportes para compartilhar secretamente mapas, fotografias, instruções e planos de atentados, como o bombardeio da embaixada americana na África, em 1998.

III. COMPARAÇÕES COM OUTROS CAMPOS

A. Criptografia vs. Esteganografia

A criptografia se difere da esteganografia porque enquanto a primeira procura tornar a informação ilegível para terceiros, a segunda esconde a própria existência da informação.

Em algumas situações, além de impedir o acesso das informações que estão sendo trocadas, é importante manter o anonimato dos usuários ou o conhecimento da comunicação. A criptografia falha nesse ponto, porque existe a possibilidade do atacante observar o fluxo de mensagens criptografadas na rede de comunicação.

A esteganografia não deve substituir a criptografia, mas sim se apresentar como um método alternativo ou até mesmo complementar, já que é possível criptografar uma informação antes de escondê-la.

B. Watermarking vs. Esteganografia

Apesar das semelhanças entre seus algoritmos, as duas técnicas se diferem no uso. O watermarking procura inserir uma marca dentro de uma informação, não esconder outra informação. De fato, o foco principal não é a segurança, mas sim a robustez. A marca inserida pode ser perceptível ou não, dependendo da aplicação.

Algumas técnicas de watermarking inserem a marca de modo que ela não possa ser retirada sem que a informação que a carrega seja danificada. Esse método é utilizado para comprovação de autenticidade, por exemplo. Já em outras técnicas, a marca sai facilmente se for submetida a determinados processamentos. Nesse caso, o objetivo pode ser evitar cópias ilegais ou inutilizar a informação.

IV. TERMINOLOGIA

Como já foi citado anteriormente, foi definida uma terminologia comum no primeiro *International Workshop on Information Hiding* para padronizar os artigos dessa nova ciência que começava em 1996. Como essa terminologia é válida atualmente, é importante apresentá-la antes de iniciar a descrição técnica:

- **Dados embutidos (*embedded data*)** - informação a ser transmitida secretamente.
- **Mensagem de cobertura (*cover message*)** - mensagem que será hospedeira da informação secreta. Essa mensagem pode ser uma imagem digital

(*cover image*), um arquivo de texto (*cover text*), um arquivo de áudio (*cover audio*)...

- **Estego-objeto (*stego-object*)** - a mensagem de cobertura após a inserção da informação secreta.
- **Estego chave (*stego key*)** - chave opcional que indica como retirar a informação secreta de dentro da mensagem de cobertura.

V. O SISTEMA DE IMPLEMENTAÇÃO

Para a implementação de um sistema esteganográfico ideal, será utilizado o seguinte cenário: Duas partes de um sistema de comunicação, aqui chamados **C1** (comunicador 1) e **C2** (comunicador 2), estão tentando se comunicar de uma maneira segura através de um canal monitorado por um potencial atacante **A1**.

C1 deseja enviar uma mensagem secreta **m** para **C2**. **C1** escolhe aleatoriamente uma mensagem de cobertura **c** que pode ser transmitida para **C2** sem levantar suspeitas. **C1** então embuti a mensagem secreta **m** em **c**, opcionalmente usando uma estego chave **k** e a envia por um canal inseguro. A mensagem de cobertura **c**, portanto, vira um estego objeto **s**. Esse processo deve ser feito de maneira que, idealmente, não seja possível detectar a existência de **m** em **s**.

Do outro lado da comunicação, **C2** deve ser capaz de, conhecendo a estego chave **k**, retirar a mensagem de dentro do estego objeto **s**. Esse processo deve ser possível sem o conhecimento da mensagem de cobertura **c**.

A segurança dessa comunicação reside no fato de que **A1** não consegue decidir se a mensagem que ele observa trafegando pelo canal é uma mensagem de cobertura qualquer ou um estego objeto. Esse aspecto não se aplica à prática, pois a inserção de **m** em **c** modifica as propriedades de **c**. O parâmetro da segurança é medido a partir do impacto dessas modificações e a dificuldade de detectar **m** em **s**.

Outro parâmetro para determinar a qualidade de um sistema de esteganografia é a robustez. Um estego objeto robusto é aquele que mesmo com modificações em sua estrutura física durante a transmissão (compressão, redimensionamento, inserção de ruído...) ele preserva os dados embutidos. Segurança e robustez são parâmetros inversamente proporcionais, já que para haver robustez é necessário realizar modificações significativas na mensagem de cobertura.

Do ponto de vista prático, **A1** pode agir como um atacante passivo ou um atacante ativo. O atacante passivo apenas procura por mensagens secretas em todas as mensagens de cobertura que passam pelo canal. Já o atacante ativo pode modificar as propriedades das mensagens de coberturas (comprimindo uma imagem, por exemplo) na tentativa de destruir uma potencial mensagem **m** ou até mesmo inserir uma falsa mensagem **m** e enviá-la a **C2**, fazendo-se passar por **C1**.

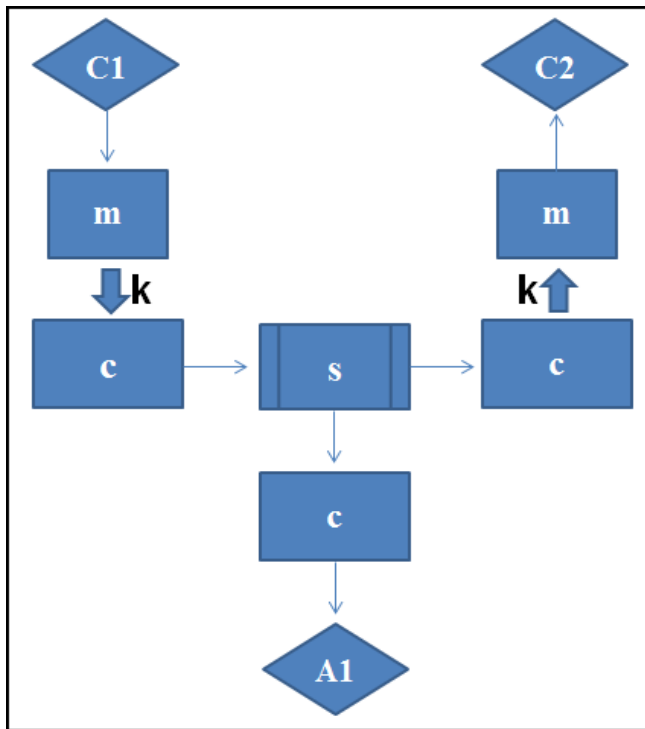


Figura 1 - Sistema de implementação

VI. TÉCNICAS DE ESTEGANOGRAFIA

As técnicas de esteganografia podem ser classificadas em 6 categorias:

1. Sistemas de substituição: As partes redundantes da mensagem de cobertura são substituídas pela mensagem secreta.
2. Técnicas no domínio das transformadas: Faz o uso de alguma transformada (de Fourier, por exemplo) sobre a mensagem de cobertura para inserir a mensagem secreta em outro domínio.
3. Técnicas de espalhamento espectral: Utilizam uma categoria de técnicas comuns em telecomunicações para inserir a mensagem secreta como ruído na mensagem de cobertura.
4. Métodos estatísticos: A inserção da mensagem secreta é feita modificando várias propriedades estatísticas da mensagem de cobertura.
5. Técnicas de distorção: A inserção da informação é feita através da distorção de sinal, modificando o desvio padrão do estego-objeto em relação à mensagem de cobertura.
6. Métodos de geração de mensagens de cobertura: A mensagem de cobertura é criada para se adequar a mensagem secreta.

VII. TÉCNICAS PARA IMAGENS DIGITAIS

Existem inúmeras técnicas de esteganografia voltadas para imagem digital, já que elas são as mensagens de cobertura

mais difundidas na internet. Algumas delas serão analisadas a seguir:

A. Substituição do LSB

A substituição do bit menos significativo (LSB) é a mais simples e popular técnica de esteganografia para imagens. Consiste em substituir o LSB de um byte da imagem de cobertura pelo bit da informação que se deseja transmitir. Em uma imagem do tipo RGB (3 bytes/pixel) é possível inserir um caractere ASCII (8 bits) a cada 2,67 pixels. Apesar da boa capacidade de armazenamento, a substituição faz com que o byte altere seu valor no máximo uma unidade, o que torna a mudança de cor imperceptível ao olho humano.

Uma das principais desvantagens dessa técnica é a baixa robustez. As alterações que a estego imagem pode ser submetida durante a transmissão geralmente tendem a afetar os bits menos significativos, comprometendo os dados embutidos. Algumas técnicas procuram fazer a substituição nos planos de bit superiores ou criar uma redundância da informação, mas nesse caso há um comprometimento da segurança.

Outra desvantagem é que a região onde os dados embutidos se encontram tem seus atributos estatísticos alterados em relação ao resto da estego imagem. Existem técnicas de esteganálise que exploram essa falha para realizar a detecção. Nesse sentido foram desenvolvidas soluções que fazem a substituição aleatoriamente ou compensam as mudanças estatísticas durante o processo inserindo ruído imagem. [11]

B. Filtragem

Filtragem é um processamento que transforma a imagem digital pixel a pixel, aplicando matrizes chamadas máscaras. Essa transformação leva em consideração não apenas o valor de um pixel, mas também os dos seus vizinhos. Se as máscaras forem escolhidas cuidadosamente, é possível esconder informações sem que as modificações na estego-imagem sejam perceptíveis ao olho humano.

As técnicas de filtragem escondem a informação nos planos de bit superiores, não apenas no nível de ruído, por isso elas são mais robustas que a substituição de LSB. Devido a essa característica, elas são muito empregadas quando a imagem de cobertura é do tipo lossy JPEG. A grande desvantagem dessas técnicas é que em imagens coloridas as modificações nos planos de bit superiores comprometem a segurança, por isso elas são geralmente limitadas a imagens preto-e-branco (grayscale) de 24 bits.

C. Técnicas para imagens baseadas em paleta

Em alguns casos, o arquivo de imagem pode ser dividido em duas partes: Uma paleta e os dados que formam a imagem. A paleta é uma tabela que associa a cada cor presente na imagem um índice i . Os dados da imagem não são compostos pela informação da cor como em outros formatos, mas sim pelo índice i que representa a cor do pixel. Essa representação é a utilizada para reduzir o tamanho do arquivo em formatos do tipo BMP e GIF.

No caso dessas imagens baseadas em paletas, uma substituição do LSB comum não altera a cor do pixel para o tom mais próximo, mas sim pela próxima cor da paleta, que pode ser completamente diferente. Portanto, é necessário

ajustar a imagem antes de inserir a informação. As técnicas voltadas para esses formatos procuram contornar esse problema modificando primeiramente a paleta de modo que as cores de tons próximos possuam também índices próximos e posteriormente atualizar os dados com os novos índices, sem causar nenhuma mudança visual na imagem.

Entretanto, a solução apresentada não tem grande robustez ou segurança. Um potencial atacante pode detectar a informação checando se a condição descrita acima é atendida na paleta e destruir a informação modificando novamente os índices de forma aleatória. Novamente, surgiram técnicas que contornam o problema. Uma dessas técnicas procura substituir o índice i de um pixel pelo índice da cor de tom mais próximo encontrada na imagem, em vez de fazer uma simples substituição do LSB.

D. Técnicas no domínio das transformadas

As manipulações no domínio espacial são muito vulneráveis aos processamentos de imagens digitais, especialmente a compressão. Devido a este fato, as técnicas de esteganografia mais avançadas recorrem a alguma transformada para inserir a imagem em outro domínio, geralmente chamado domínio da frequência. As transformadas mais populares para imagens digitais são a Transformada Discreta de Fourier (DFT), a Transformada Discreta do Cosseno (DCT) e a Transformada de Wavelets.

A razão para que as técnicas no domínio da transformada sejam mais utilizadas é que elas conseguem inserir a informação modificando os planos de bit mais altos sem alteração visível na imagem. Outro critério é a popularidade das imagens do tipo JPEG na internet, que utilizam a DCT para comprimir significativamente o tamanho do arquivo. O foco dessas técnicas de esteganografia é exatamente a compressão.

Uma das técnicas para JPEG que utilizam a DCT foi proposta por [22]. Ela modifica a tabela de quantização da DCT de modo a inserir a informação nas frequências medianas. As frequências medianas não afetam visualmente a imagem como as frequências altas, mas também não são susceptíveis ao processamento digital, como as frequências baixas.

Outros métodos no domínio da transformada podem ser encontrados em [3] e [5].

VIII. TÉCNICAS PARA ÁUDIO DIGITAL

Outro sistema para o qual são desenvolvidas diversas técnicas é o áudio digital e algumas delas também serão apresentadas:

A. Substituição do LSB

Assim como em imagens, também é possível aplicar a mesma técnica de substituição de LSB em arquivos digitais de áudio. O grande contratempo nesse caso é que o SAH (Sistema Auditivo Humano) é muito sensível, estudos mostram que perturbações podem ser notadas em níveis de até uma parte em dez milhões [12]. Essa sensibilidade do SAH faz com que a capacidade de implementação da técnica seja reduzida para não comprometer a segurança. Além disso, ruído, filtragem e re-sampling afetam a informação inserida.

A. Codificação de fase

Apesar da sensibilidade ao ruído, o SAH não é tão sensível às componentes de fase do som, e é possível explorar essa característica para realizar a esteganografia. Ao aplicar-se a DFT em um arquivo de áudio, é gerada uma matriz com de magnitudes $A(k)$ e uma matriz de fases $\phi(k)$. A técnica de codificação de fase muda a matriz de fases cuidadosamente, de modo a inserir a informação, mas manter as diferenças de fases originais. Sem esse cuidado, a esteganografia poderia ser facilmente detectada, mas ele acaba prejudicando a capacidade de inserção.

Após a inserção, é calculada a transformada inversa de Fourier e o estego-objeto é enviado. Na decodificação é necessária uma sincronização que o receptor consiga extrair as fases corretamente. Essa técnica é imune a filtragem e re-sampling, mas pode ser afetada por ruído e distorção.

A. Inserção em eco

Outra possibilidade para a esteganografia em arquivos de áudio digital consiste em inserir um eco $f(t+\Delta t)$ no sinal $f(t)$ de modo que o estego-objeto se torne $f(t) + f(t+\Delta t)$. A informação é codificada utilizando delays diferentes em pequenos blocos do arquivo para os bits 0 e 1. É importante que o delay seja imperceptível para o SAH. Para a decodificação, é necessária uma sincronização. Essa técnica é robusta a ruído e re-sampling, mas pode ser afetada por filtragem.

IX. TÉCNICAS PARA OUTROS SISTEMAS

Existem ainda outros tipos de arquivos digitais onde é empregada a esteganografia, embora sejam menos populares e, portanto, serão apenas citados nesse artigo.

A maioria das técnicas já citadas para imagens digitais podem ser usadas para vídeos digitais, visto que se pode interpretar um vídeo como um conjunto de imagens sequenciais [2]. Os atuais estudos nesse campo são voltados para sistemas de vídeo conferência, ou seja, a esteganografia feita em tempo real. Outra técnica que também é empregada em tempo real é a esteganografia em sistemas VoIP, como o Skype®.

Também existem técnicas para arquivos de texto digital, mas essas são geralmente feitas não considerando o texto como um conjunto de bits e sim a formatação do texto, como por exemplo, utilizando diferenças de tabulação, assemelhando-se à esteganografia clássica.

Finalmente, também são propostas implementações em sistemas de arquivos, sistemas IP e muitos outros, inclusive a utilização de esteganografia clássica no DNA humano. [19]

X. TÉCNICAS DE ESTEGANÁLISE

As técnicas de esteganálise podem ser classificadas em 3 categorias, de acordo com o conhecimento do atacante:

- Ataque apenas estego: São as técnicas utilizadas quando o atacante conhece apenas o possível estego objeto.
- Ataque de cobertura conhecida: São as técnicas utilizadas quando o atacante tem acesso à mensagem

de cobertura utilizada para a inserção. Essas técnicas geralmente são baseadas em comparação simples entre os dois arquivos.

- Ataque de mensagem conhecida: São as técnicas utilizadas quando o atacante conhece a mensagem que está sendo transmitida. Nesse caso, as técnicas procuram padrões que indiquem a existência dessa mensagem específica no arquivo.

Na maioria dos casos apenas o estego-objeto está disponível, portanto é a categoria mais interessante para estudo. As técnicas de esteganálise onde apenas o estego-objeto está disponível podem ser classificadas em 3 categorias.

A. Ataques aurais

Vários sistemas de substituição inserem a informação de maneira sequencial nos bits menos significativos da mensagem da cobertura. Apesar de essas técnicas produzirem estego-objetos visualmente idênticos à mensagem de cobertura, é possível extrair apenas uma determinada parte do arquivo, o plano de bit menos significativo, por exemplo, e tentar detectar visualmente se há mensagem. Outra opção é filtrar a mensagem de cobertura para tentar detectar informações inseridas no domínio da transformada.

Entretanto, os sistemas que fazem ataques aurais só conseguem detectar mensagens inseridas de forma não aleatória e dependem de certa percepção por parte do observador. Alguns métodos de detecção podem ser automatizados extraindo os bits menos significativos e comparando-os com padrões em um dicionário.

B. Ataques estruturais

Os ataques estruturais são utilizados quando o atacante conhece características inerentes ou comumente presentes em arquivos digitais. O objetivo nesse caso é testar se o estego-objeto analisado possui tais características e, se possível, associar as anomalias encontradas a algum tipo de técnica esteganográfica na tentativa de encontrar o algoritmo correto de extração.

Um exemplo de técnica que se encaixa nessa categoria objetiva detecção de mensagens inseridas em imagens baseadas em paleta. Como foi visto anteriormente, para inserir mensagens nessas imagens é necessário antes adequar a paleta para a inserção de modo que cores de tons próximos tenham índices próximos. Nesse caso a detecção é feita analisando a paleta e observando se suas condições satisfazem os requisitos para inserção. Em caso afirmativo, há uma grande possibilidade de haver uma mensagem inserida, pois imagens comuns geralmente não atendem os requisitos [14].

As técnicas de ataques estruturais são limitadas pelo conhecimento de características confiáveis de diferentes arquivos e o quanto as técnicas de esteganografia afetam essas características.

C. Ataques estatísticos

Os ataques estatísticos são ataques universais (onde não se supõe que uma técnica específica foi utilizada) que procuram trabalhar com as estatísticas conhecidas dos sistemas. Os

especialistas em imagens e áudio digital estudam diversas características dos formatos mais populares e levantam modelos padrões especificando a maneira que certos parâmetros, como a cor, por exemplo, se distribui em determinado formato de imagem. A partir disso, são feitos testes estatísticos entre o possível estego-objeto e o seu modelo padrão. Essa é a melhor escolha na ausência da mensagem de cobertura.

XI. TÉCNICAS ESTATÍSTICAS

As técnicas estatísticas são as mais difundidas e sofisticadas atualmente, por isso serão apresentadas duas delas nesse artigo.

A. Ataque Chi-Square

O teste do Chi-Square proposto por [1] pode ser utilizado contra qualquer sistema esteganográfico em que pares de valores são trocados durante uma implementação sequencial. Pares de valores podem ser valores de pixels, índices de paletas ou coeficientes do domínio das transformadas.

Antes da implementação da esteganografia, os valores do par geralmente estão distribuídos de maneira desigual na mensagem de cobertura. Depois de inserida a mensagem secreta, os valores tem certa tendência de se distribuírem de forma igual, dependendo do tamanho da mensagem secreta. Como a troca de um valor do par pelo outro não afeta a soma de ocorrências de ambos na mensagem, é possível utilizar o teste Chi-Square para encontrar a semelhança entre a frequência que um valor é encontrado na mensagem de cobertura e o valor esperado caso haja uma mensagem escondida.

A partir do teste é possível determinar a probabilidade de haver informação escondida na mensagem de cobertura e construir um histograma para observar mudanças estatísticas.

O teste Chi-Square é ineficiente para técnicas com implementação aleatória. Uma correção para essa limitação é o Teste Chi-Square generalizado, encontrado em [13].

B. Ataque de histograma

Algumas técnicas de esteganografia utilizam pontos de máximos e mínimos do histograma para modificar levemente os pixels de imagens em escala de cinza e esconder mensagens. Contra isto, existem ataques que, através de processos de amostragem e quantização, codificam os histogramas de possíveis estego-imagens e detectam eficientemente quais delas realmente contém uma mensagem escondida pela modificação de seus histogramas. Alguns métodos propostos só funcionam se a modificação for bem suave, outros já são mais abrangentes em seus ataques.

XII. CONCLUSÕES

O presente artigo pode ser considerado uma introdução à esteganografia. Nele foram apresentados os conceitos iniciais e algumas técnicas mais simples de implementação e detecção. Devido à complexidade matemática ou o conhecimento técnico avançado, muitos dos avanços recentes na área foram aqui suprimidos, mas a esteganografia é muito estudada por cientistas da computação de várias organizações e está

espalhada por toda a internet, mesmo sem ser percebida pela grande maioria dos usuários. Para um estudo aprofundado é recomendada a leitura de [10] e os artigos apresentados nas edições do *International Workshop on Information Hiding*.

REFERÊNCIAS

- [1] A. Westfeld, and A. Pfitzmann, "Attacks on Steganographic Systems," in *Andreas Pfitzmann (ed) Information Hiding. Third International Workshop*, LNCS 1768, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp. 61–76. 289, 291, 293, 299.
- [2] A.K. Al-Frajat, H.A. Jalab, Z.M. Kasirun, A.A. Zaidan and B.B. Zaidan, 2010. Hiding Data in Video File: An Overview. *Journal of Applied Sciences*, 10: 1644-1649.
- [3] Blanca E. Carvajal-Gámez, Francisco J. Gallegos-Funes, Alberto J. Rosales-Silva and Rene Santiago-Cruz (2012). "Steganography in Different Colour Models Using an Energy Adjustment Applying Wavelets, Recent Advances in Steganography," in *Recent Advances in Steganography*, H. Sajedi, 2012.
- [4] Chang, L., and I. S. Moskowitz, "Critical Analysis of Security in Voice Hiding Techniques," in *Proceedings of the International Conference on Information and Communications Security*, vol. 1334 of *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, 1997, pp. 203–216.
- [5] Chin-Chen Chang , Tung-Shou Chen , Lou-Zo Chung, "A steganographic method based upon JPEG and quantization table modification", in *Information Sciences—Informatics and Computer Science: An International Journal*, v.141 n.1-2, pp.123-138.
- [6] Eduardo Pagani Julio ; BRAZIL, Wagner ; ALBUQUERQUE, Célio Vinicius Neves de . Esteganografia e suas Aplicações. In: Luci Pirmez e Flávia Delicato. (Org.). Livro de minicursos do SBSEG, 2007.
- [7] Fridrich, J., "A New Steganographic Method for Palette-Based Images," in *Proceedings of the IS&T PICS conference*, Savannah, Georgia, Apr. 1998, pp. 285-289.
- [8] J. Fridrich and M. Goljan, "Practical steganalysis of digital images – state of the art", in *Security and Watermarking of Multimedia Contents IV*, E. J. Delp III and P. W. Wong, editors, *Proc. of SPIE*, 4675, pp. 1-13.
- [9] Kahn, D., *The Codebreakers: The Comprehensive History of Secret Communication from Ancient Times to the Internet*, Scribner, 1996, pp. 1-71, 298-351.
- [10] Katzenbeisser, S., Petitcolas, F.A.P., *Information Hiding Techniques for Steganography and Digital Watermarking*, Artech House, 2000, pp. 1-92.
- [11] Mamta Juneja, Parvinder S. Sandhu, Ekta Walia, "Application Of LSB Based Steganographic Technique For 8-Bit Color Images" in *Proceedings Of World Academy Of Science, Engineering And Technology*, Volume 38.
- [12] Moore, B., *An Introduction to the Psychology of Hearing*, Academic Press, 2003.
- [13] N. Provos, P. Honeyman, Hide and seek: an introduction to steganography, *Security & Privacy*, IEEE Magazine. Volume: 1 Issue: 3, pp. 32-44.
- [14] Naofumi A., "Lossless Steganography for Speech Communications", in *Recent Advances in Steganography*, H. Sajedi, 2012.
- [15] Reddy P., Kumar S., "Steganalysis Techniques: A Comparative Study" in *University of New Orleans Theses and Dissertations*, 2007.
- [16] Souza, C [et al]. Esteganografia em arquivos de áudio. Tese de Graduação – Faculdade de São José do Rio Preto, São José do Rio Preto, 2008. Acesso em: <http://www.fateciorpreto.edu.br/Storage/Projetos-de-Graduacao/Informatica-para-Negocios/Turma-04-07-2008/ESTEGANOGRAFIA-EM-ARQUIVO-DE-AUDIO.pdf>
- [17] TERROR GROUPS HIDE BEHIND WEB ENCRYPTION. In: USA Today. Gannett Co. Inc., 2001. Disponível em: <<http://usatoday30.usatoday.com/life/cyber/tech/2001-02-05-binladen.htm>>. Acesso em: 8 jan. 2014.
- [18] Trassante, Bruno Nunes. Esteganografia em imagens digitais. Tese de Graduação - Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2009. Acesso em: <http://subversion.assembla.com/svn/ColoniasRS/images/TCC-verão-final.pdf>
- [19] Wendell M. Smith, "DNA BasedSteganography for Security Marking," in *IXL International Security Printers' Conferences, Montreux*, 2003.
- [20] Westfeld, A. and G. Wolf. *Steganography in a Video Conferencing System*. Springer, New York, 1998.
- [21] X. Dong , M. Bocko and Z. Ignjatovic "Data hiding via phase manipulation of audio signals", in *Proc. IEEE Int. Conf. Acoust., Speech, Signal Process. (ICASSP)*, vol. 5, pp.377 -380.
- [22] Xiaoxia Li, Jianjun Wang, "A steganographic method based upon JPEG and particle swarm optimization algorithm", in *Information Sciences*, Volume 177, Issue 15, 1 August 2007, pp. 3099-3109.
- [23] Xu, Bo; Wang, Jia-zhen; Peng, De-yun, "Practical Protocol Steganography: Hiding Data in IP Header," *Modelling & Simulation*, 2007. *AMS '07. First Asia International Conference on* , vol., no., pp.584,588, 27-30.

Adélcio Marques de Souza nasceu em Pouso Alegre, MG, em 20 de janeiro de 1993. Atualmente é graduando em Engenharia de Telecomunicações na turma de 12/2015. Tem interesse nas áreas de eletromagnetismo aplicado às telecomunicações, sistemas de comunicação e redes de computadores.

Evandro Luís Brandão Gomes nasceu em Ouro Fino, Mg em 11 de Julho de 1965. Atualmente é professor assistente no INATEL - Instituto Nacional de Telecomunicações. Atua nas áreas de Eletrônica Digital, Arquitetura de Computadores e Redes de Computadores.

Análise da Viabilidade Técnica e Econômica para a “Smart Grid”, com foco em “Smart Meter”

Paulo Henrique Teles de Souza
Ramos

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
pramos@get.inatel.br

Renata de Oliveira

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
renataoliveira@get.inatel.br

Pedro Sergio Monti

Instituto Nacional de Telecomunicações
Inatel
pedro@inatel.br

Resumo—Este artigo tem por objetivos o estudo teórico da Smart Grid, com foco em Smart Meter. O Sistema de Energia Elétrica atual está sofrendo transformações. A modernização deste sistema consiste na busca e integração de tecnologias visando a produção, o transporte, a distribuição e o uso final de energia elétrica de modo eficiente, ambientalmente sustentável e economicamente viável, com confiabilidade e segurança.

Smart Grid é a aplicação de tecnologia da informação para o sistema elétrico de potência, integrado aos sistemas de comunicações e infraestrutura de rede automatizada.

Palavras chave—Energia elétrica, Projeto Cidades do Futuro, Smart Grid, Smart Meter e Sustentabilidade.

I. INTRODUÇÃO

A necessidade de captar e processar informações em tempo real e de automatizar o sistema elétrico atual fez com que surgisse o conceito *Smart Grid* ou Redes Inteligentes. Esta inovação tecnológica vem se tornando um tema amplamente discutido em todo o mundo.

Como toda inovação tecnológica em andamento, a disseminação das redes inteligentes requer grandes investimentos, levantando discussões sobre a sua viabilidade econômica e a melhor forma de implantá-las. Em todo o mundo, há diversas iniciativas de estudo e projetos, podemos citar os Estados Unidos e China, nos quais a implementação já se encontra em um estágio avançado. No Brasil, as iniciativas práticas ainda são tímidas, limitando-se a diversos projetos pilotos como o *Projeto Cidades do Futuro* da Cemig.

O objetivo deste trabalho é avaliar se a substituição dos medidores convencionais por *Smart Meter* é viável como um primeiro passo para se atingir o objetivo estratégico de disseminar as *Smart Grids* no Brasil.

II. SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA BRASILEIRO

O sistema elétrico de potência (SEP) tem como objetivo gerar, transmitir e distribuir energia elétrica atendendo os padrões de confiabilidade, disponibilidade, qualidade,

segurança e custos, com o mínimo impacto ambiental e o máximo de segurança pessoal. [1]

- Confiabilidade representa o tempo que o componente, parte ou sistema opere sem apresentar falhar.
- Disponibilidade é a probabilidade de um sistema não apresentar falha ou em reparo quando requisitado para uso.
- Qualidade da energia é a condição de compatibilidade entre o sistema supridor e carga atendendo critérios de conformidade senoidal.
- Segurança está relacionado com a habilidade do sistema de responder a distúrbios que possam ocorrer no sistema.

Geração de Energia Elétrica: uma tensão alternada é produzida, a qual é expressa por uma onda senoidal, com frequência fixa e amplitude que varia conforme o atendimento em baixa, média ou alta tensão. Essa onda propaga-se pelo sistema elétrico mantendo a frequência constante e variando a amplitude à medida que trafegue por transformadores. [1]

Rede de Transmissão: interliga as grandes usinas de geração a áreas de grande consumo. Em geral apenas consumidores com alto consumo de energia elétrica estão conectados a essas redes na qual se predomina a estrutura de linhas aéreas. A rede é continuamente monitorada e gerenciada por um centro de controle.

A segurança é fundamental para as redes de transmissão. No caso de falha neste nível pode-se levar a descontinuidade no fornecimento a um grande número de consumidores. [1]

Rede de Subtransmissão: recebe energia da rede de transmissão com objetivo de transportar energia elétrica a pequenas cidades ou consumidores industriais.

Em geral, o arranjo das redes de subtransmissão é em anel visando aumentar a segurança do sistema. A estrutura dessa rede é como nas de transmissão - linhas aéreas- sendo também utilizados cabos subterrâneos próximos a centros urbanos. O

sistema de proteção é do mesmo tipo dos usados nas redes de transmissão e o controle é feito de forma regional. [1]

Redes de Distribuição: atendem consumidores industriais de médio e pequeno porte, consumidores comerciais, de serviços e residenciais. Os níveis de tensão de distribuição são classificados segundo documentos elaborados pela ANEEL que normatizam e padronizam as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica (Prodinst - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional): [1]

- Alta tensão (AT): tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou superior a 69kV e inferior a 230kV.
- Média tensão (MT): tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 1kV e inferior a 69kV.
- Baixa tensão (BT): tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou inferior a 1kV.

A. Panorama Mineiro: Geração, distribuição e transmissão de energia

O Estado de Minas Gerais possui uma capacidade instalada de geração de cerca de 18GW, representando 18,4% do total nacional sendo a geração hidráulica predominante no Estado. As usinas hidroelétricas representam cerca de 92,5% da capacidade instalada mineira, sendo em sua maioria provido pelas usinas hidrelétricas de grande porte (capacidade instalada acima de 300MW). Entre outras opções renováveis, há quatorze usinas movidas a bagaço de cana de açúcar, uma usina térmica que aproveita licor negro como combustível e a Usina Eólica Experimental do Morro do Camelinho.

As usinas de Ibitiré e Juiz de Fora somam aproximadamente 93% da capacidade instalada de geração a gás natural principal fonte fóssil para geração elétrica em Minas Gerais. O óleo combustível é utilizado para geração elétrica apenas na usina de Igarapé. A capacidade de geração a diesel no Estado corresponde a apenas 0,04% do total, sendo, basicamente, uma capacidade instalada autoprodutora emergencial, em algumas indústrias e em aeroportos.

Consumidores:

- Setor industrial: utiliza 62% da energia elétrica faturada no Estado;
- Setor residencial é responsável por 17,2%;
- Setores (comercial e outros) correspondem aos 20,9%.

III. SMART GRID

O sistema de energia elétrica está sofrendo uma mudança histórica, devido ao fato de se ter evoluído pouco tecnologicamente. Todo o sistema energético encontra-se em um momento crítico, onde o atual modelo está prestes a sofrer modificações por falta de estrutura.

Conseguir uma eficiência maior das redes elétricas é algo necessário, o que traz um grande desafio, projetar uma tecnologia inovadora que supra a necessidade do consumidor

e aumentar a confiabilidade do sistema de transmissão e distribuição de energia, assim integrando ao sistema fontes de energia limpa.

A ideia das *Smart Grids* está aí para solucionar grande parte dos problemas encontrados pela matriz energética atual.

A IEA (*International Energy Agency*) define *Smart Grid* como: “uma *Smart Grid* é uma rede de eletricidade que usa tecnologia digital para monitorar e gerenciar o transporte de eletricidade a partir de todas as fontes de geração encontrando uma variedade de demandas e usuários. Essas redes estarão aptas a coordenar as necessidades e capacidades de todos os geradores, operadores, usuários finais e *stakeholders* do mercado de eletricidade de forma a aperfeiçoar a utilização e operação dos ativos no processo, minimizando os custos e impactos ambientais enquanto mantém a confiabilidade, resiliência e estabilidade do sistema”.

Smart Grid é mais do que uma tecnologia inovadora para solucionar os problemas da atual matriz energética, trata-se de um conceito abrangente fazendo uso de diversas tecnologias para controlar através de automação e comunicações toda a rede, o que propicia uma infraestrutura mais integrada entre geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

Algumas das características geralmente atribuídas à *Smart Grid* são [2] [3]:

- Auto-recuperação: capacidade de automaticamente detectar, analisar, responder e restaurar falhas na rede;
- Empoderamento do Consumidor: habilidade de incluir os equipamentos e comportamento dos consumidores nos processos de planejamento e operação da rede;
- Tolerância a Ataques Externos: capacidade de mitigar e resistir a ataques físicos e ciber-ataques;
- Qualidade de Energia: prover energia com a qualidade exigida pela sociedade digital;
- Acomodar uma Grande Variedade de Fontes e Demandas: capacidade de integrar de forma transparente (plug and play) uma variedade de fontes de energia de várias dimensões e tecnologia;
- Reduzir o impacto ambiental do sistema produtor de eletricidade: reduzindo perdas e utilizando fontes de baixo impacto ambiental;
- Viabilizar e beneficiar-se de mercados competitivos de energia: favorecer o mercado varejista e a microgeração.

Essas características poderão ser alcançadas através da introdução das seguintes áreas de inovação tecnológica [2]:

- Automação e controle digital da rede elétrica, utilizando controles eletrônicos inteligentes, capazes de antecipar-se a perturbações e corrigi-las antes que as mesmas ocorram;
- Introdução de medição inteligente com a capacidade de funcionar como um portal inteligente do consumidor que permitirá a disponibilização de sinais de preço e outras informações;

- Integração de um grande número de fontes de geração e armazenamento de energia de pequena e média capacidade, intermitentes ou contínuas, permitindo ao consumidor comprar e vender energia da rede.

Os benefícios proporcionados pela *Smart Grid* justificam os grandes investimentos que veem sendo feitos no Brasil e no mundo. Para o *Institute of Electrical and Electronics Engineers* - IEEE, o conceito *Smart Grid* é tido como uma das tecnologias mais promissoras dessa década. Em entrevista ao site *Smart Grid News* Dr. Claudio Lima, IEEE Vice Chair declarou: “O *Smart Grid* encontra-se hoje num estágio de evolução embrionário, semelhante ao da Internet no começo dos anos 80 [...]. Temos muito ainda o que fazer e isso representa um potencial de oportunidade enorme para as empresas, concessionárias de energia, fornecedores de tecnologia, governos e consumidores.”[4]

A viabilização do conceito de *Smart Grid* é possível através das seguintes áreas tecnológicas [5]:

- Dispositivos de Eletrônica de Potência: dispositivos capazes de controlar o sistema de energia elétrica com a velocidade e precisão dos microprocessadores, porém atuando em níveis de potência milhões de vezes maiores;
- Geração Distribuída e Micro geração: localização da geração próxima ao uso final, com potencial para melhorar a confiabilidade e segurança de comunidades e consumidores individuais;
- Dispositivos de Armazenamento de Energia: melhora o suprimento às cargas sensíveis a flutuações na qualidade de energia da rede;
- Sistema Integrado de Comunicação: permite comunicação instantânea entre todos os equipamentos críticos do sistema, permitindo o monitoramento, controle e correção;
- Sensores: redes de sensores inteligentes.

Um conceito importante das *Smart Grids* é o de AMI (*Advanced Metering Infrastructure*) que propõe a incorporação da variação de preços e horários da energia por eletrodomésticos inteligentes, realizando a gestão eficiente do uso da energia.

A aplicação da tecnologia *Smart Grid* na medição possibilita influenciar o comportamento do consumidor através de tarifas flexíveis e eliminar custos operacionais ao longo do processo, isso ocorre a partir dos IEDs (*Intelligent Electronic Devices*) que são dispositivos eletrônicos que possuem a função de programar um aparelho para operar apenas em períodos com tarifa elétrica baixa, ou seja, fora do horário de pico.

A *Smart Grid* é uma coleção de tecnologia baseada em padrões existentes e emergentes que fornecem os meios para implementar decisões tomadas por algoritmos inteligentes de controle tais como a interoperabilidade de tecnologias trabalhando juntas, como tecnologias de controle para suprir a demanda de fluxo de potência e armazenamento de energia.

A. Cenário Nacional

O mercado brasileiro de *Smart Grid* é visto com grande potencial por muitos países e representa uma grande oportunidade para o desenvolvimento de negócios. No período de 2011-2015, o Brasil pretende investir uma quantia superior a US\$7,9 bilhões sendo que, a maior parcela dos investimentos será nos *Smart Meters* como demonstrado no Gráfico 1.

Fonte [6]

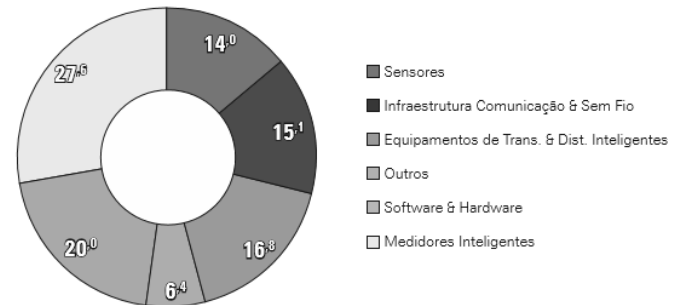


Gráfico 1 - Previsão de investimentos em Smart Grid no Brasil (em %)

Existem diferentes motivadores para o interesse brasileiro em *Smart Grid*. Os mais importantes são: segurança e eficiência energética.

Segundo a ANEEL, no ano de 2011 existiam mais de 700 projetos de P&D cadastrados dos quais 52 tem como objetivo avaliar os principais aspectos da implantação de *Smart Grid* e cujos investimentos previstos totalizavam cerca de R\$ 150 milhões.

No Brasil as tecnologias que permitem automação inteligente em subestações de transmissão no contexto *Smart Grid* já se encontram em estágio avançado. A norma IEC 61850 vem sendo utilizada nas instalações de empresas de energia elétrica em todo território nacional. Há aplicações nas distribuidoras de energia que visam permitir o restabelecimento automático da subestação em caso de falta assinalada pelo sistema de proteção.

Nas instalações dos centros de controle, o protocolo ICCP (Inter-Control Center Communications Protocol) já se encontra bastante disseminado. Este protocolo permite a distribuição de dados de forma que todos os centros responsáveis por contingência mantenham os dados em tempo-real não só sob sua supervisão, mas também os dados sobre os quais será responsável em eventualidade por contingência. O emprego de ambos (IEC 61850 e ICCP) encontra-se em estágios bem avançados nas empresas e operadores do setor energético. Ao passo que o modelo CIM (Common Information Model) se encontra em um estágio mais preliminar. No entanto, a tendência por sua utilização na modernização dos centros de controle do ONS é dada como certa.

Em termos experimentais, muitas empresas distribuidoras estão conduzindo projetos pilotos. O projeto mais avançado do ponto de vista de desenvolvimento de tecnologias *Smart Grid* é conduzido pela Light e CEMIG que investirão cerca de 65 milhões de reais em projetos de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) cujo escopo prevê todas as fases

tradicionais do programa: aplicação de pesquisa, protótipos industriais, inclusive o Smart Meter.

B. Cenário Internacional

Estados Unidos: Nos Estados Unidos, um artigo temático do Department of Energy – DoE, voltado para conscientização dos consumidores, ressalta que as *Smart Grids* ajudarão a levar o consumo de energia elétrica ao século 21, utilizando megabytes para suprir megawatts de forma mais eficiente, confiável e acessível. [7]

O presidente dos Estados Unidos, Barack Obama, anunciou no dia 27 de Outubro de 2009 um pacote de investimento de US\$3,4 bilhões para modernizar a sua rede de energia elétrica, visando a transformação para o sistema *Smart Grid*, com o objetivo de diminuir o consumo de eletricidade, através de programas para os consumidores, ações de eficiência energética e incentivo ao desenvolvimento formas de energias renováveis. Os recursos são provenientes do programa de recuperação econômica do país, American Reinvestment and Recovery Act. A expectativa é de que, com a aplicação de verbas pelo setor público, a iniciativa privada responda com investimentos de mais de US\$4,7 bilhões, o que representaria um total de US\$8 bilhões aplicados. [8]

Além de criar uma rede mais confiável, o programa americano visa criar dezenas de milhares de empregos no setor. Segundo análise do Electric Power Research, a iniciativa ainda pode reduzir o consumo de eletricidade em mais de 4% até 2030 - o que significaria a economia de US\$20,4 bilhões para empresas e consumidores. [8]

Segundo o autor Clark W. Gellings a implantação de redes inteligentes nos Estados Unidos faz-se necessária pelo fato do sistema elétrico não estar preparado para as novas formas de consumo. Além do desafio de interligar o sistema de transmissão do país, a instalação de grandes plantas de geração a partir de fontes renováveis, principalmente solar e eólica, os blecautes e o envelhecimento dos ativos exigem expansão do sistema de transmissão e uso de novas tecnologias. [9]

China: A China é o maior consumidor mundial de energia elétrica e a demanda de eletricidade chinesa aumentou rapidamente durante a primeira década do século 21. A expectativa é de dobrar na próxima década e triplicar até 2035. Em 2010, 70% da geração de eletricidade da China veio de usinas de energia movidas a carvão, mas agora o governo chinês está investindo fortemente em tecnologias de energia renovável. Em última análise, a China se esforça para dominar o mercado de tecnologia de energia limpa no exterior. Desde 2012, 17% da geração de eletricidade da China provem de fontes renováveis e seu objetivo é aumentar a energia renovável em mais 9,5% do consumo total em 2015. Para implementar a nova capacidade da China de energia limpa a rede elétrica nacional irá requer atualizações de infraestrutura e, em última análise, uma rede inteligente. [10]

O mercado de *Smart Grid* na China cresce a uma taxa anual média de 28,30% em relação ao período 2012-2016. Um dos principais fatores que contribuem para o crescimento desse mercado é a necessidade crescente de redes de ligação e sistemas de gestão e também a crescente preocupação ambiental. No entanto, o aumento da exposição ao ataque

cibernético representa um desafio para o crescimento deste mercado. [11]

O governo chinês aprovou um plano para desenvolver tecnologia de *Smart Grid*. O utilitário nacional da China, a State Grid Corporation of China (SGCC), anunciou planos de investir US\$ 250 bilhões em melhorias de infraestrutura de energia elétrica ao longo dos próximos cinco anos, dos quais US\$ 45 bilhões serão destinados para as tecnologias de *Smart Grid*. Outros US\$240 bilhões serão adicionados para completar o projeto entre 2016 e 2020. Finalmente, o objetivo do governo chinês é construir uma rede inteligente nacional forte, capaz de transmitir potência a partir de fontes de energia convencionais e renováveis. Espera-se que a rede inteligente não só melhore a eficiência energética, mas também reduza as emissões de carbono. [12]

Em 2011 a SGCC apresentou propostas para instalação de 44 milhões de unidades de *Smart Meter*. No total, 65 empresas receberam propostas da SGCC. O mercado total na China é estimado em 330 milhões de unidades de medidores inteligentes, com investimento da ordem de US\$7,7 bilhões. Em 2011, SGCC tinha implantado 45 milhões de unidades de medidores inteligentes. Todos os usuários SGCC deverão ser equipados com medidores inteligentes até 2014. [13] [14]

C. Atraso na Implementação

Desde 15 de abril de 2010, com a publicação da portaria nº440 do Ministério de Minas e Energia (MME), muito vem se discutindo sobre a implantação das *Smart Grids* e desde então pouco se avançou neste tema. Segundo o presidente da Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE) Nelson Fonseca Leite, o motivo das *Smart Grid* não ter decolado, ainda, é a falta de políticas públicas.

Ao participar do fórum de discussão latino-americano sobre *Smart Grids*, realizado no final de novembro de 2013, em São Paulo, Nelson manifestou-se: "Temos uma agenda do governo junto ao setor elétrico. Essa agenda está consolidada naquele modelo implantado em 2004, que privilegia a modicidade tarifária. E as redes inteligentes não necessariamente promovem modicidade tarifária".

China, Japão, Estados Unidos, Reino Unido e Itália se destacam no desenvolvimento da tecnologia, com investimentos bilionários em execução ou já realizados. [15]

Para o executivo da ABRADEE, o modelo regulatório atual não estimula as distribuidoras a investir. A entidade defende critérios diferenciados para remuneração e depreciação de equipamentos de TI e Telecom.

"A regulação do Brasil foi feita para regular poste, fio, etc. Ela não foi feita para regular medidores eletrônicos, que são verdadeiros computadores. Eu desafio uma pessoa que tenha um computador de mais de 13 anos. Não existe. Então, é necessária uma sistemática que faça a depreciação desses componentes de forma mais acelerada.", diz Nelson e explica que a clareza na regulação das redes inteligentes é fundamental para que as empresas tomem suas decisões de investir nesse mercado, que pode demandar até R\$91 bilhões. "Olhando o como um todo, tratando o Brasil como uma única distribuidora, não é possível ter que implantar um plano nacional de redes inteligentes", afirma, explicando que em

casos isolados, onde as perdas de energia são muito grandes, esse cenário já se torna mais viável. [15]

O setor brasileiro de distribuição é formado por 63 concessionárias. São 72,1 milhões de consumidores, sendo que 2,1 milhões de novas ligações são feitas anualmente. A receita bruta do setor é de R\$152 bilhões, com investimentos anuais de R\$13 bilhões, segundo dados de 2012. [15]

Estão em desenvolvimento nove projetos pilotos de *Smart Grids*, que envolvem as empresas Cemig-D, Ampla, Endesa, Light, Amazonas Energia, AES Eletropaulo, EDP Bandeirante, Coelce, Copel-D e Celpe, frutos da chamada nº11/2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). [15]

IV. SMART METER

Há mais de um século o medidor de energia elétrica é o mesmo. O medidor eletromecânico marca a energia recebida e um funcionário da companhia fornecedora mede todos os meses o valor gasto. A tecnologia *Smart Grid* da ao consumidor mobilidade para gerenciar o gasto e até mesmo produzir energia que pode ser consumida nas atividades do recinto ou armazenada em baterias ou vendida para a concessionária. A tecnologia que proporcionará aos consumidores tais benefícios são os *Smart Meters*. Ele é um medidor que registra o consumo de energia em tempo real, incluindo os valores de tensão, ângulo de fase, frequência e diagnóstico da rede, que de forma segura transmite as informações coletadas para a concessionária. Sua capacidade de comunicação bidirecional permite o recolhimento de informações detalhadas sobre a demanda de consumo de cada cliente. Os dados recolhidos são uma combinação de parâmetros, tais como um identificador exclusivo do medidor, data e hora da coleta dos dados e os valores de consumo de eletricidade. O sistema de medição inteligente inclui um *Smart Meter*, infraestrutura de comunicação e dispositivos de controle.

Com o *Smart Meter* o consumidor pode verificar o gasto registrado até determinado momento e sai de casa a figura do funcionário que faz a leitura nos medidores analógicos. O aparelho permite a adoção da tarifa branca com baixo custo em horários alternativos quando o sistema é menos utilizado. De acordo com Daniel Senna, gestor do projeto *Cidades do Futuro*: “O consumidor poderá otimizar o uso da energia. Para a Cemig, a implantação de infraestrutura de medição avançada significa um novo patamar de relacionamento com os seus consumidores e um desafio tecnológico que estamos vencendo”. [16]

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) “aprovou na terça-feira (22/11/2012) a alteração da estrutura tarifária aplicada ao setor de distribuição de energia, e somente passa a valer a partir da troca dos medidores para digital. A proposta da tarifa branca é estimular que o consumo em horários em que a tarifa é mais barata, diminuindo o valor da fatura no fim do mês e a necessidade de expansão da rede da distribuidora para atendimento do horário de pico. A tarifa branca será opcional, e caso o consumidor não pretenda modificar seus hábitos de consumo, a tarifa convencional continuará disponível.” [17]

A companhia também ganha com a rede inteligente munida de um aparato de sensores, automação e medidores inteligentes instalados na linha, permitindo que a distribuidora saiba a quantidade exata e a qualidade da energia, que também avisam sobre qualquer problema na transmissão em tempo real e remotamente, proporcionando a resolução de alguns deles sem a necessidade de um técnico além de reduzir o furto de energia, conhecido como “gato”, e a alteração no consumo de energia elétrica será percebida pelo circuito imediatamente e apontará o local do desfalque.

Esta nova tecnologia permite a integração de milhares de novos produtores ao sistema: os usuários de coletores de energia renovável. O consumidor já pode instalar células fotovoltaicas ou microgeradores eólicos em casa e também gerar mais do que consome, o saldo excedente precisa ser estocado em baterias ou é desperdiçado. Com a rede digital, cada morador pode ser também um fornecedor, ao enviar esses watts para a rede, assim reduzindo o custo final da conta. “Outra mudança [...] é a criação das Bandeiras Tarifárias Verde, Amarela e Vermelha, que funcionarão como um semáforo de trânsito e se refletirão em diferença de tarifa para o consumidor. A Bandeira Verde significa custos baixos para gerar a energia. A Bandeira Amarela indicará um sinal de atenção, pois os custos de geração estão aumentando. Por sua vez, a Bandeira Vermelha indicará que a situação anterior está se agravando e a oferta de energia para atender a demanda dos consumidores ocorre com maiores custos de geração, como por exemplo, o acionamento de grande quantidade de termelétricas para gerar energia, que é uma fonte mais cara do que as usinas hidrelétricas. O público alvo serão todos os consumidores do Sistema Interligado Nacional (SIN), de alta e baixa tensão.” [17]

Em agosto de 2012 a Aneel aprovou o regulamento dos *Smart Meters*. O texto submetido à Audiência Pública prevê o estabelecimento das funcionalidades mínimas do medidor inteligente. Em seu Art. 5º o regulamento estabelece as grandezas que devem ser medidas em cada unidade consumidora:

- Tensão: valor eficaz instantâneo;
- Energia elétrica ativa: registro do valor para fins de faturamento do consumo, em cada posto horário;
- Energia elétrica reativa indutiva: registro do valor, em cada posto horário, apenas na frequência nominal da tensão e da corrente (60 Hz).

Foram também definidas funcionalidades complementares que devem ser apuradas:

- Interrupções de curta duração: devem ser registradas data e hora de início e fim de cada interrupção de curta duração;
- Interrupções de longa duração: devem ser registradas data e hora de início e fim de cada interrupção de longa duração;
- Duração de transgressão de tensão: devem ser apurados os parâmetros para efeito de cálculo de Duração Relativa da Transgressão de Tensão

Precária (DRP) e de Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica (DRC);

- Postos tarifários: deve haver capacidade de aplicação de tarifas diferenciadas, no mínimo, em 4 postos horários, devendo ser programáveis o início e o fim de cada posto.

E obedecendo ao Regulamento Técnico Metrológico para medidores eletrônicos de energia elétrica, exigido pela ANEEL, o INMETRO o classificou em três categorias como descrito na Tabela I.

TABELA I: CLASSIFICAÇÃO *SMART METER* SEGUNDO O INMETRO

Fonte [18]

Classificação	
AMR - Automatic Meter Reading leitura do consumo automatizada comunicação uni-direcional	
AMI -Automatic Meter Infrastructure leitura de consumo envio de comandos comunicação bi-direcional	
AMM - Automatic Meter Management gerência e distribuição de dados melhoria das eficiências operacionais	

A. Smart Meter modelo Xcel Energy

A cidade Boulder, no estado do Colorado (EUA) é modelo para testes das redes inteligentes, onde o consórcio *Xcel Energy* vem testando mecanismos para potencializar o uso de energia. Formas tradicionais e emergentes de produção de eletricidade estão sendo avaliadas em algumas residências para verificar a eficiência deste tipo de rede, o modelo para *Smart Meter* é mostrado na Figura 1.

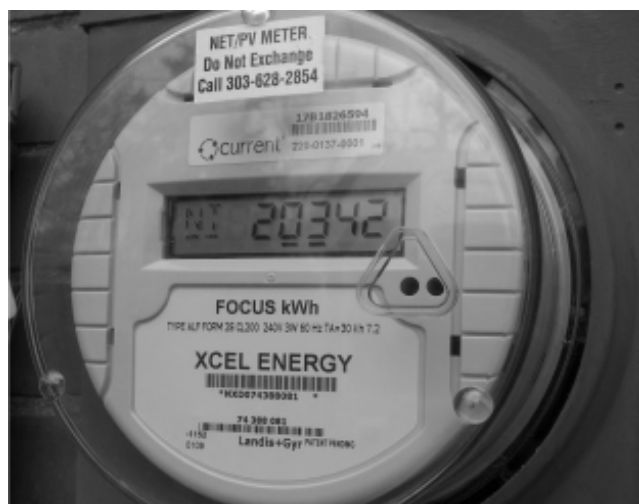


Figura 1: Smart Meter. Modelo Xcel Energy – Fonte [19]

O modelo *Xcel Energy* é um medidor digital inovador que transmite o seu uso de energia elétrica em muito mais detalhes, permite que todas as noites o usuário acesse sua conta e veja exatamente a quantidade de energia elétrica consumida durante o dia.

A coleta de dados quando feita remotamente, evita erros comparado à leitura manual, onde um funcionário da companhia visita às casas todos os meses. Com o acesso do consumidor aos gastos diários de sua residência, possibilita ao usuário o controle de gastos e conscientização para uma maior economia.

É possível visualizar no medidor inteligente suas informações pessoais e o uso de eletricidade em incrementos de 15 minutos, através do portal Internet Minha Conta para uma melhor gestão diária e controle de seu consumo de eletricidade.

Os medidores inteligentes tem a capacidade de obter mais rapidamente falhas de energia quando eles acontecem em locais onde estes medidores estão localizados, resultando em recuperação mais rápida do serviço.

V. PROJETO CIDADES DO FUTURO CEMIG

O Projeto *Cidades do Futuro* está sendo desenvolvido inicialmente no município de Sete Lagoas (MG) e envolve consumidores de todas as categorias. O município foi escolhido para a implantação do projeto por possuir um grande contingente de consumidores, propiciando a Cemig uma excelente oportunidade de analisar o mercado. A presença do campus da UniverCemig foi outro fator relevante pois em seu campus à uma rede modelo e laboratórios para a realização de testes. Esta rede modelo vem sendo utilizada para capacitar e treinar os colaboradores da empresa.

O projeto se estende desde a implantação de *Smart Meter*, automação das redes, geração distribuída, implantação da infraestrutura de telecomunicações e de sensores, ferramentas de gerenciamento pelo lado da demanda (DSM), relacionamento com consumidores/parceiros e da utilização de veículos elétricos.

O projeto tem como objetivo moldar/adequar a arquitetura *Smart Grid* considerando as necessidades da Cemig por meio de testes de produtos, serviços e soluções inovadoras. Também analisar a viabilidade técnica/econômica para uma futura implantação em toda área de concessão da mesma. Além disso, o projeto irá fornecer subsídios para que outros projetos semelhantes sejam implantados em outras concessionárias do país.

No aspecto da segurança, espera-se que a rede elétrica ofereça maior segurança contra blecautes, por meio da automatização dos elementos e dos sistemas da rede. Em termos de eficiência energética espera-se uma otimização na distribuição e no consumo de energia, com redução de perdas técnicas e não técnicas (comerciais), a partir do monitoramento e da automação de toda a rede. A ANEEL prevê economia de até 10% no consumo de energia elétrica. Outros motivadores dizem respeito à qualidade da energia elétrica, à geração distribuída e a mudanças climáticas.

A primeira fase de implantação do projeto foi à substituição de 3.800 medidores de energia em 2012 (1.710 unidades de

medidores monofásicos, 1.575 unidades de medidores bifásicos e 575 unidades de medidores trifásicos). - Cada medidor é composto de um módulo de comunicação RF Gridstream. [20]

A segunda etapa de substituição se iniciou em julho de 2013. A tecnologia que está sendo testada nessa fase é a Power Line Communications – PLC que utiliza a rede elétrica para transportar dados dos Smart Meters para uma rede NAN (Neighborhood Area Network). Através da rede NAN, as Centrais de Distribuição poderão trocar informações e comandar os medidores, gerenciando de forma individualizada cada consumidor, detectar falta no fornecimento de energia em cada residência, aplicar novas modalidades tarifárias e realizar corte e religamento remoto quando necessário. A rede NAN recolhe as informações que recebem dos medidores, via PLC, e as repassam ao Centro Integrado de Medição da Cemig. Nesse trajeto final, as tecnologias de telecomunicação que estão sendo testadas são: rede de fibra óptica, satélite, rádio frequência e 3G/GPRS, sendo a última operada por empresas de telefonia celular.

Esta segunda etapa do projeto abrange Sete Lagoas e os municípios de Baldim, Funilândia, Jequitibá, Santana de Pirapama, totalizando 1.200 unidades consumidoras. [20]

VI. DESAFIOS TECNOLÓGICOS E ECONÔMICOS

A. Tecnológicos

Para a implantação de *Smart Grid*, se exige o trabalho conjunto do governo, agências reguladoras e legisladoras, concessionárias, fornecedores de equipamentos/serviços e forte posicionamento do consumidor. Será necessário desenvolver um regulamento específico relativo à cobrança das tarifas, pois as mesmas podem sofrer alterações de valores ao longo do dia de acordo com as variações da demanda; regulamentos relativos a novos eletrodomésticos, prédios inteligentes e geração distribuída (eólica, solar, biomassa etc.).

Outro fator que requer atenção diz respeito à capacidade de produção nacional e custos dos *Smart Meters*. Segundo a ABRADÉE, as indústrias brasileiras têm capacidade máxima de produzir 8 milhões ao ano sendo necessário no mínimo 8 anos para a migração total dos medidores.

B. Econômicos

O maior desafio na implementação das *Smart Grids* é o custo dos *Smart Meters*. A busca pelo fator de equilíbrio entre o custo/benefícios da troca dos mesmos dá-se pela equação 1 :

$$VP (\text{Benefícios}) = VP (\text{Custos}) \quad (1)$$

A viabilidade da substituição dos mesmos depende de que o valor presente dos benefícios seja igual ao valor presente dos custos. Os custos incluem: compra e instalação; leitura mensal, pois o valor deste serviço duplicaria. Logo os benefícios são: redução da demanda de pico já que os *Smart Meters* serão dotados de um sistema capaz de identificar as quatro bandeiras tarifárias regulamentadas; erradicação do furto de energia que causa grande prejuízo às concessionárias

e consumidores, já que os custos deste tipo de prática tem impacto direto na fatura de energia.

Para se atingir a condição da equação 1 as distribuidoras de energia elétrica devem substituir todos os medidores convencionais. Quanto à aquisição e substituição dos novos medidores, ainda não há medidores com postos tarifários no Brasil, o que impede que faça se uma pesquisa de mercado precisa. Tendo como base os valores estabelecidos em licitações públicas descritos na Tabela II, do medidor básico, podemos encontrar o valor aproximado dos *Smart Meters*.

TABELA II: PREÇO DE COMPRA DE MEDIDORES ELETRÔNICOS EM LICITAÇÕES PÚBLICAS

Fonte[31]

Empresa	Licitação	Quantidade	Preço por unidade
Cemig	Pregão Eletrônico 530-G04964 ⁷	200.000	R\$ 23,78
Cemig	Pregão Eletrônico 530-G03578 ⁸	300.000	R\$ 22,70
CEB	Pregão Eletrônico 005/2012 ⁹	55.000	R\$ 22,30

Conforme os dados da tabela acima, o medidor básico custa em média R\$ 22,93, para grandes lotes. Ao adicionar relógio e registradores ao equipamento vendido, acredita-se que o preço não ultrapassará R\$ 80,00.

Para estimar o custo da mão de obra adota-se o valor calculado pela ANEEL na análise de impacto regulatório realizado antes da publicação da Resolução Normativa nº 502/2012, em que tal valor é estabelecido em R\$ 10,00 por medidor para substituições em grande escala. [31]

Somando o custo do equipamento (R\$ 80,00) ao da mão de obra, o custo de instalação fica em torno de R\$ 90,00 por medidor. A substituição acarretaria na redução da demanda de pico entorno de 5% a 15 % e o furto de energia seria praticamente extinto. Porém analisando o quanto é benéfico à sociedade e as concessionárias adotar o sistema de tarifação regulamentado pela ANEEL a situação mais adequada seria a substituição de todos os medidores de forma gradual, adequando se a cada região e infraestrutura do estado, caso contrário, o sistema elétrico nacional estaria fadado à estagnação tecnológica, já que, dificilmente, uma uniformização seria igualmente benéfica nas 63 concessionárias do país.

VII. CONCLUSÕES

Observou-se que o conceito de *Smart Grid* é bastante abrangente e vai além dos *Smart Meters*. A viabilidade da implementação desta nova tecnologia está atrelada ao custo da substituição dos medidores atuais pelos *Smart Meters*. Esta reestruturação/evolução do sistema elétrico atual viabiliza se com os benefícios advindos do modelo de tarifação regulamentado pela ANEEL.

REFERÊNCIAS

- [1] R. Leão. "GTD Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica" [Online] Disponível:

- <http://www.clubedaeletronica.com.br/Eletricidade/PDF/Livro%20GTD.pdf>.
- [2] R. GALVIN, K. YEAGER. "Perfect Power: How the Microgrid Revolution Will Unleash Cleaner, Greener, and More Abundant Energy", New York: McGraw-Hill.
 - [3] "Strategic Deployment Document for Europe's Electricity Network of the Future" [Online]. Disponível: <http://www.smartgrids.eu/>
 - [4] "Entrevista: desafios da migração Tecnológica Smart Grid – Cláudio Lima" [Online]. Disponível: <http://smartgridnews.com.br/blog/2011/09/09/entrevista-desafios-da-migracao-tecnologica-smart-grid-claudio-lima/>.
 - [5] D. M. Falcão. "Smart Grids e Microredes: o futuro já é presente" [Online]. Disponível: <http://www.researchgate.net/>.
 - [6] "Relatório de Acompanhamento Setorial - Smart Grid" [Online]. Disponível: http://www.eco.unicamp.br/neit/images/stories/arquivos/Relatorios_NEIT/Smart-Grid-Marco-de-2012.pdf.
 - [7] "What The Smart Grid Means To Americans" [Online]. Disponível: <http://energy.gov/oe/downloads/what-smart-grid-means-americans>. Janeiro de 2014.
 - [8] "Obama anuncia pacote de US\$3,4 bilhões para smart grids" [Online]. Disponível: http://www.jornaldaenergia.com.br/ler_noticia.php?id_noticia=1840&id_tipo=2&id_secao=12&id_pai=0&titulo_info=Obama%20anuncia%20pacote%20de%20US%243%2C4%20bilh%F5es%20para%20smart%20grids.
 - [9] C.W Gellings. "The Smart Grid: Enabling Energy Efficiency and Demand Response". 1 ed. The Fairmont Press, 2009
 - [10] "China's Energy Consumption Rises" [Online]. Disponível: <http://online.wsj.com/news/articles/SB10001424052748704615504576171922168262078?mg=reno64-wsj&url=http%3A%2F%2Fonline.wsj.com%2Farticle%2F%2FSB10001424052748704615504576171922168262078.html>.
 - [11] "Smart Grid Market in China 2012-2016: Worldwide Industry Share, Investment Trends, Growth, Size, Strategy and Forecast Research Report 2016" [Online]. Disponível: <http://www.prweb.com/releases/2013/11/prweb11293897.htm>.
 - [12] "China Pours Money into Smart Grid Technology" [Online]. Disponível: <http://www.americanprogress.org/issues/green/report/2011/10/24/10473/china-pours-money-into-smart-grid-technology/>.
 - [13] "China's smart meter market potential – 330m meters, \$7.7bn" [Online]. Disponível: <http://www.greentelecomlive.com/2011/07/11/chinas-smart-meter-market-potential-330m-meters-7-7bn/>.
 - [14] "State Grid's meter market valued at \$7.7b" [Online]. Disponível: http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2011-07/08/content_12859519.htm.
 - [15] W. Freire. "Smart Grid: falta definição de políticas públicas" [Online]. Disponível: http://www.jornaldaenergia.com.br/ler_noticia.php?id_noticia=15739&id_secao=15.
 - [16] "CEMIG Testa novos medidores Inteligentes em Sete Lagoas – MG" [Online]. Disponível: http://www.cemig.com.br/sites/Imprensa/pt-br/Paginas/cemig_testa_novos_medidores_inteligentes.aspx.
 - [17] "Tarifa branca ao consumidor de baixa tensão valerá com novo medidor" [Online]. Disponível: http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=4921&id_area=90.
 - [18] "Diretrizes Governamentais para o Smart Grid no Brasil" in ABINEE TEC 2011. São Paulo, Mar. 2011.
 - [19] "Smart Grid City" [Online]. Disponível: <http://smartgridcity.xcelenergy.com/>.
 - [20] "Programa Piloto em Redes Inteligentes de Energia" in Seminário energia Mais Limpa - Conhecimento, Sustentabilidade e Integração. Florianópolis, Abr. 2012.
 - [21] "Boulder's Smart Grid Leaves Citizens in the Dark" [Online]. Disponível: <http://www.greentechmedia.com/articles/read/Boulders-Smart-Grid-Leaves-Citizens-in-the-Dark>.
 - [22] M. Mandelman. "Análise Crítica da Matriz Energética Brasileira e a Implementação de Smart Grid". Tese de Mestrado. UNITAU. Taubaté. 2011.
 - [23] Resolução N.º 456, de 29 de novembro de 2000 [Online]. Disponível: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2000456.pdf>.
 - [24] D. M. FALCÃO. "Integração de Tecnologias para Viabilização da Smart Grid" in III Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos. Belém. Maio 2010.
 - [25] G. B. de C Souza, G. A. de D. Junior. "Tecnologias de Comunicação e Aplicações em Smart Grid" [Online]. Disponível: http://www.sbpnet.org.br/livro/63ra/conpeex/pibic/trabalhos/GUS_TAVO_PDF.
 - [26] S. S. S. R. Depuru 'et al'. "Smart Meters for Power Grid – Challenges, Issues, Advantages and Status". Department of Electrical Engineering and Computer Science, University of Toledo, 2801 W. Bancroft St. Toledo, OH 43606, USA.
 - [27] "Medidor inteligente" [Online]. Disponível: <http://www.toshiba-tds.com/tandd/technologies/smartgrid/pt/sm.htm>.
 - [28] R. Machado. "Energia do futuro" [Online]. Disponível: http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/eu-estudante/me_gerais/2012/12/31/me_gerais_interna,341792/energia-do-futuro.shtml.
 - [29] R. Setti. "Smart grid vai turbinar a rede elétrica do país" [Online]. Disponível: <http://oglobo.globo.com/tecnologia/smart-grid-vai-turbinar-rede-eletrica-do-pais-4952797>.
 - [30] F. Toledo. "Desvendando as redes elétricas inteligentes" 1 ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2012, pp. 10-334.
 - [31] D. R. V. Leite. "Medidores Eletrônicos: Análise De Viabilidade Econômica No Contexto Das Redes Inteligentes". Tese de Mestrado. UnB. Brasília. 2013.

Desenvolvimento e Implantação de Projeto de Evento Tecnológico de Introdução à Eletrônica e à Computação

Nathália Silva Almeida

Msc. Ana Letícia Gomes Gonçalves

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
nathaliaalmeida@gea.inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
ana.leticia@inatel.br

Resumo— O objetivo do trabalho foi desenvolver e implantar um evento tecnológico de introdução à Eletrônica e à Computação para alunos do ensino médio como forma de incentivar a escolha pela área tecnológica. Por meio de entrevistas e pesquisas, o formato do evento foi definido como uma competição entre equipes, com o propósito de controlar o deslocamento de um carrinho utilizando a plataforma Arduino. A realização da competição proporcionou uma experiência motivadora para a realização contínua desse tipo de evento, após alguns melhoramentos.

Palavras chave— Incentivo a Tecnologia, Eletrônica, Computação, Competição.

I. INTRODUÇÃO

A escolha pela carreira profissional é um passo importante e, muitas vezes, difícil de ser tomado pelos adolescentes, que são, em geral, influenciados pelo imediatismo, modismo, aspectos familiares e financeiros e não somente um possível potencial vocacional. O cenário educacional atual proporciona uma grande oferta de cursos, das mais diversas áreas e com diferentes níveis de conhecimento, o que dificulta ainda mais a tomada de decisão pelo pré-vestibulando. Novas ações estão sendo tomadas para incentivar e estimular os alunos a ingressarem em determinadas instituições, através de eventos que demonstrem mais praticamente o futuro da profissão em questão [1].

A área da tecnologia sofre uma falta de mão de obra qualificada, sendo que existem vagas em aberto mesmo com um mercado geral de trabalho não aquecido [2]. Um evento que aproxime um aluno de ensino médio do mundo da engenharia, colocando-o em contato direto com a eletrônica e a computação aplicada pode auxiliar a minimizar o déficit desses profissionais.

O objetivo do trabalho foi desenvolver e implantar o projeto de evento tecnológico de introdução à Eletrônica e à Computação para alunos do ensino médio. A proposta foi oferecer a esses alunos uma perspectiva da aplicação da Eletrônica e da Computação em situações problemas que

envolvam soluções lúdicas, divertidas e interdisciplinares, promovendo e reforçando a ideia da escolha pela carreira tecnológica, em especial a Engenharia, como futuro profissional.

Como plataforma de integração de eletrônica e computação foi utilizada uma solução tecnológica que vem apresentando um aumento no número de adeptos das mais diversas áreas, o Arduino. Essa plataforma livre permite o rápido e ágil aprendizado de sua utilização para realizar tarefas que envolvam circuitos eletrônicos, controles mecânicos e integração com o computador [3]. O uso de uma plataforma de simples manipulação e que não requer conhecimentos técnicos específicos potencializa o sucesso da conclusão das tarefas propostas, ou seja, com algumas orientações já é possível fazer uma aplicação funcionar, fornecendo um reforço positivo estimulante ao aluno.

II. ENTREVISTA E PESQUISAS

Foi realizada uma pesquisa com os coordenadores de curso e alguns professores do INATEL para buscar elementos que auxiliassem a definir o formato do evento tecnológico.

As principais perguntas realizadas foram:

- O que você espera como resultado da Iniciação Científica?
- Qual o melhor público alvo em sua opinião?
- Qual será o maior desafio que, em sua opinião, vai existir?
- Você acha melhor um ou dois dias de evento?
- De acordo com suas experiências, qual o tamanho ideal de um grupo para funcionar legal uma oficina?
- Em sua opinião, qual melhor tema a ser tratado na oficina?
- Qual o melhor mês/data para realização do evento?

Assim que as entrevistas tiveram fim, deu-se início a próxima etapa de pesquisa: localizar eventos similares.

III. FORMATO DO EVENTO

Após um processo de pesquisas de eventos similares, tais como os realizados pela FIRST LEGO League [4][7] e outras instituições de ensino, o formato do evento foi idealizado.

A primeira questão determinada foi a escolha de uma tema para focar durante o evento e após algumas definições, a educação no trânsito pareceu ser a mais adequada. Este tema foi escolhido por ser um assunto muito comentado entre os jovens do 2º e 3º ano do ensino médio, além de ser altamente benéfico para a formação social dos alunos, enfatizando os cuidados e regras básicas do trânsito. Como questão secundária, o tema sempre será atual, o que diminui o risco de obsolescência de todo o esforço gerado para o desenvolvimento do tema e das atividades.

A equipe deveria ser formada por 4 integrantes com o objetivo de desenvolver várias atividades que podem ser denominadas como missões.

O evento teria como principal característica o controle de um carrinho com a plataforma Arduino, possuindo várias missões que o aluno deveria executar.

Enfim, o projeto consistia em um evento para alunos do 2º e 3º ano do ensino médio com as seguintes características:

- Duração de oito horas de trabalho, divididas em dois períodos. No primeiro período ocorreria a explicação e primeiro contato com a plataforma Arduino. Já o segundo período os alunos receberiam uma cartilha com as missões, manual de montagem do carrinho, instruções de programação do Arduino. Neste segundo período deveria ser realizada a competição entre as equipes;
- De início o evento contaria com a participação de 40 alunos divididos em 10 equipes;
- Cada equipe teria um monitor da instituição INATEL para auxiliar nas dúvidas da equipe;
- Cada equipe teria que cumprir um conjunto de 6 missões;
- A competição teria como principal objetivo realizar o controle o carrinho em um trajeto específico.

A. Missões

A competição seria dividida em 6 missões:

- Missão 1 - Fazer o carrinho andar para frente:
Objetivo: Aprender programação básica do Arduino e ligar os motores;
- Missão 2 - Fazer o carrinho executar um trajeto curto ao sair da garagem e parar logo depois da saída:
Objetivo: Acionar o motor por um tempo através de uma saída do Arduino;
- Missão 3 - Fazer o carrinho andar em linha (seguir a linha branca) e realizar uma curva:
Objetivo: Acionar o motor através de uma saída do Arduino somente quando estiver lendo os sensores corretamente (2 sensores);
- Missão 4 - Leitura de faixa de pedestre (parada obrigatória):
Objetivo: Aprender que sempre tem que parar quando o pedestre estiver na faixa: acionar os motores

através das saídas do arduino e parar quando detectar a faixa (4 sensores);

- Missão 5 - Passar no túnel (ligar o farol):

Objetivo: Aprender que o farol deve ser acesso dentro do túnel ao ligar led pelo Arduino;

- Missão 6 - Chegada ao INATEL (buzinar):

Objetivo: Acionamento de saída sonora com Arduino e que a buzina deve ser utilizada nos momentos certos.

B. Trajeto

Como trajeto obrigatório para a realização da competição, foi idealizado um tapete de lona. Cada equipe teria disponível um *kit* composto por peças eletrônicas e mecânicas, um microcomputador e um tapete fixado ao chão. A Figura 1 ilustra um esboço do tapete a ser utilizado.



Fig. 1. Tapete do trajeto.

O tapete possui diversas opções de caminhos que o carrinho pode seguir para chegar ao destino desejado, mas as placas de trânsito indicam o caminho correto a ser seguido, evidenciando a importância da sinalização do trânsito.

Os alunos se deparariam com bonecos que simulariam pedestres durante todo o circuito, tomando cuidado de não derrubá-los.

O principal objetivo do tapete é que os alunos conseguissem visualizar as normas de trânsito e como elas funcionam nas ruas.

C. Pontuação

A cada missão cumprida, a equipe receberia um balão de bexiga que significaria que a missão do tabuleiro fora concluída com sucesso. Cada cor de bexiga corresponderia a uma missão e atribuiria uma pontuação à equipe.

A Tabela 1 apresenta a divisão de pontos das missões:

TABELA I
PONTUAÇÃO.

MISSÃO	PONTOS	COR
Andar carrinho	50	Preto
Garagem	150	Vermelho
Seguir linha	200	Amarelo
Faixa de pedestre	300	Azul
Túnel	150	Laranja
Chegada inatel	150	Verde

D. Penalidade

Assim como a Lei de Trânsito, seriam medidas as infrações cometidas e, consequentemente, descontados pontos, como apresentado a seguir:

- Falta Gravíssima: 20 pontos;
- Falta Grave: 10 pontos;
- Falta Leve: 5 pontos.

Seriam consideradas como penalidade:

- Não obedecer as placas de trânsito: grave;
- Atropelar uma placa: leve;
- Atropelar mais de uma placa: grave;
- Atropelar um pedestre: grave;
- Atropelar mais de um pedestre: gravíssimo;
- Atropelar placa e pedestre: gravíssimo;
- Sair do trajeto preto/branco: leve;
- Não parar antes da faixa de pedestre: gravíssimo.

As infrações seriam registradas colando no balão de bexiga da respectiva missão um cartão indicativo do tipo de infração cometida:

- Cartão vermelho: gravíssimo;
- Cartão laranja: grave;
- Cartão azul: leve.

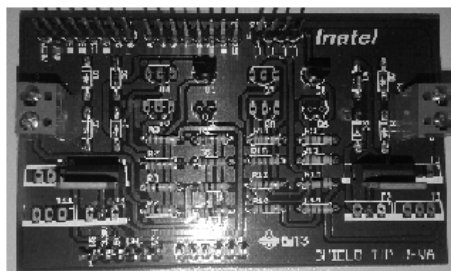
E. Resultado da competição

A equipe que finalizasse primeiro todas as missões, ou seja, que tivessem adquirido todos os balões no menor tempo, seria a vencedora. Em caso de empate em balões (pontos) o fator de decisão seria o tempo. O menor tempo acumulado ganharia a competição. No caso do tempo, as faltas são determinantes.

IV. PRÁTICA PARA O EVENTO

Para a possível realização do evento, foi necessário o desenvolvimento de alguns itens, listados a seguir:

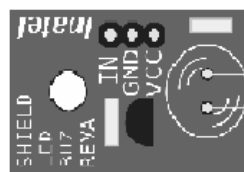
- Apostila de Arduino Básico;
- Caderno de Missões;
- Manual de montagem do carrinho;
- Apresentação para orientações gerais;
- Placa de acionamento dos motores (Figura 2a);
- Placa LED para simular os faróis (Figura 2b);
- Placa BUZZER para simular a buzina (Figura 2c);
- Placa SENSOR para o carrinho seguir o trajeto (Figura 2d).



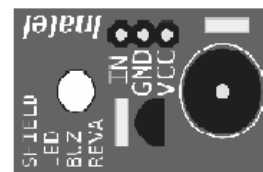
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 2. Placas Eletrônicas para controle do carrinho.

V. REALIZAÇÃO DO EVENTO

No dia 19 outubro de 2013 foi realizado um evento de teste com dois grupos de 4 pessoas sendo alunos da Escola Técnica de Eletrônica “FMC” e do INATEL. Neste dia, ilustrado na Figura 3, validou o formato, os documentos desenvolvidos e a dinâmica do evento.



Fig. 3. Evento teste.

O evento oficial, que pode ser visualizado nas Figuras 4 e 5, ocorreu no dia 24 de outubro de 2013, no qual alunos de escolas das regiões vizinhas de Santa Rita do Sapucaí vieram visitar a Feira de Inovação Tecnológica do Inatel (FETIN). Para poder participar, as escolas tiveram que se inscrever antes pelo site do INATEL.



Fig. 4. Apresentação inicial do evento oficial.

As escolas participantes foram:

- Cedec Objetivo – Campanha;
- Centro Educacional SESI nº 408 - Limeira;
- Colégio Estadual Vital Brasil - Campanha;
- Colégio Imaculado Coração de Maria – São Lourenço;
- Cooper Camp - Campanha;
- E.E. Deputado Domingo Figueiredo - Varginha;
- Escola de Ensino Fundamental e Médio.
- Objetivo – Lambari;



Fig. 5. Os alunos fazendo testes durante o evento.

O resultado final do evento foi:

- 1º Lugar: Cooper Camp – 550 pontos;
- 2º Lugar: Objetivo – Lambari – 350 pontos;
- 3º Lugar: Colégio Imaculado Coração de Maria – 310 pontos.

VI. CONCLUSÕES

Os alunos que participaram se divertiram, se esforçaram e batalharam para realizar todas as tarefas submetidas.

Alguns problemas ocorrem no decorrer do evento oficial realizado, sendo alguns detalhados a seguir:

- Falta de habilidade manual para montar o carrinho devido ao fato de que alguns alunos nunca manusearam ferramentas, tais como chave Philips, parafusos, e porca;
- O tapete foi fixado em um piso com frisos e quando o carrinho caminhava por ele, se enroscava nas rejuntas, não conseguindo se locomover com facilidade;
- O ambiente usado possuía uma parede de vidro. Com isso, a luz solar afetou a leitura do sensor de luz do carrinho, fazendo sombra no tapete e não permitindo que o carrinho fizesse as leituras corretamente, saindo do trajeto em alguns momentos;
- A montagem irregular das rodas do carrinho, fizeram com que cada uma delas apresentasse uma velocidade diferente, o que dificultou o deslocamento em linha reta;

- A duração do evento não foi suficiente para realizar o desafio inteiro devido às dificuldades acima listadas.

Como conclusão final, algumas adaptações precisam ser feitas para que o evento possa ocorrer continuamente, tanto no campus do INATEL quanto em visitas programadas a escolas cadastradas.

REFERÊNCIAS

- [1] Mundo Senai recebe 50.500 pessoas no Paraná e estimula a formação profissional [Online]. Disponível: <http://www.mundosenai.com.br/blog/2012/09/29/mundo-senai-recebe-45-500-pessoas-no-parana-e-estimula-a-formacao-profissional/>.
- [2] A falta de engenheiros [Online]. Disponível: <http://www.estadao.com.br/noticias/impresso,a-falta-de-engenheiros,840931,0.htm>.
- [3] BANZI, Massimo. “Primeiros Passos com o Arduino”, Novatec Editora Ltda, 2012.
- [4] FIRST® LEGO® League [Online]. Disponível: <http://firstlegoleague.org/>
- [5] Wu, Billy et al. “Inspiring High School Students: Building a Rube Goldberg Machine to Demonstrate Lenz’s Law”, IEEE MULTIDISCIPLINARY ENGINEERING EDUCATION MAGAZINE, VOL. 6, NO. 3, SEPTEMBER 2011.
- [6] REBOUÇAS, Fernando. Déficit de engenheiros no Brasil [Online]. Disponível: <http://www.infoescola.com/atualidades/deficit-de-engenheiros-no-brasil/>
- [7] LEGO Education [Online]. Disponível: <http://education.lego.com/en-us/>
- [8] Arduino [Online]. Disponível: <http://www.arduino.cc/>
- [9] Arduino Projetos [Online]. Disponível: <http://www.arduino-projetos.com.br/>
- [10] Arduino FORUM [Online]. Disponível : <http://forum.arduino.cc/index.php/board,47.0.html>
- [11] Top 40 Arduino Projects of the Web [Online]. Disponível: <http://hacknmod.com/hack/top-40-arduino-projects-of-the-web/>
- [12] SIMAS, Ana. Brasil tem déficit de 40 mil engenheiros [Online]. Disponível: <http://www.gazetadopovo.com.br/vida-universidade/carreira/conteudo.php?id=1237253&tit=Brasil-tem-deficit-de-40-mil-engenheiros>
- [13] RENNA, Roberto Brauer Di et al. Introdução ao kit de desenvolvimento Arduino. Versão A2013M10D02. Niteroi – RJ. Universidade Federal Fluminense – UFF. Disponível em: http://www.telecom.uff.br/pet/petws/downloads/tutoriais/arduino/Tut_Arduino.pdf
- [14] VASILJEVIC, Gabriel. Apostila de Arduino. Disponível em: http://escoladeverao.weebly.com/uploads/5/0/3/7/5037808/apostila_v0.5.a.pdf

Acelerador de Trânsito

Ricardo Rhomberg Martins, DSc

Prof. do Depto de Eng. Eletrônica e de Computação
da Escola Politécnica da UFRJ
ricardo@del.ufrj.br

Luiz Henrique de Araújo Vasconcelos

Depto de Eng. Eletrônica e de Computação
da Escola Politécnica da UFRJ
luizhav@poli.ufrj.br

Resumo¹ - Um método de aceleração de trânsito é proposto. A intenção dos autores é criar um sistema que acarrete o aumento da velocidade média com que veículos passam em determinados pontos onde uma velocidade menor que a possível, somada às velocidades baixas de outros móveis (uma das características deste tipo de fenômeno é que seus efeitos se somam), tem como consequência os famosos engarrafamentos sem motivo aparente. Um ponto típico do Rio em que se espera que o sistema possa ajudar é a entrada sul do túnel Rebouças onde cerca de 4 pistas confluem para duas. O aumento da velocidade média nestas duas pistas diminuiria o engarrafamento nas avenidas Borges de Medeiros e Epitácio Pessoa. A conclusão deste trabalho é que tecnicamente o sistema funciona sendo necessários testes de campo para verificar os efeitos psicológicos sobre motoristas e operadores de tráfego.

Palavras-chave: Trânsito, antenas Microstrip, CTB [1] art 62.

I. INTRODUÇÃO

Existem diversos estudos acerca de faixas de aceleração em trechos de vias em que os motoristas podem mudar de uma pista de rolagem de baixa velocidade para outra de maior velocidade [2, 3]. A ideia central deste trabalho é uma proposta semelhante para aumentar a velocidade média sem mudar de faixa.

O uso de antenas planas permite a montagem de sistemas portáteis para serem aplicados em situações eventuais como a de um acidente. A prática tem mostrado também que é necessária uma adaptação na posição do sistema na medida em que os motoristas começam a acelerar... cada vez em posições mais próximas do engarrafamento... sendo este o ponto mais difícil de ser atendido pela automatização do sistema.

II. O SISTEMA

Dois radares deverão ser colocados na pista para determinar se há um carro sobre eles (fig. 1). Sendo conhecida a distância entre os radares, a diferença de tempos de entrada do automóvel sobre cada um deles permite calcular a velocidade do mesmo.

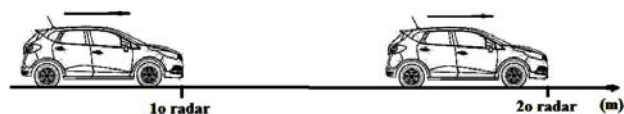


Fig 1 Sistema de dois radares na via

¹ Ricardo Rhomberg Martins e Luiz Henrique de Araújo Vasconcelos trabalham no Laboratório de Telecomunicações da Escola Politécnica da UFRJ.

Foram usadas antenas do tipo Microstrip (fig 2) que, por serem fabricadas a partir de circuitos impressos de dupla face (e portanto planas) são mais apropriadas ao fim a que se destinam

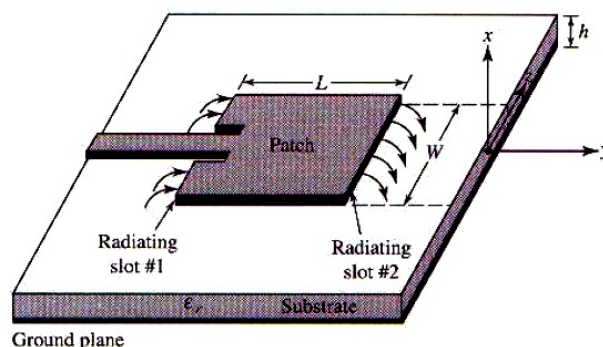


Fig 2 Antena Microstrip [4]

Segundo Balanis, para pequenos valores de h ou seja, $K_0 h = (2\pi/\lambda_0)h \ll 1$, onde λ_0 é o comprimento de onda em espaço livre, o campo elétrico total (resultante das duas janelas menores, onde $W < L$), chamadas de irradiantes, podem ser expressos por (de acordo com o sistema de coordenadas apresentado na fig 2. θ é o ângulo entre um vetor posição genérico e o eixo z. ϕ é o ângulo entre a projeção do vetor posição no plano x-y e o eixo x):

$$E_{\theta}^i = +j \frac{2V_0 e^{-jkr}}{\pi r} \left[\frac{\sin\left(\frac{k_0 W}{2} \cos\theta\right)}{\cos\theta} \right] \cos\left(\frac{koL}{2} \sin\theta \sin\phi\right)$$

Onde $V_0 = hE_0$ é a voltagem sobre a janela

$$E_{\phi}^i = +j \frac{k_0 W V_0 e^{-jkr}}{\pi r} \left[\frac{\sin\left(\frac{k_0 h}{2} \cos\phi\right)}{\frac{k_0 h}{2} \cos\phi} \right] \cos\left(\frac{koL}{2} \sin\phi\right)$$

Calculando as dimensões W e L de modo que no espaço entre a ilha e o plano de terra, tenhamos:

0 variações em x (o campo elétrico na cavidade não varia ao longo de x)

1 variação em y

0 variações em z (o campo elétrico na cavidade não varia ao longo de z)

O modo com que o campo se estabelece é o denominado TM_{010}^x

Levando-se em consideração a condutividade real dos meios e a permissividade média dos dielétricos que costuma localizar-se na faixa $2,2 \leq \epsilon_r \leq 12$ [5] temos: $0,003\lambda_0 \leq h \leq 0,05\lambda_0$ e $\lambda_0/3 < L < \lambda_0/2$.

Uma fórmula prática que visa uma boa eficiência de irradiação [6], permite o cálculo da largura da ilha usando a seguinte expressão:

$$W = \frac{1}{2f_r \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} = \frac{v_0}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}$$

Onde v_0 é a velocidade da luz no espaço livre. Se o projeto for feito com estas dimensões teremos o campo no espaço representado pela figura 3:

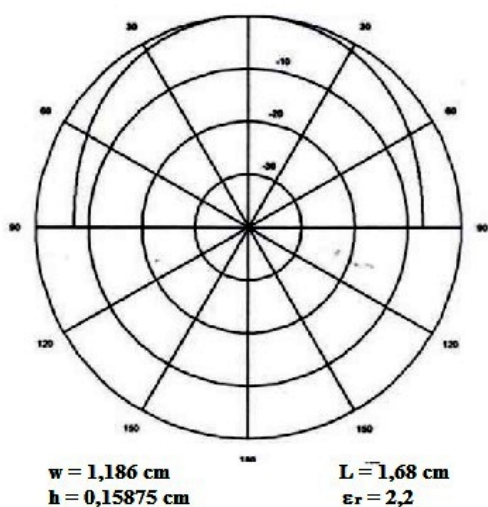


Fig 3 Diagrama de irradiação de Plano E de uma microstrip [7]

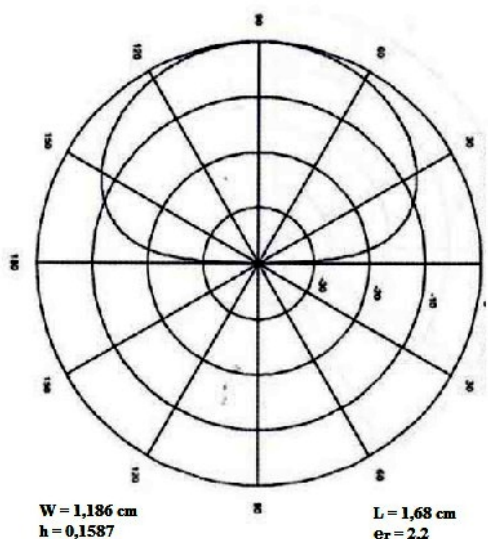


Fig 4 Diagrama de irradiação de Plano H de uma microstrip [7]

Os diagramas de irradiação de uma microstrip nos dois planos perpendiculares ao da antena e “acima dela” verificados experimentalmente e semelhantes entre si são os que aparecem na figura 5 [8]:

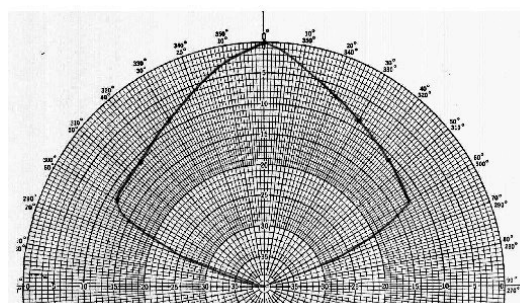


Fig 5 Diagramas experimentais de plano E e plano H de uma microstrip

Confirmando ser ela adequada para o que se espera do sistema.

III. CONFIGURAÇÃO EXPERIMENTAL

Nas experiências feitas no Laboratório de Telecom da Escola Politécnica usaram-se os equipamentos existentes, da Banda X (9 a 12GHz). Elas comprovaram o funcionamento e a usabilidade do sistema. Atualmente está-se tentando usar uma frequência mais baixa por facilidade de geração e diminuição das perdas nos cabos. As normas IEEE 802.11 recomendam o uso da faixas de 2,4 ou 5 GHz liberadas pela ITU (International Telecommunication Union) para experimentações médicas e científicas em geral. A figura abaixo mostra um AP e as antenas que estão sendo utilizadas para este fim no laboratório.



Fig 6 AP e microstrips utilizadas do laboratório

Vem-se usando o WRT54G da Linksys que admite a instalação do DD-WRT (código aberto baseado em Linux) que oferece mais versatilidade para inserir e retirar dele as informações necessárias.

A frequência da moduladora nos dois casos (9 e 2,4GHz) é de 1KHz, suficiente para se detectar com a precisão necessária a presença de um móvel acima de cada par de antenas

IV. COMUNICAÇÃO COM MOTORISTAS

O objetivo primeiro deste trabalho não é o controle da velocidade máxima de carros em movimento. Isto é um sub-produto que as prefeituras e operadoras podem usar se houver interesse. A intenção dos autores é criar um sistema que auxilie o aumento da velocidade média com que

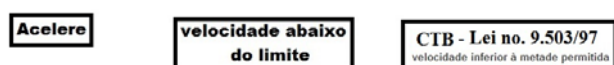
veículos passam em determinados pontos onde uma velocidade menor que a possível, somada às velocidades baixas de outros móveis, acarretam os famosos engarrafamentos sem motivo aparente, facilitando como resultado, a vida das pessoas.

Guardando a velocidade de um automóvel (v) e o instante em que ele saiu do segundo radar (t_1) mais a informação do instante de entrada do carro atual neste mesmo radar (t_2), pode-se calcular a distância (D) entre os dois (fig 5):

$$D = v \cdot \Delta t, \quad \Delta t = (t_2 - t_1)$$

De posse desta informação e da velocidade do carro atual pode-se, de acordo com normas prudenciais, emitir uma mensagem luminosa para o carro atual acelerar evitando os prejuízos citados acima.

As mensagens em estudo (sobre o motivo deste “estudo” ver item seguinte) são:



Atualmente elas estão sendo manuseadas por operadores pelas questões analisadas a seguir. Em breve o sistema será automatizado.

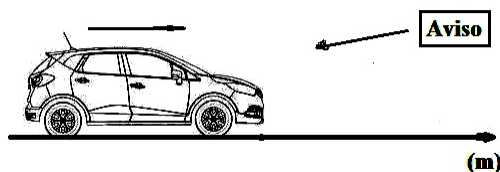


Fig 7 Aviso emitido para motorista que pode (e deve) acelerar

V ASPECTOS PSICOLÓGICOS

Uma frase do engenheiro Ricardo Durço² no primeiro contato dos pesquisadores com ele pode ilustrar este particular: “estou chegando de um congresso de operadoras de rodovias na Suíça em que só se falou de controle de velocidades máximas. Ponho os pés no Brasil e alguém me fala de controle de velocidade mínima...”.

É fato notório que a maioria dos motoristas se preocupa em não exceder as velocidades máximas permitidas pelas vias em que trafegam. Elas são estabelecidas por critérios de segurança.

O que foi interessante descobrir é que todas as pessoas envolvidas neste assunto (engenheiros, operadores, diretores, etc) têm o mesmo tipo de preocupação apesar do Código de Trânsito Brasileiro (**Lei nº 9.503 de 23 de Setembro de 1997**) trazer claramente no seu artigo 62:

A velocidade mínima não poderá ser inferior à metade da velocidade máxima estabelecida, respeitadas as condições operacionais de trânsito e da via (grifo nosso).

A par do desenvolvimento tecnológico proposto nesta pesquisa será necessária uma mudança de mentalidade que, em vista das palavras do Dr Durço citadas, parece ser necessária a nível mundial. Os autores estão convencidos de estar tentando algo muito mais difícil deste ponto de vista do que do tecnológico.

VI. CONCLUSÃO

O sistema proposto já provou em laboratório ser possível. O protótipo de 2,4 GHz foi preparado a partir de simples access points de WiFi o que contribui para que o sistema seja barato, coisa que é fundamental para facilitar sua instalação em todos os pontos em que se mostre eficaz.

A partir da realimentação oferecida pelas experiências de campo se lhe está acrescentando uma câmera que tira um instantâneo do carro a que se destina a mensagem de aceleração. O aviso a que se fez referência no texto passará a ser mostrado numa televisão junto com a foto do alvo.

Restam a análise dos aspectos psicológicos há pouco citados e verificar o efeito dos avisos propostos sobre motoristas acostumados a ser controlados e não estimulados.

As medidas de aumento de fluxo horário disponíveis (**único indicador interessante e objetivo final do sistema**) não são de modo nenhum definitivas. No entanto os resultados obtidos são altamente estimulantes.

REFERÊNCIAS

- [1] Código Brasileiro de Trânsito
- [2] Braz, José Tadeu. Metodologia para definir a configuração viária das entradas e saídas nas vias principais Nota Técnica da CET-SP N°: 167/93 de 07/93. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/media/20662/nt167.pdf>
- [3] Pimenta, Carlos R. T. e Oliveira, Márcio P., Projeto Geométrico de Rodovias 2ª edição. São Paulo, Ed Rima, 2010.
- [4] Balanis, Constantine A. Antenna Theory: Analysis and Design. 2a. Ed. New York John Wiley & Sons, Inc., 1997
- [5] Martins, Ricardo Rhomberg. Antenas e Processamento de sinais. Rio de Janeiro, Ed. Coppe, 2011, pg 65.
- [6]] Bahl, I.J. and P.Bhartia. Microstrip Antennas. Dedham, M.A: Artech House, 1980.
- [7] Adaildo Gomes D'Assunção Junior, Uma Nova Proposta de Antena Planar Multibanda para Comunicações Móveis, Dissertação de Mestrado, UFRN, 2007.
- [8] Pimentel, Geraldo Duarte. Antenas Microstrip - Diagramas de Irradiação. Projeto de fim de Curso, Depto de Eng. Eletrônica e Computação, Escola Politécnica da UFRJ, 2010.

² Engenheiro da LAMSA, concessionária da Linha Amarela no Rio de Janeiro

Robô Inteligente Guiado Por Sensor Ultrassônico

Gleydson Hanry Olivier
Instituto de Estudos
Superiores da Amazônia -
IESAM
gleydson.olivier@gmail.com

Ákila R. Dutra
Instituto de Estudos Superiores da
Amazônia - IESAM
hakilarodrigues_2008@hotmail.com

Bruno S. Dias
Instituto de Estudos Superiores
da Amazônia - IESAM
bruno_soares_14@hotmail.com

Fredy L. Rua
Instituto de Estudos
Superiores da
Amazônia - IESAM
fredyl.rua@hotmail.com

Thiago Augusto Lisboa
IESAM
thiagolisboatec@gmail.com

Johelden Bezerra
IESAM
johelden@prof.iesam-
pa.edu.br

Anderson Sena
IESAM
renatohidaka@prof.iesam-
pa.edu.br

Roger Silva
IESAM
roger@prof.iesam-pa.edu.br

Resumo — Construir um robô usando controlador arduino que seja autônomo, sendo guiado por um sensor ultrassônico e que possa se locomover com a capacidade de desviar de obstáculos. O sistema irá operar em tempo real, utilizando o sonar do robô para fazer a detecção dos obstáculos, onde este fará a interação com o sistema de controle do robô para tomada de decisão da trajetória desejada.

Palavras-chaves — Robô, Arduino e Ultrassônico.

I. INTRODUÇÃO

A robótica é uma ciência que estuda os robôs e suas tecnologias que envolvem a computação, eletrônica e a mecânica. Os robôs são desenvolvidos com dispositivos eletromecânicos ou biomecânicos e podem realizar tarefas de forma autônoma.

Robôs autônomos são robôs que podem realizar tarefas desejadas em ambientes desestruturados sem a ajuda humana. Uma área importante da pesquisa em robótica é permitir ao robô cooperar com o seu ambiente independente se este ambiente é terra, água, cavernas ou no espaço.

Um robô totalmente autônomo no mundo real tem a habilidade de:

- Receber e enviar informações do seu ambiente.
- Se deslocar do ponto A ao ponto B, sem assistência de navegação humana.
- Evitar situações que são perigosas para as pessoas.

II. COMPONENTES DO ROBÔ

A. Arduino

O Arduino é uma placa de controle I/O baseada no microcontrolador Atmega (Atmel) mostrado na figura 1, que serve de controle para diversos outros sistemas. Foi desenvolvida e aperfeiçoada por uma comunidade que divulgam as suas placas e seus códigos de aplicação open-source¹.

Esta placa foi projetada com finalidades educativas com o intuito de ajudar os designers e artistas a criarem obras interativas sem terem muitos conhecimentos de eletrônica, mas pelo fato de ter o seu esquema e software de programação open-source, ela acabou chamando a atenção dos profissionais de TI, que começaram a aperfeiçoá-la e a criar aplicações mais complexas.

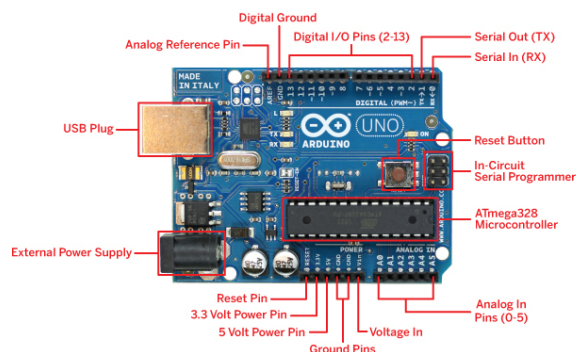


Fig.1 – Arduino

B. Sensor Ultrassônico HC-SR04

Esses sensores fazem uso de ultrassom e operam em um tipo de radiação, não sujeita a interferência eletromagnética e totalmente limpa, o que pode ser muito importante para determinados tipos de aplicações.

Opera de modo eficiente detectando objetos em distâncias que variam entre milímetros até vários metros, e podem ser empregados para detectar os mais variados tipos de objetos e substâncias.

O princípio de funcionamento dos **sensores ultrassônicos** mostrado na figura 2 está baseado na emissão de uma onda sonora de alta frequência, e na medição do tempo levado para a recepção do eco produzido quando esta onda se choca com um objeto capaz de refletir o som. Estes sensores emitem pulsos ultrassônicos ciclicamente. Quando um objeto reflete estes pulsos, o eco resultante é recebido e convertido em um sinal elétrico.

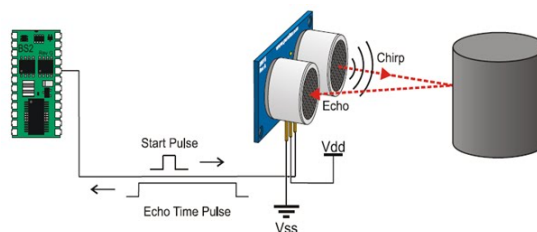


Fig.2 – Sensor Ultrassônico

C. Motores CC/DC

Os motores de corrente contínua (CC) ou motores DC (Direct Current) são bastante simples, pois utilizam energia elétrica e campo magnético para produzir torque, com a rotação do motor. Na sua forma mais simples, um motor de corrente contínua requer dois ímãs de polaridades opostas e

uma bobina elétrica, que atua como um eletroímã. As forças eletromagnéticas repelentes e atraentes dos ímãs são responsáveis por fornecer o torque que faz com que o motor de corrente contínua possa girar.

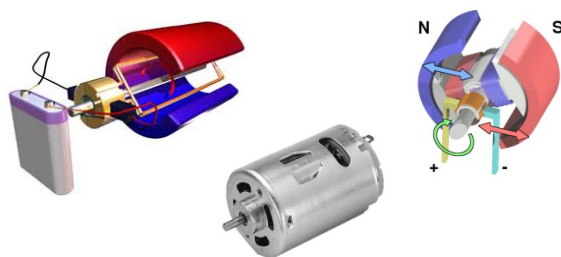


Fig.3. Motores CC/DC

D. Circuito Integrado L298 Ponte H

O L298 é um circuito integrado mostrado na figura 4 que possui internamente duas Pontes H's. Pode operar com até 46V de alimentação e conduzir até 2A (por canal) para a carga. Foi projetado para aceitar níveis lógicos padrão TTL e acionar cargas indutivas como relés, solenoides, motores CC e motores de passo.

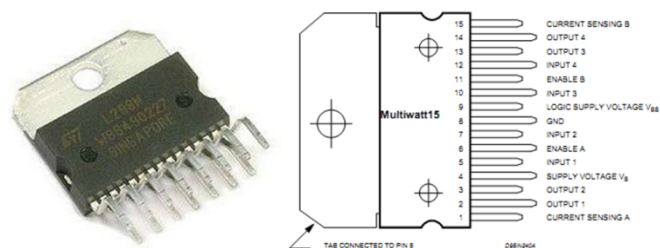


Fig. 4 – Pinagem do L298 Ponte H

Este circuito possui duas entradas de habilitação (EnA e EnB) que são fornecidas para ativar ou desativar o dispositivo, independentemente dos sinais de entrada (In1, In2, In3 e In4). Os emissores dos dois transistores inferiores de cada ponte são ligados entre si e ao terminal correspondente externo, possibilitando a ligação de uma resistência externa para medir a corrente ou limitá-la². Na figura 5 mostra o diagrama do circuito integrado L298.

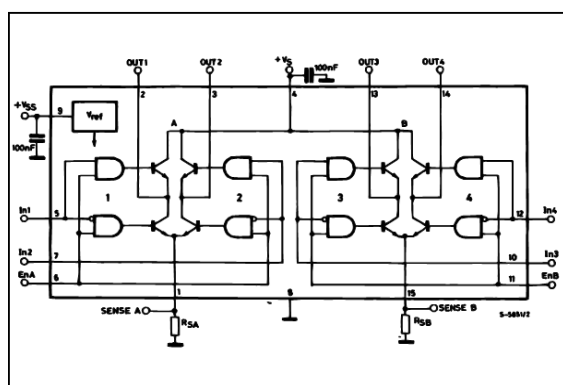


Fig. 5 – Diagrama do L298 Ponte H

VI. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do projeto foi necessário a aquisição de uma caixa redutora para os motores para que tivessem o torque ideal para a locomoção do robô. Após a definição do mecanismo foi colocado uma roda giratório frontal para realização dos movimentos laterais. Para o controle da velocidade e sentido dos motores foi utilizado o CI L298 na qual as saídas “OUT1” e “OUT2” de entradas “In1” e “In2” controlam o movimento do motor esquerdo e as saídas “OUT3” e “OUT4” de entradas “In3” e “In4” controlam o movimento do motor direito mostrado na figura 6.

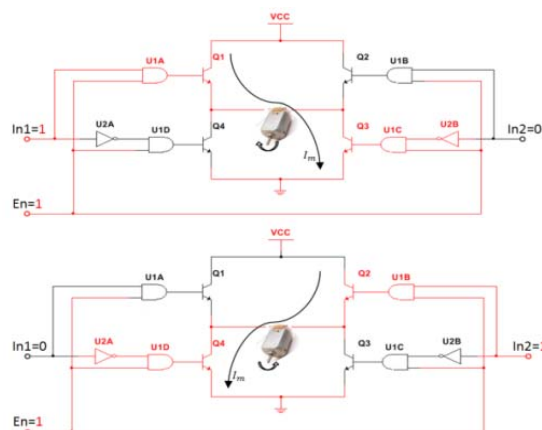


Fig.6 – Controle dos motores pelo CI L298

As entradas “In1” e “In2” foram interligadas nas portas 10 e 11 e as entradas “In3” e “In4” nas portas 6 e 5 do controlador Arduino configuradas como PWM.

O sensor ultrassônico utilizado foi o HC-SR4 que possuem os pinos “Trig” para envio das ondas sonoras de alta frequência ligada na porta 12 e o pino “Echo” que faz a recepção das ondas sonoras refletidas que foi ligada na porta 13 do controlador.

Com as informações dos dados do sensor ultrassônico foi desenvolvido o programa para o controlador Arduino mostrado a seguir na figura 7 cujo parâmetro de distância mínima para desvio dos obstáculos foi de 20 cm.

Quando identificada a distância mínima o controlador faz a parada dos motores e envia pulsos PWM para as portas de controle dos motores para que um deles gire em sentido horário e outro em sentido anti-horário permitindo que o robô possa efetuar o movimento de giro. Após a nova leitura dos sensores o robô verificar se não objetos a uma distância menor que 20 cm e prossegue em movimento até a próxima leitura.


```

#include "Ultrasonic.h"
#define echoPin 13 //Pino 13 recebe o pulso do echo
#define trigPin 12 //Pino 12 envia o pulso para gerar o echo
#define controleA1 10
#define controleA2 11
#define controleB1 6
#define controleB2 5

//iniciando a função e passando os pinos
Ultrasonic ultrasonic(12,13);
void setup()

{
  Serial.begin(9600); //inicia a porta serial
  pinMode(echoPin, INPUT); // define pino 13 entrada Ultrassom (recebe)
  pinMode(trigPin, OUTPUT); // define pino 12 saída Ultrassom (envia)
  pinMode(controleA1, OUTPUT); //define pino 10 controle do motor A
  pinMode(controleA2, OUTPUT); //define pino 11 controle do motor A
  pinMode(controleB1, OUTPUT); //define pino 6 controle do motor B
  pinMode(controleB2, OUTPUT); //define pino 5 controle do motor B
}

void loop(){
  float cmetros;
  long microseg = (ultrasonic.timing());
  cmetros = ultrasonic.convert(microseg,Ultrasonic::CM);

  Serial.println(cmetros);

  if(cmetros <= 20){
    //realiza a parada dos motores
    analogWrite(controleA1, 0);
    analogWrite(controleA2, 0);
    analogWrite(controleB1, 0);
    analogWrite(controleB2, 0);
    digitalWrite(ledfreio, LOW);
    delay(1000);

    //realiza o movimento de rotação do robô
    analogWrite(controleA1, 30);
    analogWrite(controleA2, 0);
    analogWrite(controleB1, 0);
    analogWrite(controleB2, 60);
    digitalWrite(ledfreio, HIGH);
    delay(1000);

    //realiza a parada dos motores
    analogWrite(controleA1, 0);
    analogWrite(controleA2, 0);
    analogWrite(controleB1, 0);
    analogWrite(controleB2, 0);
    digitalWrite(ledfreio, LOW);
    delay(1000);
  } else {
    //movimenta o robô
    analogWrite(controleA1, 48);
    analogWrite(controleA2, 0);
    analogWrite(controleB1, 60);
    analogWrite(controleB2, 0);
    delay(250);
  }
  delay(50);
}

```

Fig. 7 – Programa desenvolvido para o arduino.

VII. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos teste realizados, o robô foi colocado no centro de um ambiente estruturado e deixado vagando livremente. O ambiente é um ambiente apropriado ao uso do robô, com uma superfície lisa (mesa) conforme mostrado na fig.8.

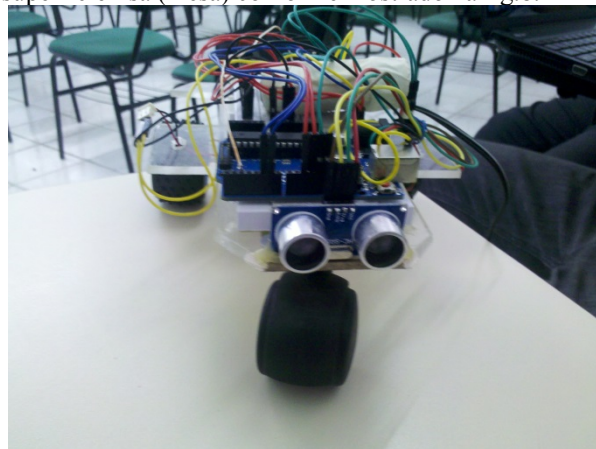


Fig. 8 – Protótipo do robô autônomo

Uma vez ligado, o robô se desloca pelo ambiente em trajetórias retas. Neste estado, ele não é afetado por eventuais perturbações que alterem a sua direção. O robô permanece neste estado até que a camada de nível mais elevado seja ativada pela presença de um obstáculo ou uma depressão.

Caso o robô detecte algum obstáculo, ele fará a manobra ate que o sensor não detecte mais nenhum obstáculo em seu caminho e fique totalmente livre para andar.

VIII. CONCLUSÃO

O objetivo proposto neste trabalho foi alcançado: implementar um robô autônomo móvel inteligente, para ser usado como base de testes em futuros trabalhos na área da robótica móvel autônoma.

A implementação do projeto é simples e flexível, de modo a permitir ao robô se converter numa plataforma de testes para novos componentes como: motores, sensor e bateria.

REFERÊNCIAS

- [1] <http://www.sabereletronica.com.br/artigos-2/2096-a-onda-do-arduino>
- [2] <http://eletronicaemcasa.blogspot.com.br/2013/03/ponte-h-para-motores-com-l298.html>

Automatização de Lonas

Alison Rejo Silva da Silva

Igor Meireles de Araújo

Tiago Alves Rodrigues

Instituto de Estudos Superiores
da Amazônia - IESAM
alison_iesam@hotmail.com

Instituto de Estudos Superiores
da Amazônia - IESAM
igor.araujo92@gmail.com

Instituto de Estudos Superiores
da Amazônia - IESAM
tiagorodriguez@gmail.com

Gabriel Vianna Soares Rocha

Johelden Campos Bezerra

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia -
IESAM
gabriel.viannasr@hotmail.com

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia -
IESAM
johelden@gmail.com

Resumo—Este artigo aborda a criação de um projeto objetivando trazer conforto e praticidade no manuseio de lonas. Para isso, foi criado um software desktop desenvolvido em Java para automatizar o acionamento das mesmas, onde este envia sinais por meio da porta serial para o FPGA, responsável por identificar estes sinais e transmiti-los na forma de tensão para o circuito eletrônico responsável por acionar o motor DC acoplado a polias por meio de uma correia, que fará o deslocamento da lona.

Palavras chave—FPGA, Motor DC, Java, MD5.

I. INTRODUÇÃO

O projeto automatização de lonas visa construir um protótipo que venha facilitar o acionamento de lonas de forma sistematizada. Envolverá em suas análises a criação de software e hardware, que serão instalados no protótipo. Basicamente será utilizado um software desktop desenvolvido em Java que enviará um sinal através da porta serial ao FPGA, e este estando conectado a um circuito elétrico alimentando por uma fonte de tensão externa de 9 v, onde, através de uma ponte H o moto DC será capaz de girar no sentido horário e anti-horário, e este estando acoplado a polias por meio de uma correia fará com que a lona seja deslocada em fase, ou seja, de forma constante sem que haja desvio. Esse projeto tem como principal objetivo fazer a comunicação entre o computador e o atuador, neste caso o motor DC, através do FPGA, além de atender aos proprietários de teatro, circo entre outros, os pequenos, médios e grandes agricultores, assim também como na construção civil trazendo aos seus usuários conforto e praticidade no manuseio de lonas.

II. SOFTWARE

Para desenvolvimento do projeto foi criado um software em

Java com interface gráfica, o qual foi chamado de “AutoLonas” conforme Fig. 1, com o qual o usuário, dependendo da aplicação, poderá fazer o deslocamento da lona em duas direções, estando elas na vertical ou na horizontal. O usuário poderá ainda, se desejar, agendar esses acionamentos, informando para isso a data e o horário desejados para que a lona seja acionada.



Fig. 1. AutoLonas - Tela Principal.

Apertando o botão “Motor” o programa enviará o sinal pela porta serial para o fpga, para que o motor seja acionado fazendo com que a lona seja deslocada de fase, mas primeiro é necessário criar uma conexão entre o software e a placa do FPGA através do botão “Conectar”, sem a qual não será possível enviar o sinal. Para que o sinal seja enviado do software para a placa do fpga, foi utilizado a API RXTX que é uma biblioteca externa em Java específica para fazer a

comunicação serial, onde RX é o canal de recepção de dados e o TX é o canal de transmissão de dados.

Toda vez que o motor for acionado, será armazenado em um banco de dados a data e a hora de cada acionamento, podendo ser feita uma relação entre cada mês e a quantidade de acionamentos naquele mês conforme Tabela I. E ainda é possível gerar para isso um gráfico dessa relação conforme Fig. 2.

TABELA I
ACIONAMENTOS POR MÊS

MÊS	ACIONAMENTOS
Janeiro	7
Fevereiro	9
Março	8
Abril	6
Maio	9
Junho	11
Julho	20
Agosto	8
Setembro	12
Outubro	13
Novembro	61
Dezembro	0



Fig. 2. Gráfico - Acionamentos x Mês.

O software ainda conta com um sistema de acesso, onde ao abrir o software é solicitado um *login* e *password*. Estes dados são todos salvos em um banco de dados, utilizando como SGDB o MySQL Server, além disso todas as senhas são criptografadas utilizando MD5. Nesse sistema existem dois tipos de usuários, o administrador com acesso total ao programa, e o comum que só pode enviar sinais para ligar e desligar o motor, diferente do administrador que pode cadastrar novos usuários e fazer agendamentos manualmente para que lona seja estendida e posteriormente recolhida. Futuramente será possível fazer agendamentos automáticos com base em previsões meteorológicas diárias, e acessar o programa pela internet e pelo celular, proporcionando flexibilidade aos usuários.

III. MD5

MD5 (Message-Digest algorithm 5) é um algoritmo de hash de 128 bits (16 Bytes), geralmente representado por 32 caracteres em hexadecimal. O algoritmo é unidirecional, ou seja, um hash md5 não pode ser transformada novamente em seu texto original. Então seu método de verificação, consiste em comparação de duas hash's, da mensagem original e da mensagem recebida. O MD5 também é muito utilizado para verificar a integridade de um arquivo, sabendo-se o hash desse arquivo após o download do mesmo, pode-se verificar se o arquivo não foi corrompido durante o download, basta gerar o hash do arquivo baixado e compara-lo com o hash do arquivo original informado [1].

IV. BANCO DE DADOS

O aplicativo Java conta com o recurso de guardar informações referentes aos seus usuários em um banco de dados criado em MySQL. A Fig. 3 mostra a modelagem de banco de dados adotada neste sistema, basicamente são três tabelas de dados:

- Usuario* – Utilizada para guardar informações pessoais do usuário, bem como login e password de acesso ao sistema.
- UsuarioTipo* – Tabela fixa contendo dois valores: usuário comum e administrador. Pelas cardinalidades é possível ver que um usuário só pode assumir um e apenas um desses tipos.
- Acionamentos* – Tabela independente responsável por armazenar a quantidade de acionamentos ocorridos durante o dia. Para a geração de gráficos é feito um agrupamento de dados por mês para que possa ser gerada uma análise dos períodos em que o sistema mais foi utilizado.

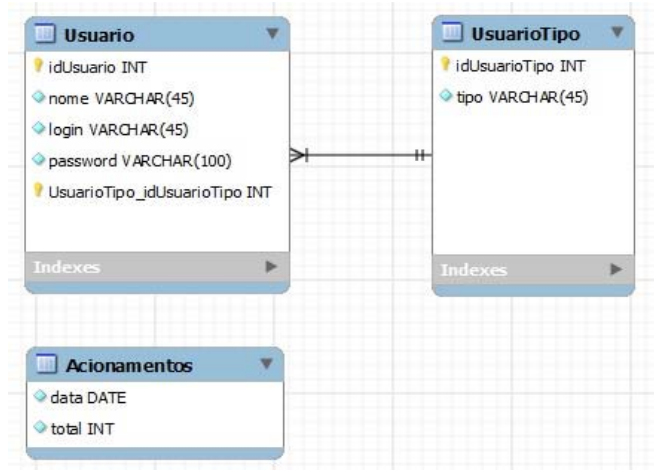


Fig. 3. Modelagem do Banco de Dados.

V. FPGA

O FPGA, Fig. 4, é um dispositivo lógico programável e semicondutor. Em vez de ser restrita a qualquer função de hardware pré-determinado, um FPGA permite que você use os recursos do programa de produtos e funções, se adaptar a novos padrões, e reconfigurar hardware para aplicações

específicas, mesmo depois que o produto foi instalado no campo, daí o nome "*field-programmable*" [2], é um circuito integrado que contém um grande número (na ordem de milhares) de unidades lógicas idênticas [3]. Ele foi escolhido como dispositivo responsável por realizar a conexão do computador com o motor DC, através comunicação serial, utilizando para isso a API RXTX e a porta serial RS - 232.

Parte deste sistema de automatização foi desenvolvido utilizando o FPGA utilizando para isso a linguagem VHDL, basicamente foi codificado o estabelecimento da conexão serial com o computador, e a configuração de quatro pinos de saída, por onde sairá os sinais que representam a ação que o motor DC deverá efetuar: rotacionar para a direita, rotacionar para a esquerda, ou permanecer em estado de inércia. Estas ações sendo mutualmente exclusiva, são enviadas pelo software desenvolvido em Java, identificado pelo FPGA, e repassado para o circuito na forma de tensão de 0 v ou 5 v.



Fig. 4. FPGA [3].

VI. TRANSMISSÃO DE DADOS SERIAL

Transmissão serial é uma das muitas maneiras de fazer a comunicação entre o fpga com o computador, essa comunicação é feita através da porta RS - 232.

Na comunicação serial a informação é enviada na forma binária bit a bit, aceitando apenas valores lógicos (alto e baixo). Completamente diferente da comunicação paralela, onde a informação é enviada em um conjunto de bits por de cada vez.

Para realizar a transmissão de dados foi utilizado o conector RS-232, conforme Fig. 05, composto por um conjunto padrão de nove pinos de comunicação na forma D, sendo eles descritos na Tabela II.

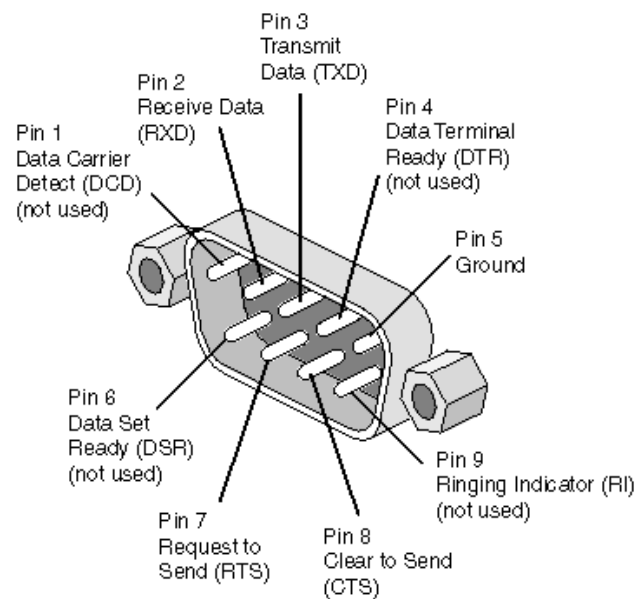


Fig. 5. Pinos RS - 232 [5]

TABELA II
DATASHEET DO CONECTOR RS-232

PINO	NOME	DESCRIÇÃO
1	DCD	Portadora detectada.
2	RD	Recepção de dados.
3	TD	Transmissão de dados.
4	DTR	Terminal de dados pronto.
5	GND	Terra.
6	DSR	Conjunto de dados pronto.
7	RTS	Pronto para enviar.
8	CTS	Enviar dados (modem).
9	RI	Indicador de telefone tocando.

A porta serial RS - 232 pode se comunicar até a velocidade máxima de 10 Kbytes/s, a codificação mais comumente usada é o "start-stop assíncrono" que utiliza um bit de início, seguido por sete ou oito bits de dados, possivelmente um bit de paridade, e 1,5 ou 2 bits de paragem sendo então necessário pelo menos 10 bits para enviar um único caractere, conforme Fig. 6. Tal fato acarreta a necessidade em dividir por um fator de dez a taxa de transmissão.

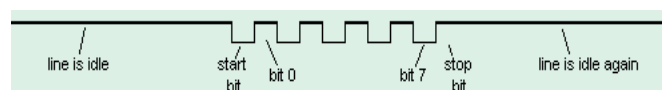


Fig. 6. Start-Stop Assíncrono [6].

A transmissão já inicia com valor lógico alto quando vai começar o envio de dados o valor lógico vai para baixo, esse é o bit de início, ou comumente conhecido como bit de start, em seguida inicia-se o envio dos bits de dados e termina-se com o valor lógico alto, bit de parada ou stop bit, e se mantém alto até que seja enviado outro bit de início para enviar outro dado, onde o ciclo é reiniciado.

VII. CIRCUITO DE ACIONAMENTO DO MOTOR DC

No circuito mostrado na Fig. 7, temos o FPGA ligado a quatro resistores de 6.8 K Ω cada um em série com um transistor da série BC548, utilizados para chavear a liberação e potencialização da corrente do circuito alimentado por uma fonte de alimentação externa de 9 v. No centro está localizado o motor DC, o qual será acionado a partir da combinação dos transistores que estiverem fechando o circuito, combinação esta que será definida a partir do conjunto de sinais emitidos pelo FPGA.

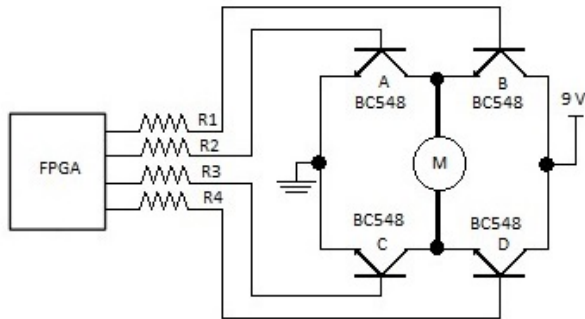


Fig. 7. Circuito Elétrico.

Esta disposição de transistores caracteriza o que é conhecido como ponte H, pelo fato de lembrar um “H”. Com isto é possível ter controle total em ambas as malhas do circuito, na Fig. 7 fazendo uma comparação dos transistores mostrados na Fig. 8, é mostrado as possíveis situações que podem ocorrer neste circuito [7]:

- Todos os transistores estarem abertos, neste caso, não haverá diferença de potencial, logo o motor estará inerte.
- Os transistores A e D estarem abertos e os B e C estarem fechando o circuito, neste caso o motor DC entrará em rotação no sentido horário.
- Os transistores B e C estarem abertos e os A e D estarem fechando o circuito, neste caso o motor DC entrará em rotação no sentido anti-horário.

Nunca devem ser acionadas duas chaves de transistores na mesma malha elétrica ou mesma “perna” de uma ponte H, sejam duas chaves superiores ou inferiores, pois isso causaria apenas um curto-circuito no sistema.

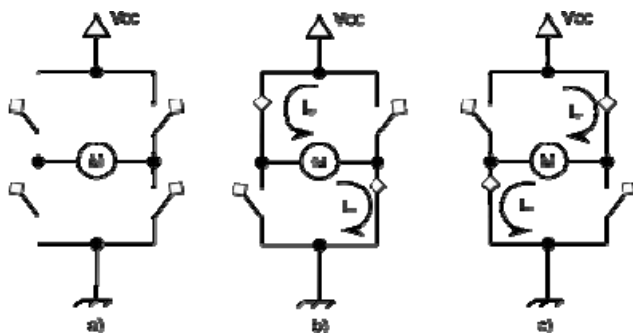


Fig. 8. Ponte H [7].

VIII. RESULTADOS E DISCURSÃO

Para o futuro estudo e análise do projeto será coletado como dados, o peso, o material e as dimensões da lona a ser utilizada, para isso será usado uma trena métrica e uma balança, também será considerado como parte integrante dos dados a potência (W) do motor DC que será aplicado no projeto. Com esses dados em mãos será analisado qual o peso limite das lonas que cada motor, com potências diferentes, poderá suportar para fazer o acionamento das mesmas de forma que a velocidade seja a maior possível.

IX. CONCLUSÃO

O projeto tem como enfoque principal atender os pequenos, médios e grandes agricultores, os proprietários de teatro e locais semelhantes, além de auxiliar na proteção contra chuvas nas construções civis, proporcionando aos mesmos, maior conforto e praticidade no manuseio de lonas, seja na proteção contra sol e chuva ou em apresentações artísticas. Para isso, foi desenvolvido com sucesso um sistema na forma de protótipo capaz de executar o acionamento das lonas através de comandos de computador. Para melhoramento futuro, serão estudados fundamentos teóricos da física para dar maior robustez ao projeto, como por exemplo, analisar a relação potência do motor e o peso da lona, de modo que o sistema não venha a se sobrecarregar. Após esse estudo será possível aplicar os resultados de tal forma que venha a proporcionar a criação do hardware definitivo. O protótipo construído neste projeto obteve resultados satisfatórios tanto na execução da tarefa quanto a facilidade com que o usuário se identifica com suas funcionalidades. Espera-se ainda que este projeto ganhe uma versão resumida na forma de aplicativo para Android, de modo que qualquer usuário possa baixá-lo em seu aparelho celular, e usufruir deste projeto sem que precise de uma aplicação desktop para o uso de banco de dados, desta forma o sistema sofreria algumas alterações em sua estrutura, ao invés de usar um SGBD robusto como MySQL Server, passaria a se utilizar um mais simples como SQLite, e a forma de comunicação entre o aplicativo e hardware não mais seria pela porta serial, mas sim utilizando transmissão de dados via bluetooth.

REFERÊNCIAS

- [1] Federal Register / Vol. 72, No. 212 (PDF). Federal Register. Government Printing Office (Friday, November 2, 2007). Página visitada em 2008-11-06.
- [2] www.altera.com/products/fpga.html
- [3] http://www.decom.fee.unicamp.br/~cardoso/ie344b/Introducao_FP_GA_Fluxo_de_Projeto.pdf
- [4] <http://www.altera.com/products/devkits/altera/kit-cyc2-2C20N.html>
- [5] http://image.pinout.net/pinout_9_pin_files/index.php
- [6] <http://www.fpga4fun.com/SerialInterface1.html>
- [7] <http://arduinoymyself.blogspot.com.br/2012/09/ponte-h-experimentos-parte-1.html>

Sistema de Supervisão da Pressão de Tubulações do Processo de Envase de Água de Coco

Fagner do Espírito Santo Sá

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia -
IESAM
fagnermacedo@yahoo.com.br

Victor Hugo Garrido da Silva

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia -
IESAM
silvictor@gmail.com

Edmond Youssef Khaled Neto

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia -
IESAM
edmondneto@hotmail.com

Johelden Campos Bezerra

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia -
IESAM
johelden@prof.iesam-pa.edu.br

Resumo — Buscando melhorar um dos processos fabris de uma empresa, serão descritas nesse artigo as etapas para o desenvolvimento de um sistema supervisor para tubulações de ar comprimido e vapor d'água utilizando um CLP modelo Allen Bradley Micrologix 1100, a linguagem de programação LADDER através da IDE de desenvolvimento RSLogix 500, o software para a criação de um sistema de supervisão FactoryTalk SE versão 6.0, assim como um sistema de monitoramento para dispositivo móvel para a plataforma Android versão 2.3 e superiores através da IDE Eclipse e a linguagem de programação JAVA versão 7.

Palavras-chaves — LADDER, CLP, Sistema Supervisor, JAVA, FactoryTalk SE, RSLOGIX.

I. INTRODUÇÃO

O objetivo do projeto é o desenvolvimento de um sistema de supervisão de pressão de tubulações de ar comprimido e vapor d'água que são utilizados em uma empresa de envase de água de coco. Através de entrevistas com funcionário do setor produtivo e de engenharia da empresa foram identificadas as formas como a companhia faz os controles das tubulações que são utilizados nas máquinas. Verificou-se que os controles para essas tubulações são todos manuais, ou seja, existem equipamentos que medem essas pressões, mas não permitem o monitoramento na sala dos operadores das máquinas. Há um manômetro para cada uma das tubulações, e quando há algum problema, os operadores precisam verificar os manômetros, alguns acima de edificações como na imagem da Fig. 1 e outros a grandes distancias da sala de controle.

II. COMPONENTES DO PROJETO

Como são tubulações em um parque industrial e devido às condições do ambiente como temperatura, eletricidade e umidade, foi definido com o setor de manutenção e engenharia da empresa que a utilização de um CLP (*Controlador Lógico Programável*) seria mais adequado para esse tipo de ambiente. Por possuir uma grande quantidade de documentação e pela sua

fácil aquisição no mercado, foi escolhido o CLP [4] da empresa Rockwell da linha Allen Bradley, modelo ML1100, Fig. 2, e o cartucho de expansão 1762-IF4 que possui seis entradas analógicas, conforme Fig. 3.



Fig. 1 – Tubulações de ar comprimido e vapor d'água.



Fig. 2 – CLP Micrologix 1100.

O ML1100 possui 6 saídas digitais, das quais 3 serão usadas para o acionamento dos LEDs de sinalização dos níveis de pressão. Para a execução do projeto foram usadas apenas duas entradas analógicas do cartucho de expansão para a captação dos sinais dos sensores. A sinalização luminosa foi configurada da seguinte forma:

- LED verde (indicação de pressão dentro dos parâmetros de funcionamento);
- LED amarelo (indicação de pressão dentro dos parâmetros de funcionamento, mas com o valor próximo ao mínimo permitido);
- LED vermelho (indicação de pressão abaixo do permitido).



Fig. 3 – Cartucho de expansão analógico.

Uma das saídas analógicas do dispositivo é usada para o alarme sonoro (sirene, indicando que a pressão está abaixo do permitido). Para o desenvolvimento dos comandos do CLP foi utilizado a linguagem de programação LADDER usando a ferramenta de programação RSLogix 500 versão 8.0 e o programa RSLinx versão 2.57 necessário para comunicação com o dispositivo através da placa de rede do computador. Através da interface de rede configurou-se a comunicação do dispositivo com um computador que irá armazenar todas as medições e gravar em um banco de dados para futuras consultas do histórico de funcionamento do sistema. As informações de pressão dentro da faixa de funcionamento serão gravadas por um determinado período de tempo a ser definido, somente as medições de pressão abaixo do mínimo configurado no *setpoint* do equipamento que serão gravadas de forma permanente. Para uma melhor integração com o sistema, definiu-se o banco de dados SQL Server 2005 Express Edition, que apresenta compatibilidade com o sistema.

O CLP foi configurado apenas para capturar as informações dos sensores, não há nenhuma configuração para acionar uma máquina quando a pressão atingir o nível mínimo de funcionamento, apenas a função de ativar os alarmes sonoros e visuais descritos anteriormente. Dessa forma foi desenvolvido um sistema de supervisório para desktop usando a ferramenta de desenvolvimento FactoryTalk Site Edition 6.0 [1]-[2] e um

sistema para dispositivo móvel através da linguagem de programação JAVA na plataforma Android 2.3 utilizada em smartphone e tablets que suportam esse sistema operacional. O sistema de supervisório ficará na sala dos operadores, conforme Fig. 4 onde poderão acompanhar as variações de pressão nas tubulações em tempo real e os supervisores irão acompanhar essas informações através de celulares conectados que atendam as configurações do aplicativo para smartphone e que esteja conectada a rede sem fio da empresa.

III – SISTEMA DE SUPERVISÓRIO

Objetivando-se gravar em banco de dados todas as variações de pressão que fiquem abaixo da pressão mínima recomendada para trabalho dos equipamentos. Essa informação será gravada junto com a data e a hora em que ocorreu a queda na pressão. O sistema de supervisão do protótipo desenvolvido trabalha da seguinte forma:



Fig. 4. Sala dos operadores

- Valores abaixo ou iguais a 2bar. Pressão crítica. Provoca a parada dos equipamentos. Deve ser ligado um alarme sonoro, sirene, e o gráfico no monitor deve ficar na cor vermelha.
- Valores maiores que 2 bar e menores ou iguais a 3bar. Pressão próxima da crítica. O monitor irá mostrar o gráfico do sistema na cor amarela.
- Valores acima de 3bar. Pressão estável. A pressão máxima é de 4bar e não afeta a operação das máquinas.

Para calibração do sistema, usou-se um manômetro com faixa de pressão de 0 a 4 bar. Na Fig. 5 pode-se observar um a tela do supervisório feita no programa FactoryTalk SE. Como dito acima, o gráfico em bar altera a cor de acordo com os valores que são obtidos dos sensores de pressão.

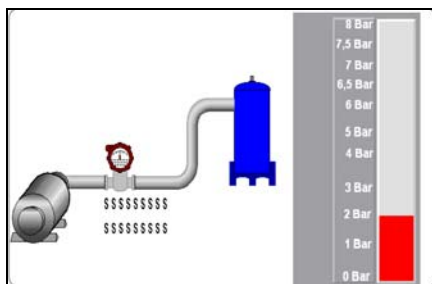


Fig. 5. Tela do sistema de supervisão.

Na Fig. 6 pode-se observar a configuração do banco de dados SQL Server 2005 Express. Para o teste com o protótipo do sistema de supervisão foi criado o banco de dados ML1100, a tabela Dados_Pressao, com os campos chave primária (valor randômico), valor pressão, valor pressão_hora e valor pressão_dia.

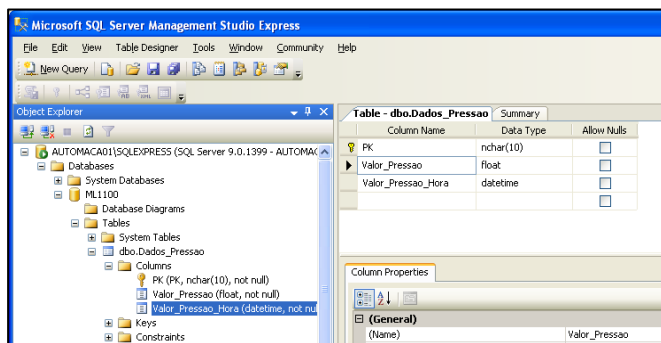


Fig. 6. Configuração banco de dados SQL 2005 Express.

Na Fig. 6 pode-se observar o protótipo montado. Utilizou-se uma chapa de ferro, 45cmx60cm, canaletas para a passagem da fiação e os componentes eletrônicos. Nota-se que há uma fonte bi volt com saída de 24V, necessária para a ligação dos sensores. Os sensores [5] utilizados são da empresa ABB, modelo ETP80. Fig 7.



Fig. 7. Protótipo montado.

IV – SISTEMA MÓVEL

O programa em Android [6] foi desenvolvido na linguagem de programação Java [7] tendo como base a *Application Programming Interface* (API) do Android 2.3.3 Gingerbread e funcionará em qualquer uma das versões superiores do Android. Esta interface são padrões de programação que permitem a construção de aplicativos e sua utilização de maneira transparente para os usuários. Funciona através da comunicação entre diversos códigos formando assim comportamentos específicos de determinados objetos em uma interface.

Para acessar o aplicativo de monitoramento através do celular, foi criada uma tela inicial de login conforme pode ser observado na Fig. 8. Esse aplicativo usa o padrão *Extensible Markup Language* (XML) com o objetivo principal de facilidade no compartilhamento de informações.

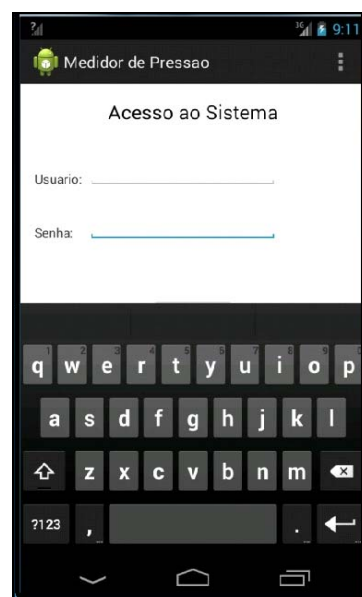


Fig. 8. Tela de login no sistema.

No aplicativo solicita-se um nome de usuário e senha para o acesso ao sistema. Caso o usuário não consiga acessar o sistema é mostrada uma tela de erro informando que o acesso não foi autorizado e que caso haja dúvida, deve-se entrar em contato com o suporte da empresa através do e-mail que irá aparecer na tela de erro. Depois de logado no sistema pode-se visualizar a tela principal conforme Fig. 9 que contem as informações de cada medição feita pelo sistema, também em XML.

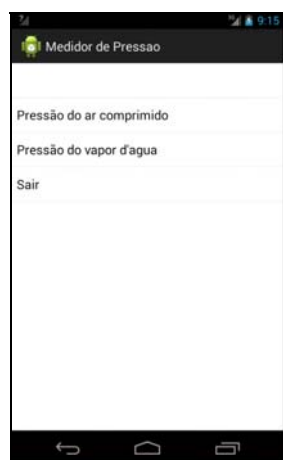


Fig. 9. Tubulações monitoradas.

Quando selecionada a opção a ser mostrada, teremos a tela de medições Fig. 10 que mostrará todas as medições de pressões feitas pelo manômetro.



Fig. 10. Valores das medições

Foi criada em linguagem Java, dentro do aplicativo “Medidor de Pressão”, uma conexão que liga o aplicativo ao Xampp, o qual trata-se de um servidor independente de plataforma, software livre, que consiste principalmente na base de dados MySQL, o servidor web Apache e os interpretadores para linguagens de script: PHP e Perl, onde temos um script em PHP que se conecta ao banco de dados MySQL que estão armazenados os dados do usuário e as medições do nosso sistema de pressão.

IV – RESULTADOS PRELIMINARES

Foram desenvolvidos os programa em LADDER para a configuração do CLP que atendesse a lógica do sistema com relação aos 3 níveis de funcionamento das pressões, normal,

acima de 3 bar, alerta, maior que 2 bar e menor ou igual a 3 bar e crítico, abaixo de 2 bar. Também foi desenvolvida uma tela de supervisão para o sistema de pressão de ar comprimido. O banco de dados foi instalado no desktop, sendo necessário a configuração do SGBD com o software FacktoryTalk. O sistema já mostra em tempo real a medição exata dos valores da pressão do sensores na tubulação do protótipo. O layout do sistema de monitoramento para o dispositivo móvel foi definido, sendo necessário configurar o equipamento para acessar o banco de dados que fica no desktop que contem as informações do CLP.

V. CONCLUSÃO

O objetivo principal do trabalho é desenvolver um protótipo que permitisse um monitoramento em tempo real de tubulações de ar comprimido e vapor d’água. Esse objetivo foi alcançado através da utilização de ferramentas de desenvolvimento especializadas para o criação de sistemas supervisórios. Para projetos posteriores recomenda-se o uso da versão profissional do aplicativo de supervisão, FactoryTalk Enterprise que já possui o aplicativo SQL Server na sua instalação e que permite uma integração melhor entre os dois programas, dessa forma, facilitando a gravação dos dados dos sensores.

REFERÊNCIAS

- [1] SYSTEM CONFIGURATION GUIDE – “FACTORY TALK ALARMAaaAND EVENTS. Disponível em: <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/ftae-rm001_-en-e.pdf>.
- [2] INSTALLATION GUIDE – “FACTORY TALK VIEW SITE aaaEDITION” Disponível em: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/viewse-in003_-en-e.pdf>.
- [3] USER GUIDE – “FACTORY TALK VIEW SITE EDITION”. Disponível em: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/aaliterature/documents/um/viewse-um006_-en-e.pdf>.
- [4] MICROLOGIX ANALOG INPUT MODULE – “INSTALLATION aaaINSTRUCTIONS”. Disponível em: <<http://www.afsenergy.com/Manuals/Website%20-%202/Control%20Panel/ALLEN%20BRADLEY%201762-IF4%20Micrologix%20Analog%20Input%20Module.pdf>>.
- [5] ETP80, “ELECTRONIC TRANSMITTER FOR PRESSURE, aaaDIFFERENTIAL PRESSURE AND LEVEL”. Disponível em: <<http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/boletim/article/download/2458/1352>>
- [6] <http://developer.android.com/develop/index.html>
- [7] DEITEL, HARVEY, “JAVA – COMO PROGRAMAR”, pp. 35-207.

Desenvolvimento Automatizado de Observação Agrícola

Augusto de Alencar da Silva

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM
augusto.de.alencar@hotmail.com

Barbara Pojo de Souza

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM
barbarapojo@hotmail.com

Resumo —Mostrar o desenvolvimento e funcionamento de um sistema de observação do solo como umidade e temperatura. Com os resultados obtidos através das observações pode-se monitorar um sistema através de um computador para que as plantas não morram e tenham uma ótima qualidade. Foi utilizado o Arduino para acompanhamento dos sensores e os resultados são demonstrados no site do software.

Palavras-chaves —Sensor, umidade, temperatura, solo, observação, plantas hidropônicas, qualidade, arduino.

I. INTRODUÇÃO

De acordo com pesquisas realizadas percebe-se que o mercado para plantas hidropônicas vem crescendo gradativamente e significativamente sendo assim, foram realizados experimentos com base nesta técnica de cultivo e notado que estas plantas necessitam de uma observação melhor e de qualidade, assim como as plantações comuns realizadas em terra, também necessitam desta observação adequada.

Para isso foi desenvolvido um sistema de observação do solo e plantas hidropônicas que utiliza dois sensores básicos para o funcionamento deste sistema que são os de temperatura e umidade do solo, com estes sensores é possível coletar dados sobre o solo, clima e água permitindo o controle e qualidade para um solo fértil, para uma água própria e neutra e para um clima adequado.

II. HIDROPONIA

A. O que é Hidroponia?

Hidroponia consiste no cultivo de planta sem recorrer diretamente ao solo. Neste tipo de cultivo, as plantas são colocadas em recipientes e recebem uma solução de água conjuntamente com os nutrientes essenciais para que se desenvolva. Uma das vantagens deste cultivo é que o espaço necessário para plantação é muito menor do que o do cultivo em solo, é muito mais saudável e a utilização de água é muito menor fazendo com que haja uma certa economia no uso da mesma sem desperdícios[1].

B. Porque monitorar o solo?

A monitoração do solo é um fator muito importante tanto para uma plantação vasta quanto para uma plantação pequena, pois, evita o desperdício de adubo e água fazendo com que as plantas cresçam saudáveis. Manter a umidade do

solo sempre perfeita é essencial para plantas que são muito sensíveis e evita que elas murchem ou apodreçam, já a temperatura é a da estufa que precisa estar agradável.



Fig. 1. Plantas Hidropônicas

III. INTRODUÇÕES GERAIS

Para desenvolver o sistema é utilizado um programa em JAVA e também um na linguagem do Arduino que é a placa microcontroladora utilizada para captar os dados dos sensores e passá-los para o computador através de uma comunicação serial permitindo que todo o sistema funcione interligado e corretamente.

A. Arduino

Arduino(Fig. 2) é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre, projetada com um microcontrolador Atmel AVR de placa única, com suporte de entrada/saída embutido, uma linguagem de programação padrão, a qual tem em Wiring, e é essencialmente C/C++[2]. O Arduino foi utilizado neste projeto para coletar os dados que vem através dos sensores e passá-los para o programa em linguagem JAVA para que seja feita a análise dos dados.



Fig. 2. Arduino

B. Sensor de Umidade

O sensor de umidade de solo tem extrema importância para o sistema, pois com ele pode-se saber se o solo precisa ou não de irrigação, ele é composto por duas hastes que são postas dentro do solo. Este sensor possui ligação para o Arduino, ou seja, ele é facilmente programável e de acordo com a faixa válida aplicada ele pode fornecer os dados corretos para o sistema de irrigação entrar em ação. O sensor pode ser demonstrado na Fig.3[3].



Fig. 3. Sensor de umidade

C. Sensor de Temperatura

O sensor de temperatura escolhido foi o Ds18B20/ Ds1820 programável por Arduino e contém três hastes de contato para fazer a ligação com a placa[4]. Este sensor auxilia o de umidade na função de verificar através de dados se há ou não a necessidade de acionar o sistema de irrigação da horta ou da estufa este sensor é o mais utilizado em estufas, pois nesses lugares a temperatura deve-se manter sempre constante para que não haja o apodrecimento e a morte das plantas e hortaliças que estão sendo cultivadas no local. Para o sistema tanto o sensor de umidade quanto o sensor de temperatura irão trabalhar juntos para manter o equilíbrio do solo e ambiente.

IV. FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

A. Comunicação Arduino e Programa em JAVA

A comunicação do arduino com o programa JAVA passa pela biblioteca RXTXcomm, onde essa tem a função de monitorar uma porta usb definida pelo programador. A biblioteca em questão habilita e monitora a entrada do sinal coletado pelo arduino dentro do programa java, ou seja, a

biblioteca apenas controla os dados enviados pelo microcontrolador quando esses chegam ao programa implementado.

O programa java ao receber os dados os armazena em um banco de dados SQL que utiliza dados para criação de relatórios.

O programa tem um interface grafica que mostra a todo o tempo a temperatura e umidade do solo. Um relógio juntamente com a data ficará na tela principal para um melhor controle do armazenamento desses dados, pois a partir da hora e dia poderá ser gerado uma pesquisa precisa sob um determinado momento.

B. Comunicação Serial

A comunicação serial liga a placa microcontroladora (Arduino) com o computador através da biblioteca Java RXTX que permite a passagem dos dados coletados através dos sensores[5]. Sendo assim possível demonstrar os resultados no programa em JAVA durante sua execução que pode ser representada simbolicamente na Fig.4.

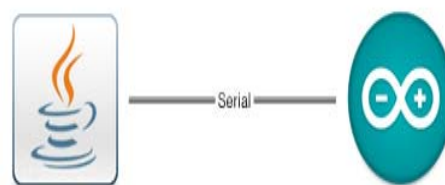


Fig. 4. Comunicação serial

C. O Programa JAVA e o Site

O programa em si mede a temperatura do ambiente no caso a estufa e a umidade do solo, na tela principal encontraram os mostradores em tempo real da coleta em questão e também é possível fazer uma busca nas coletas realizadas no passado e verificar data e hora. Com isso pode-se observar a variação dos parâmetros de umidade e temperatura caso ocorra algo com a plantação.

Para que essa pesquisa possa ser feita uma conexão entre aplicação JAVA e o banco de dados MySQL deve existir e para isso utiliza-se o MySQL-Connector que após as devidas configurações e linhas de códigos no programa permite o acesso ao banco de dados como pode ser visualizado na Fig.5[7].

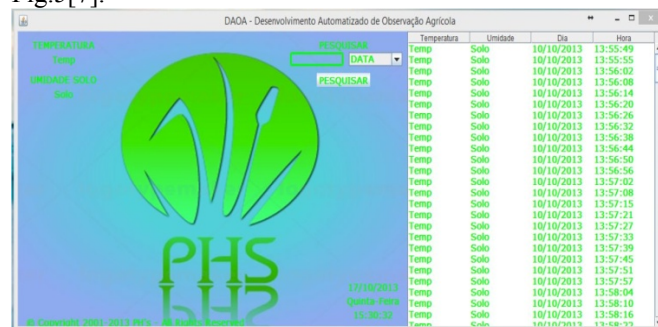


Fig. 5. Programa em Java

A apresentação desses dados e do funcionamento todo do projeto pode ser visualizada pelo cliente através do Site criado que oferece relatórios com dados da plantação para análise do usuário, todos os produtos e métodos utilizados para a fabricação do software e hardware podem ser vistos na pagina e para que isso possa ser visualizado uma conexão entre PHP e Mysql também foi realizada onde editamos as tabelas juntamente com seu usuário e senha para que apareçam as linhas de consulta quando pesquisadas. As figuras a seguir demonstram algumas sessões do site[8].



Fig. 6. Página de Informação de Contato



Fig. 7. Amostragem de Dados



Fig. 8. Página de Opções

V. OBSERVAÇÕES FINAIS

Após o sistema estar pronto como pode ser observado neste artigo científico pode-se ver que ele é de extrema utilidade na sua área de aplicação mostrando-se eficaz tendo alcançado ao fim o seu objetivo promovendo uma análise clara para o profissional e ou entendedor da área de plantio que ira utilizar dos relatórios gerados pelo sistema para tirar suas conclusões sobre o andamento do cultivo.

Ao analisar estes relatórios de modo correto as melhores decisões podem ser tiradas como irrigar ou não ou até mesmo o horário da irrigação para saber se não esta fazendo mal a planta assim como a temperatura que tem muita influencia no crescimento da planta.

REFERÊNCIAS

- [1] HIDROPONIA: CONHEÇA OS PRÓS E CONTRA NESSE TIPO DE CULTIVO. Disponível em <http://www.oeco.org.br/noticias/25959-hidroponia-conheca-os-pros-e-contras-nesse-tipo-de-cultivo>
- [2] <http://www.arduino-projetos.com.br/>
- [3] EC-5 SENSOR DE UMIDADE DO SOLO. Disponível em http://www.agrotecnologia.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=131&Itemid=164
- [4] MEDIÇÃO DE TEMPERATURA COM DS1820. Disponível em: http://www.aliatron.pt/download/Medicao_de_Temperatura_com_DS1820.pdf
- [5] http://labnet.nce.ufrj.br/cia2/?page_id=216
- [6] Cap. 2. BANCO DE DADOS E JDBC, Apostila JAVA Para Desenvolvimento Web. Disponível em <http://www.caelum.com.br/apostila-java-web/bancos-de-dados-e-jdbc/>
- [7] CONECTANDO O PHP COM BANCO DE DADOS MYSQL. Disponível em <http://imasters.com.br/artigo/272/>
- [8] L. Welling e L. Thomson *PHP E MySQL Desenvolvimento Web* / Luke Welling, Laura Thomson; tradução Edson Fumankiewicz e Adriana Kramer, - Rio de Janeiro: Elsevier, 2005 – 2ª Reimpressão.
- [9] B. A. Forouzan, *Comunicação de Dados e Redes de Computadores*/ Behrouz A. Forouzan com a colaboração de Sophia ChungFegan; tradução Ariovaldo Griesi; revisão técnica Jonas Santiago. – São Paulo : McGraw-Hill, 2008.
- [10] J. Niederauer, *Desenvolvendo Websites com PHP*, NovatecEditora, 2004.
- [11] J. Niederauer, *PHP Para quem Conhece PHP*, NovatecEditora, 2004.

Navegação de Robôs

Hallan Rafael Marques Moreira

William Silva Mamede

Wander Wilson Chaves

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
hallanrafael@get.inatel.br

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
williamsilva@gec.inatel.br

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
wander@inatel.br

Resumo— Com o objetivo de criar sistema para controle de robôs mais inteligente, foram criadas diversas soluções de software para resolução de tarefas utilizando o Kit de robótica Curumim. Programando o Curumim em linguagem C++ foi possível desenvolver softwares de controle que permitem o robô sair de qualquer labirinto, seguir uma linha preta e um controle remoto.

Palavras chave—Curumim, Navegação, robôs, sistemas micro controlados.

I. INTRODUÇÃO

O Curumim é um Kit de robótica educacional, que foi desenvolvido pela empresa Xbot. O robô é controlado por um microcontrolador MSP430, possui sensores de distância e uma câmera. O robô se comunica com um PC Windows, por meio de uma base de dados e opera em frequência de 2.4 GHz. Devido a essa descrição de hardware com diversas funcionalidades que o kit Curumim foi escolhido para ser utilizado nesta pesquisa.

Apesar de ser programado em linguagem C++, não programamos diretamente no micro controlador, foram utilizadas um conjunto de bibliotecas fornecidas pela Xbot, que permitem fazer o desenvolvimento sem a necessidade de conhecer a arquitetura do micro controlador. Também foi necessário a biblioteca OpenCV, fornecida pela INTEL, para fazer uma manipulação das imagens recebidas pela câmera.

II. ESTUDOS

Grande parte do tempo desse projeto foi gasto em pesquisas, inicialmente em linguagem C++ e nas bibliotecas, fornecidas pela empresa Xbot, que foram utilizadas para manipulação do Curumim. Posteriormente foram realizados estudos da biblioteca OpenCv 4.3, que basicamente é um conjunto de ferramentas que são utilizadas para manipulação de imagens.

A biblioteca fornecida pela Xbot, *comcurumimvc.h*, possui um conjunto de comandos que tem como objetivo facilitar a programação do robô, sem a necessidade de conhecer a arquitetura interna do seu micro controlador, sendo apenas necessário o entendimento de funções criadas que fazem todo o tratamento necessário para comunicar com micro controlador. A seguir serão apresentados de forma clara os comandos fornecidos pela biblioteca *comcurumimvc.h*:

Move: O comando move faz o robô andar com os motores da frente e/ou o motor traseiro. A assinatura de seu método é: `move (<endRobo>, <endRbase>, <distDiant>, <distTras>, <velocidade>)`.

Rotate: O comando rotate possibilita ao robô rotacionar para sua esquerda ou direita. A assinatura de seu método é: `rotate(<endRobo>, <endRbase>, <graus>, <velocidade>)`.

Turn: O comando turn permite a manipulação dos três motores em separado, ou seja, é possível controlar se deseja usar determinado motor e que valores seus parâmetros devem assumir. A assinatura do método é: `turn(<endRobo>, <endRbase>, <distMEsq>, <distMDir>, <distMTras>, <velMEsq>, <velMDir>, <velMTras>)`.

Sensors: Sensors é um comando referente aos sensores, que não tem a função de enviar uma ordem de movimento, mas sim uma solicitação da situação constatada pelo sensor que foi escolhido. Sua assinatura é a seguinte: `sensors(<endRobo>, <endRbase>, <sensor>, <distBase>)`.

Cada parâmetro pode ser descrito por:

`<endRobo>`: endereço do robô (inteiro 8 bits sem sinal);

`<endRbase>`: endereço do rádio base (inteiro 8 bits sem sinal);

`<distDiant>`: distância a ser percorrida pelos dois motores dianteiros, em milímetros. Acrescentando sinal negativo, o robô irá para trás (inteiro);

`<distTras>`: distância a ser percorrida pelo motor traseiro, em milímetros. Acrescentando sinal negativo, o robô irá para esquerda (inteiro);

`<velocidade>`: velocidade a ser assumida pelo(s) motor(es) que é(são) utilizado(s), em rpm. Os valores utilizados na programação em blocos são: 100, 200 e 300 (inteiro). Tem como retorno 1 se conseguiu realizar o movimento com sucesso e zero, caso contrário. Esse comando gera o movimento do bloco Andar Reto (inteiro).

<graus>: quantos graus o robô deve girar. Acrescente sinal negativo, caso queira que o robô rotacione para direita. Os valores utilizados na programação em blocos são de 12 graus até 95 graus por questões de precisão do movimento por parte do robô (inteiro);

<sensor>: refere-se ao sensor (0 -- frontal direito, 1 -- frontal esquerdo, 2 -- traseiro esquerdo, 3 -- traseiro direito ou 4 -- frontal) do qual deseja-se saber a informação de presença ou não de obstáculo (inteiro);

<distMEsq>: distância a ser percorrida pelo motor dianteiro esquerdo, em milímetros. Acrescente sinal negativo, caso queira que o robô vá para trás (inteiro);

<distMDir>: distância a ser percorrida pelo motor dianteiro direito, em milímetros. Acrescente sinal negativo, caso queira que o robô vá para trás (inteiro);

<distTras>: distância a ser percorrida pelo motor traseiro, em milímetros. Acrescente sinal negativo, caso queira que o robô vá para esquerda (inteiro);

<velMEsq>: velocidade a ser assumida pelo motor dianteiro esquerdo, em rpm. Os valores utilizados na programação em blocos são 100, 200 e 300. Se você pretende que o movimento seja para trás, deve acrescentar o sinal negativo no valor da velocidade (inteiro);

<velMDir>: velocidade a ser assumida pelo motor dianteiro direito, em rpm. Os valores utilizados na programação em blocos são 100, 200 e 300. Se você pretende que o movimento seja para trás, deve acrescentar o sinal negativo no valor da velocidade (inteiro);

<velMTras>: velocidade a ser assumida pelo motor traseiro, em rpm. Os valores 47 utilizados na programação em blocos são 100, 200 e 300. Se você pretende que o movimento seja para a esquerda, deve acrescentar o sinal negativo no valor da velocidade (inteiro).

Realizando o estudo no Kit Curumim encontramos uma forma de programar o robô além da programação em C++, uma linguagem em blocos, mais intuitiva e fácil para quem não tem conhecimentos de programação, porém menos completa, impossibilitando com que algumas tarefas mais complexas fossem realizadas.

A programação em blocos é formada por um conjunto de blocos que o usuário escolhe um a um para montar seu programa, o qual envia comandos para o robô para que o mesmo realize as ações planejadas.

Existem diversos tipos de blocos organizados em delimitadores, de movimentação e condicionais. Os delimitadores são blocos exclusivamente usados para delimitar o início e o término de um programa em blocos. Os de movimentação são os que possuem algum comando de ação para o robô e os condicionais são os que fazem a verificação de certa condição para determinar se outros blocos

a eles submetidos serão avaliados e executados ou se serão desconsiderados.

O software Curumim ainda possui um “tradutor” de blocos para C/C++. A cada bloco incluído em seu programa existe um trecho de código equivalente que vai construindo o programa em C/C++ respectivo, porém o programa criado não é otimizado, ocasionado muitas vezes não na melhor opção de resolução de uma tarefa.

III. DESENVOLVIMENTO

De início no projeto foi necessário um entendimento da plataforma que seria utilizada ao longo do projeto, com isso foi necessário um desprendimento de tempo consideravelmente grande para estudos e resolução de problemas encontrados.

Foram encontrados uma série de problemas com a compatibilidade do curumim com o MS Visual Studio 2008 x64, que foi a IDE utilizada ao longo do projeto. Para ser utilizada essa IDE é necessário seguir os dois passos:

1º- Adicionar ao sistema operacional as seguintes DLLs, msvcpl100d e msver100d.

2º- Efetuar download do Microsoft Visual C++ 2008 Redistributable Package, no site da Microsoft.

A conexão do curumim com o computador é realizado através de dois terminais, sendo eles a Radio Base e o Transceiver.

A Rádio Base é um periférico essencial para que a comunicação entre os softwares de controle e o robô seja estabelecida. É um rádio wireless que trabalha na frequência de 2.4Ghz digitais e possui dois LEDs de indicação que informa quando ocorre o envio e o recebimento de informações. Para ligação do rádio base deve-se conectar uma das pontas do cabo no rádio base e a outra no computador. O curumim possui dois transceivers, um localizado no robô e outro no rádio base, e é responsável pela troca de informação entre a placa mãe da unidade móvel e o rádio base conectado ao PC. Por meio deste chega os comandos do operador que é enviado ao rádio base conectado no PC.

IV. RESOLUÇÃO DE DESAFIOS

A. Melhor maneira de sair de qualquer labirinto:

Após uma discussão sobre a melhor forma de desenvolver um software que torne o robô capaz de sair de qualquer labirinto, tivemos a ideia de fazer utilizando a regra da mão esquerda, com ele só é preciso caminhar apoiando constantemente uma mão em uma parede e avançar sem perder o contato.

Desse modo garantimos que o robô vai sair do labirinto, porém não garantimos que seja no menor tempo.

Para fazer um efeito parecido como o de apoiar a mão esquerda na parede utilizou-se sensores infravermelhos, um na lateral do curumim e outro na frente, de forma que o robô sempre deva andar a uma distância de 200 mm da parede direita do labirinto, para isso desenvolvemos um algoritmo que contém um loop, e dentro desse loop verificamos se a distância no sensor frontal é menor que 200mm, se for menor o robô irá virar 90° para esquerda, depois verificamos se a

distancia do sensor lateral é maior ou menor de 200mm, se a distância for menor o robô vira para esquerda, se for maior vira para a direita.

```
void labirinto(ComCurumim *curumim){
while(true)//loop infinito
if(curumim->sensors(curumim->getTarget(),curumim-
>getSource(),4,200)!=1)//se a distancia for menor que 120mm
{
if(curumim->sensors(curumim->getTarget(),curumim-
>getSource(),0,140)!=1)//se a distancia do sensor 0 for
maior que 140mm
curumim->turn(curumim->getTarget(),curumim-
>getSource(),10,0,50,200,0,-200);//vira para direita
else//senao
curumim->turn(curumim->getTarget(),curumim-
>getSource(),0,10,50,0,200,200);//vira para esquerda
curumim->turn(curumim->getTarget(),curumim-
>getSource(),30,30,0,800,800,0);//anda para frente
}
else//se a distancia do sensor 4 for menor que 120
curumim->turn(curumim->getTarget(),curumim-
>getSource(),0,30,50,0,200,200);//vira para esquerda
}
```

B. Controle Remoto

O tipo de controle utilizado é muito importante na navegação de robôs, se ele é totalmente autônomo ou se ele é controlado por um ser humano. Foi desenvolvido um sistema que permita o usuário controlar remotamente o robô.

Desenvolvemos uma interface entre o usuário e o PC para facilitar o envio de comandos para o Curumim. A comunicação entre o robô e o PC é feito por meio do transceiver localizado no robô e a radio base conectada por USB ao PC.

Para estabelecer a comunicação entre o computador e o curumim devemos instanciar um ponteiro do tipo ComCurumim (que é uma struct fornecida pela Xbot que contem os parâmetros setSource e setTarget) com a porta de comunicação que devemos usar (porta serial), o parâmetro setSource recebe o endereço MAC do Transceiver localizado no computador, e o parâmetro setTarget recebe o endereço MAC do Transceiver do Curumim. Recebemos entradas do teclado e armazenamos em variável, para isso utilizamos a biblioteca conio.h, e fizemos uma serie de condições para verificar qual sentido o robô deve tomar dependendo da entrada no teclado/joystick fornecido pelo usuário. A seguinte função que controla qual sentido deve ser tomada pelo robô:

```
void controle(ComCurumim *curumim){
int op=0;//para testar o while
int teclado;//vai pegar a opcao selecionada pelo user
cout<<"^-Frente"<<endl;
cout<<"v-Traz"<<endl;
cout<<"<-esquerda"<<endl;
cout<<">-direita"<<endl;
//opcoes
teclado = getch();//pega o valor do teclado
while(op!=1){
teclado = getch();
switch(teclado){
case ACIMA:
curumim->turn(curumim->getTarget(),curumim-
>getSource(),50,50,0,300,300,10);
break;
case ABAIXO:
curumim->turn(curumim->getTarget(),curumim-
>getSource(),50,50,0,-300,-300,0);
break;
case ESQUERDA:
curumim->turn(curumim->getTarget(),curumim-
>getSource(),0,50,0,0,300,0);
break;
}
```

```
case DIREITA:
curumim->turn(curumim->getTarget(),curumim-
>getSource(),50,0,0,300,0,0);
break;
case 115:
op=1;//sai do loop
break;
}
```

A explicação do código acima é simplesmente explicada da seguinte forma, se o usuário clicar no botão “ seta para cima”, o robô ira se movimentar para frente, se o botão pressionado for o “seta para esquerda”, o robô faz uma curva para esquerda, e assim por diante.

C. Seguir qualquer linha

Uma forma de fazer um robô se mover autonomamente é fazê-lo se orientar por meio de algum estímulo do meio, nesse caso utilizamos como estímulo a imagem. O robô possui uma câmera com resolução de 380 linhas, que transmite imagens por wireless e trabalha na frequência de 1.2 GHz analógicos, e a partir dessa imagem gerada foi desenvolvido um software que permite o robô se orientar por uma linha.



Figura 1 - Câmera wireless e receptor

Porem o receptor utilizado não é reconhecido no Windows como sendo um dispositivo de vídeo, dessa forma não é possível capturar a imagem diretamente pela biblioteca OpenCV, sendo necessário a utilização de dois programas externos para capturar essa imagem.

O primeiro programa é o VentGuard. Esse software é capaz de capturar a imagem gerada, e mostra em tempo real no monitor, porem não possui a funcionalidade de armazenar imagens em formato BMP a um intervalo de tempo, para isso utilizamos um software que tira uma screenshot da tela em um intervalo de aproximadamente 1 segundo. Então primeiramente é aberto o programa VentGuard em modo tela cheia, e logo em seguida se abre o software que captura imagem de tela automaticamente

Devido a esse problema encontrado na câmera do robô, a tarefa de seguir qualquer linha saiu prejudicada, já que a imagem é captada com um intervalo de 1 segundo, ocasionado algumas vezes um crash na aplicação desenvolvida, já que o delay do software de print screen não é preciso, não ficando totalmente em compasso com a aplicação desenvolvida, ocasionando uma tentativa de leitura de um arquivo BMP que ainda não foi escrito no disco.

A parte de processamento da imagem foi feito da seguinte forma, primeiramente foi criada um ponteiro do tipo IplImage, que basicamente aponta para a posição da memoria onde se

encontra a imagem. Em seguida carregamos a imagem desejada, utilizando o comando `cvLoadImage`, que tem como parâmetros o caminho no disco da imagem e se deseja capturar a imagem com cor ou sem cor.

A solução adotada para esse desafio tem como base o conceito de matriz, onde essa matriz possui o número de linhas igual ao número de linhas de pixels da imagem, e o número de colunas como o número de colunas pixels da imagem, ou seja, essa matriz irá depender diretamente da resolução da imagem capturada. O conteúdo dessa matriz é preenchido com o valor RGB de cada pixel da imagem. Ponteiros do tipo `IplImage` não possibilitam trabalhar diretamente nos pixels das imagens, sendo assim é necessário efetuar uma conversão para o tipo `CvMat`, com o comando `cvGetMat`, que tem como parâmetros a variável `CvMat` e o conteúdo de onde a `IplImage` aponta. Para completar o vetor foi utilizada uma estrutura de repetição que percorre cada posição do vetor completando-o com cada valor RGB de cada pixel de um ponto central da imagem.

```
for( j ; j < mat->cols; j++ )
{
    CvScalar scal = cvGet2D( mat, i, j );
    vector[j] = (scal.val[0] + scal.val[1] +scal.val[2])/3;
    cont++;
}
```

A variável *scal* recebe o valor RGB de cada pixel da linha *i* e coluna *j*. O valor de *i* é um valor central da imagem sendo a parte inteira da divisão do número de linhas por dois. Como quanto maior o valor RGB mais claro o pixel, e quanto mais próximo de zero mais escura a imagem, então calculamos o número de pixels mais claros até a metade do número de colunas, e número de pixels claros na outra metade da imagem. Se a quantidade for muito próxima, quer dizer que o robô está em linha reta e deve seguir em frente, se o número de pixels for maior no lado esquerdo, o robô está em uma curva para direita e deve efetuar a curva, se o número de pixels é maior na direita, existe uma curva a esquerda e deve ser realizada.

V. CONCLUSÃO

Os softwares desenvolvidos para proporcionaram ao robô uma mobilidade mais autônoma.

A partir das soluções apresentadas pode-se dar início a outras pesquisas que tenham como foco o aprimoramento

das funções desenvolvidas. Limitações de hardware impediram com que os sistemas desenvolvidos fossem mais robustos.

A arquitetura física do Curumim, principalmente sua aerodinâmica, seu peso elevado e as rodas omnidirecionais causam um movimento impreciso, ocasionando muitas vezes em curvas não planejadas e distâncias calculadas para serem percorridas não serem cumpridas. Os algoritmos desenvolvidos estão totalmente otimizados, restando apenas melhorias de hardware a serem desenvolvidas para proporcionar uma melhor execução do software, o que foge do escopo do projeto.

A utilização da câmera wireless do Curumim foi o que mais desprende tempo do projeto, já que seu funcionamento não é correto como já foi dito ao longo do projeto. Devido a essa falha encontrada não possível executar com exatidão a tarefa proposta, ficando para posteriores estudos a utilização de outra câmera, que possa vir a possibilitar uma melhor solução para o problema de se orientar por qualquer linha.

Os conhecimentos adquiridos na biblioteca OpenCv irá ajudar muito no estudo de futuros projetos, já que ela abrange uma infinidade de ferramentas de manipulação de imagens, ocasionando assim um despendimento de tempo menor em trabalhos futuros devido a familiarização com os recursos oferecidos por essa biblioteca.

VI. REFERÊNCIAS

- [1] USATEQUI, José Maria Angulo. Robótica Prática – Tecnología y Aplicaciones. Paraninfo S.A. Madrid, 1986.
- [2] MILER SCATENA, Jean. Implementação de mapas topológicos para navegação de robôs móveis baseada em computação reconfigurável. São Carlos/SP, 2003. 111f. Tese de Mestrado (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo.
- [3] AMANCIO, Rafael Assis; SILVA, Jadenilson Carvalho da; NUNES, Elaine C. Técnicas de navegação aplicadas em robótica. Santa Rita do Sapucaí, 2010. 39p. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia da Computação – Instituto Nacional de Telecomunicações – INATEL.
- [4] Azevedo, Eduardo. Computação gráfica. 2003.
- [5] Bradski, Gary e Kaehler, Adrian; Learning OpenCV, 2008. 1ª edição.
- [6] SOS Matemática – [Acesso em 16 de abril de 2013] <http://sosmatematica.com.sapo.pt/mundomatematico/labirintos.htm>
- [7] OpenCv – [Acesso em 19 de junho de 2013] <http://opencv.org/>
- [8] [8]Xbot – [Acesso 1 de março de 013] <http://www.xbot.com.br>
- [9] [9] Cplusplus – [Acesso 20 de março de 2013] <http://www.cplusplus.com/>

Estudo do Sistema de monitoramento veicular por câmera IP

Enrico A. Mângia

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
enrico.arantes@gec.inatel.br

João Guilherme P. Diniz

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
joão.diniz@gec.inatel.br

Leandro S. Souza

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
leandros@inatel.br

Resumo - Neste artigo, iremos abordar assuntos referentes ao processamento e desenvolvimento do funcionamento do sistema de monitoramento veicular, anexando todos os conceitos adquiridos em nossos estudos. Trataremos desde o princípio e conceito sobre as câmeras de monitoramento por IP, seguindo os métodos de instalação, até seu aperfeiçoamento através de programas específicos que nos possibilitem a obtenção de imagens em tempo real.

Palavras chave - Ip Camera Tool, IP, DNS, Câmera IP Wireless, QuickTime Player, MDVR Veicular, MDVRV6, CMSServer Control, MDVRPlayer.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, os crimes crescem exponencialmente enquanto a nossa segurança parece estar cada vez mais comprometida. Assim, câmeras de segurança tornaram-se itens indispensáveis na proteção de pessoas, ambientes ou bens materiais.

Com base nos conhecimentos adquiridos ao longo dos estudos, poderemos realizar a implantação do projeto, além da possibilidade de analisar seu desempenho, realizar otimizações no sistema e reduzir custos.

II. PROCESSAMENTO

A. Instalação do Software e Hardware

Inicialmente será utilizado o cabo de rede, após as configurações poderemos utilizar a transmissão sem fio.

Devemos conectar o cabo de rede no seu roteador, conforme a Figura 1.



Fig 1 - Instalação do cabo de rede

Este tipo de câmera tem o seu software instalado em seu próprio hardware. O Ip Camera Tool é um software que localiza o IP de cada câmera na rede e facilita o acesso aos dados.

B. Acesso à câmera

Iniciaremos o programa Ip Camera Tool como administrador. Nesta janela aparecerão todas as câmeras instaladas na rede. A câmera por padrão encontra o IP (endereço de rede) automaticamente. Selecionando a câmera desejada, o navegador padrão iniciará e será necessário efetuar o Login e esta imagem deverá aparecer, Figura 2.



Fig 2 - Apresentação da imagem da câmera

Após a instalação da câmera, devemos entrar nos conteúdos de administração e realizar as configurações Wireless Lan.

A câmera agora está com a configuração wireless definida, Figura 3, e já podemos desconectar o cabo de rede da câmera. Eventualmente a câmera pode mudar de IP, quando desconectado o cabo, portanto devemos sempre utilizar o Ip Camera Tool, pois detectará o novo IP.

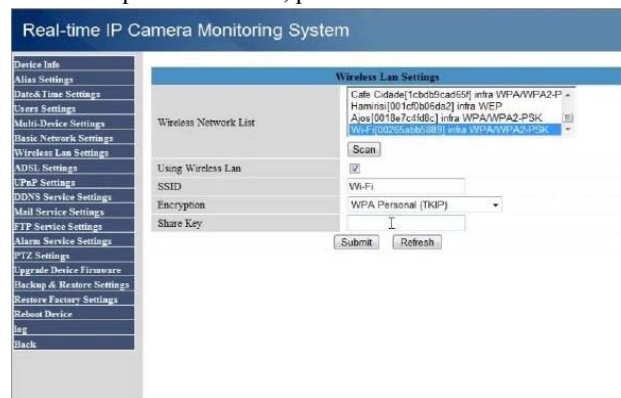


Fig 3 - Configurações da câmera

C. DNS (Domain Name System)

Em português, Sistema de Nomes de Domínio, a internet possui DNS que funciona como um sistema de tradução de endereços IP para nomes domínios. E todo site ou serviço

que está inserido na internet necessita de um endereço IP, mas mesmo que os usuários usem somente esses nomes, o computador necessita do endereço de IP e cabe ao DNS relacionar o domínio aos IPs. Cada servidor possui um endereço IP único, logo, cada domínio leva a um IP específico.

D. Criando endereço DNS para Câmera IP wireless

O DNS é necessário para todos que vão utilizar a câmera e que não possuem um endereço IP fixo e que possuem a necessidade de acessar a câmera de qualquer lugar do mundo. Neste caso, o endereço de IP que o DNS irá se modificar para um nome domínio e será o endereço da câmera.

Para criarmos um endereço DNS para a câmera IP wireless, devemos ter uma conta no site www.dyndns.com. Primeiramente, deve-se criar uma conta no site. Após isso, entramos nos serviços e adicionamos um host usando as configurações necessárias. Assim, o endereço DNS da câmera foi criado.

E. Visualização da Câmera de IP em tempo real

Com os programas da câmera de IP (IP Camera Tool) e o programa QuickTime Player instalados, devemos acessar o QuickTime e efetuar as Configurações de Transporte, abaixo na Figura 4.

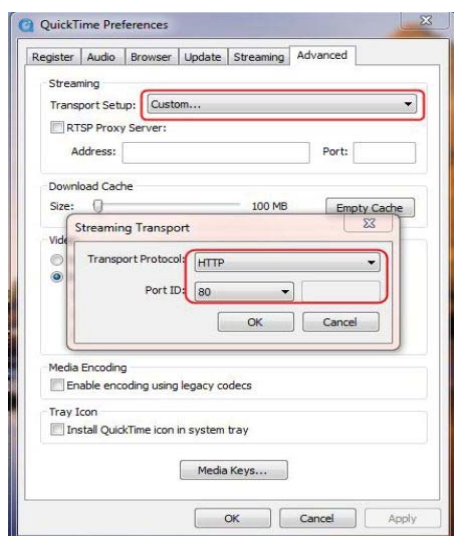


Fig 4 - Configurações QuickTime

Agora podemos entrar na câmera wireless através do Web Browser, Figura 5. Devemos permitir a execução do Plug-in QuickTime.



Fig. 5 - Câmera Wireless em tempo real

F. Sobre o MDVR

O MDVR é um dispositivo que pode ser usado para vídeo vigilância ou monitoramento remoto em veículos (carros, ônibus, veículos de logística, táxis, etc.). Ele possui uma saída para coletar sinais de vídeo dedicados às câmeras do automóvel e às transmite via host através de um cabo especial de vídeo que realiza a compressão e processamento das imagens para o acesso remoto do usuário. É possível também realizar o acionamento de um alarme pelo motorista ou pelo usuário remoto, que poderá localizar a posição do veículo através da rede 3G. A Figura 6 representa um diagrama esquemático dos modos de aplicações do MDVR.

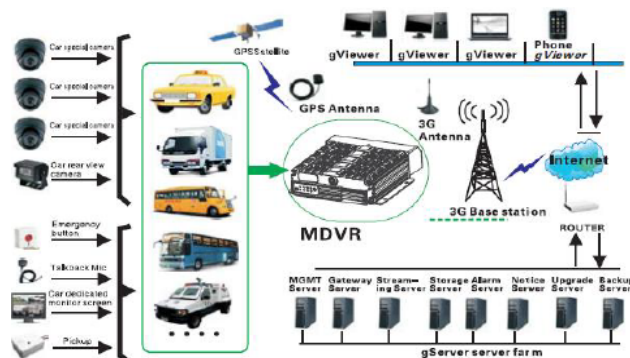


Fig. 6 – Diagrama das aplicações do MDVR.

O MDVR – Mobile Digital Video Recorder (Gravador Digital de Vídeo Móvel) possui portas I/O, conforme a Figura 7 e Figura 8.



Fig. 7 - Mobile Digital Video Recorder (Frontal).

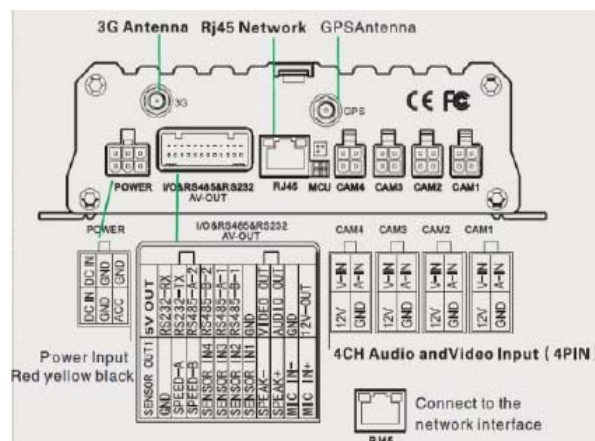


Fig. 8 - Mobile Digital Video Recorder.

G. Configuração

Devemos instalar o chip 3G e após isso, teremos que modificar algumas definições do sistema, como seu número de identificação, IP do servidor, porta de controle, configurações de rede 3G, usuário e senha.

H. Servidor de gerenciamento central (gServer)

O Servidor de Gerenciamento Central é uma Rede Sem Fio de gerenciamento centralizado e monitoramento dos veículos. Também fornece transmissão de áudio e vídeo, dados e outras informações de mídias para que os usuários executem monitoramento de vídeo em tempo real, mapas de posicionamento do GPS, armazenamento de vídeo, reprodução de gravações veiculares e rastreamento. Fig. 9.



Figura 9 – Menu gServer.

O CMS é composto por sete Servidores, ou seja:

- 1- Servidor de Login;
- 2- Servidor Gateway;
- 3- Servidor e Fluxo de Mídia;
- 4- Servidor de Gerenciamento de usuário;
- 5- Servidor de Download Automático via WIFI;
- 6- Servidor Web;
- 7- Servidor Cliente Remoto de Monitoramento;

Assim, poderíamos programar uma ou duas das sete funções listadas acima ao MDVR e ao Software, como localização por GPS, Vídeo e Alarmes.

Após estarmos no sistema, adicionaremos os dispositivos e veículos. Em seguida instalaremos o servidor gServer e realizaremos as suas configurações (Porta, Login e outros), como representados na Figura 10 e Figura 11.

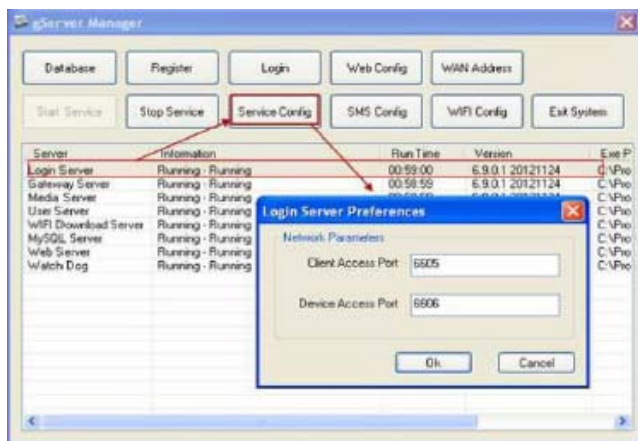


Fig 10 – Configurações de Login.

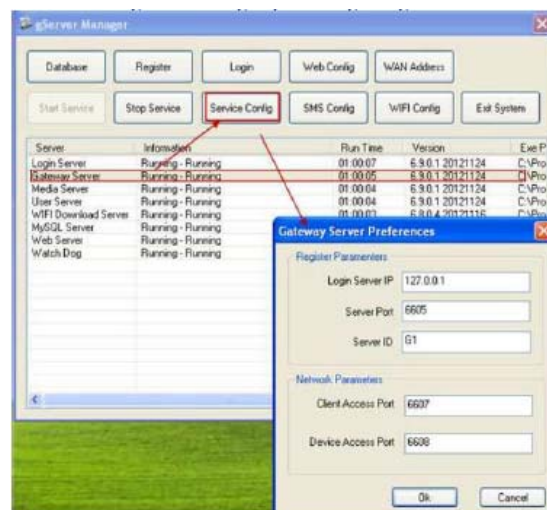


Fig 11 – Configurações de Gateway.

I. Modificando os parâmetros de configuração de rede do Servidor

Após configurarmos toda estrutura de rede, devemos alterar a rede local para rede pública que permitirá o acesso 3G. Figura 12.

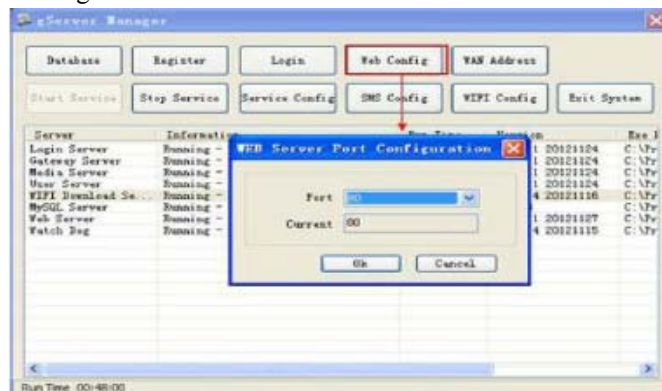


Fig 12 – Alterando a Rede.

J. Configurações do Veículo

Definiremos um número de dispositivo para veículo, como mostra a Figura 13.



Fig 13 - Informações do veículo

K. Configurações de gerenciamento de usuários

A interface de segurança e senha dos usuários é mostrada na Figura 14.



Fig 14 – Configurações de Segurança.

No sistema só terá permissão para modificar as senhas os usuários e administradores. A tela de Login mostrada na Figura 15.



Fig 15 – Login do Sistema.

L. Configurações de Rede

A Interface de configuração de rede é mostrada na Figura 16. O endereço IP e Máscara de gateway são configurações de rede LAN e não há necessidade de entrada se não usarmos os cabos de rede.

Endereço IP do servidor é o único host MDVR usado pela rede 3G para informar a plataforma do servidor central, que geralmente é um IP público fixo. Assim, deveremos configurar seu endereço IP ou então o host 3G não poderá informar a plataforma. Isto será feito em Porta de Controle, onde definiremos o número da porta do servidor gateway.



Fig 16 – Configurações de Rede.

M. Software de monitoramento (MDVRV6 ou gViewer)

Este software nos permitirá ter o acesso remoto e em tempo real ao veículo, trabalhando juntamente ao gServer, fornecendo transmissão de vídeo, áudio, dados e outras informações de mídias para que os usuários executem monitoramento do veículo.

Na Figura 17, podemos observar o seu posicionamento, data e hora, velocidade e principalmente a imagem em tempo real (canto superior esquerdo).

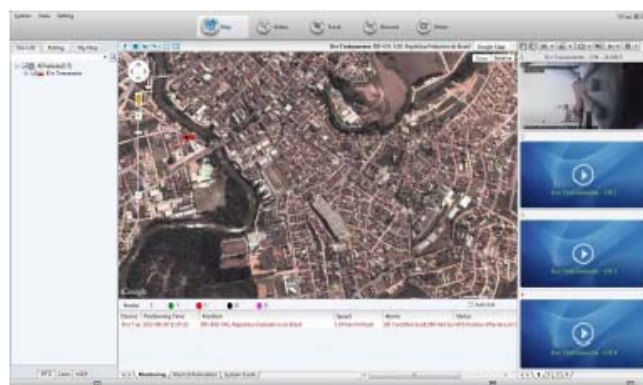


Fig 17 – Veículo rastreado em tempo real.

III. CONCLUSÃO

Com base nos estudos realizados sobre este projeto, tendo por meio, vídeos, imagens e até mesmo experiências com a empresa locais, foi possível entender perfeitamente o funcionamento, processamento e como são feitas as transmissões de imagem de uma câmera 3G.

REFERÊNCIAS

- [1] Tutorial Instalação Câmera sem fio. Disponível na Internet. URL: <http://cameraipfoccam.com.br/tutoriais>, 2012.
- [2] Tudo sobre DNS. URL: <http://www.abusar.org.br/dns.html>, 2012.
- [3] Managed DNS. Disponível na Internet. URL: <http://dyn.com/dns>, 2013.
- [4] SD Card Product Manual, Clear CFTV.
- [5] Manual de Operação do gViewer, Clear CFTV.

Medição de Vibrações Transitórias na Motricidade Humana

Adriano Maciel Alencar de Melo

Helbert Castanheira Sousa

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM
eng.adrianomelo@gmail.com

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM
eng.taus@gmail.com

João Victor Rocha Vasco

Dr. Ronaldo Oliveira dos Santos

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia – IESAM
jovito1990@hotmail.com

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM
ronaldo@prof.iesam-pa.edu.br

Resumo—Este projeto tem a finalidade de somente medir, através de um sensor piezoelétrico do tipo filme, as vibrações transitórias na motricidade humana (andar ou correr), podendo ter aplicações nas áreas da medicina e engenharia.

Palavras chave—Motricidade, Vibrações, Transitórias, Medição, Energia Limpa.

I. INTRODUÇÃO

Rotineiramente, por toda a vida, o ser humano repete os mesmos movimentos no andar, sem preocupar-se com a sua postura e muito menos percebe o emprego da força deslocada para tal. O ato de andar/correr provoca vibrações em todo o corpo. Várias forças em diversas direções contribuem ou se tornam obstáculos para a realização deste evento. A força não se perde, se transforma. Neste contexto, serão medidas as vibrações transitórias que ocorrem dos pés ao quadril.

II. REVISÃO DE LITERATURA

A. Vibrações Transitórias

O corpo humano é um sistema complexo conforme mostrado ao lado:

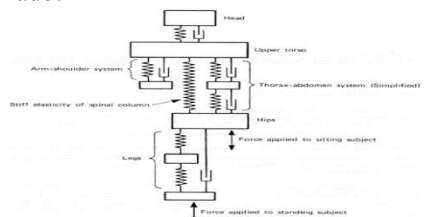


Fig. 1. Protótipo do Corpo Humano (Pesos e Molas).

O corpo humano é fisiologicamente e biologicamente muito complexo. Do ponto de vista dinâmico pode ser considerado um conjunto de elementos mecânicos lineares conectados (até 100 Hz) e elementos não lineares (acima de 100 Hz); Os elementos são: massa, rigidez (mola) e amortecimento conforme a figura [2].

Tipos de vibrações Mecânicas transmitidas ao corpo:

1. Vibrações transmitidas para todo o corpo via meio ar ou água;
2. Vibrações transmitidas para todo o corpo via apoio (de pé ou sentado);
3. Vibrações transmitidas para todo o corpo via mãos, cabeça, ... ou indireto com efeito na visão;

O efeito de Vibrações no Corpo Humano depende de:

- 1- Nível de vibração exposta;
- 2- Banda de frequência;
- 3- Direção de excitação vibratória;
- 4- Intervalo de tempo de exposição.

Efeitos causados pelas Vibrações Transitórias:

- Traumatismos na Coluna Vertebral;
- Dores Abdominais e Digestivas;
- Problemas de Equilíbrio;
- Dores na Cabeça;
- Transtornos visuais;
- Falta de Sono;

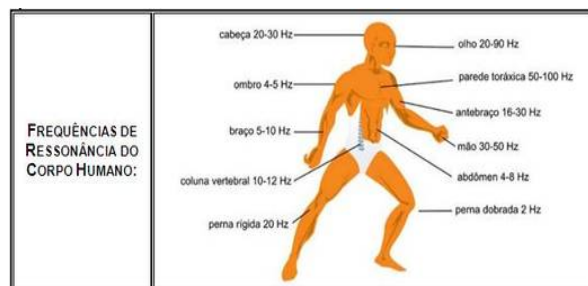


Fig. 2. Frequência de Ressonância do Corpo Humano.

B. Sensor Piezoelétrico:

Dispositivo que usa o efeito piezoelétrico para medir pressão, aceleração, tensão ou força, convertendo-os num sinal elétrico. Este tipo de sensor passivo não interfere com a carga medida. A sua corrente interna pode ser calculada pela

lei de Ohm em que a tensão é aproximadamente igual à resistência.



Fig. 3. Sensor Piezoelétrico.

Este sensor trabalha como um elemento piezo elétrico básico, é da empresa Measurement Specialties, e é frequentemente usado para medidas de flexão, toque, vibração e choque. Uma tensão é gerada quando o sensor faz o movimento de vibração. Um simples resistor deve ser usado para fazer a leitura desta tensão por um conversor ADC (por exemplo, entrada analógica do Arduino). Pode ser usado também como sensor de impacto e chave flexível.

III. METODOLOGIA

Uso do elemento piezoelétrico, medido com o multímetro, e na montagem do circuito, os resistores e jumpers.

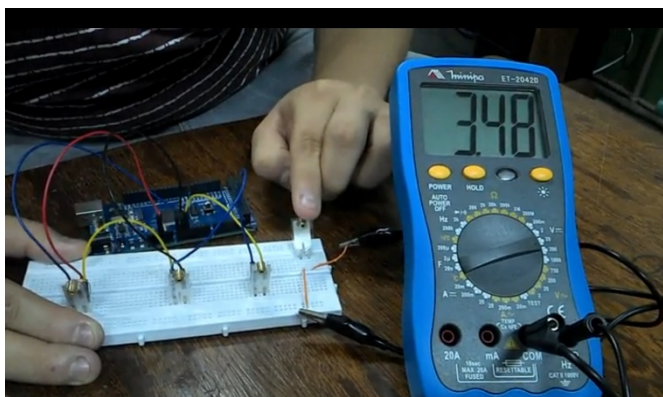


Fig. 4. Demonstrativo do Sistema.

A medição pode ser obtida através de uma pequena torção no sensor, como se observa [4], no qual depende da quantidade de sensores. Neste exemplo utilizou-se apenas um único sensor.

Foi feita a programação para o arduino enviar os dados obtidos do sensor - o arduino envia o valor de tensão para um computador, que por sua vez tem um programa em Java que cria um cadastro do paciente e relaciona as informações com os respectivos valores de tensão recebidos pelo arduino, que logo em seguida são armazenados em um banco de dados.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Criou-se um banco de dados para armazenar as vibrações que serão detectadas pelo sensor piezoelétrico e que gera uma voltagem; esta é transformada pelo arduino em binários, e um software em JAVA para ler estes binários e quantificar a medição.

V. CONCLUSÕES

O estudo desta grandeza poderá ser aproveitado tanto nas pesquisas dos danos causados pela má postura no ser humano, como na geração de “Energia Limpa” – as vibrações como produtoras de energia.

REFERÊNCIAS

- [1] Efeitos da vibração transitória no organismo dos Atletas. <http://www.efdeportes.com/efd102/vibra.htm>
- [2] Ciência da Motricidade Humana: um novo espaço para o debate das relações de gênero. <http://www.efdeportes.com/efd124/ciencia-da-motricidade-humana-um-novoespaco-para-o-debate-das-relacoes-de-genero.htm>
- [3] Sensor converte impacto da chuva em energia elétrica. http://www.bbc.co.uk/portuguese/reporterbbc/story/2008/01/080124_en-ergiachuva_np.shtml
- [4] Piso gera eletricidade na passagem de veículos e pedestres. <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=energiapiezoelétrica>

Medição de vibrações em prédios históricos ocasionadas por agentes externos

Arnaldo Junior Ferreira Pires

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia-IESAM
engarnaldojunior@hotmail.com

Bruno Lima Leão

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia-IESAM
brunolion20@gmail.com

Ássima Slebie Atar da Costa

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia-IESAM
engslebie@gmail.com

Anderson José Costa Sena

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia-IESAM
ajcsena@gmail.com

Resumo— Este artigo tem por finalidade apresentar uma abordagem importante para a sociedade que é a medição dos níveis de vibrações que ocorrem em prédios históricos ou patrimônios culturais que com o tempo tem sua estrutura degradada, e isso ocorre principalmente por causa de agentes externos (trânsito de veículos, aparelhagem de sons) que contribuem ainda mais para causar danos nas estruturas prediais. O projeto foi desenvolvido no Arduino, e foi utilizado o sensor piezoelétrico MEAS com massa para a medição do sinal dessas vibrações e um software MATLAB para realização do tratamento do sinal onde será gerado o gráfico destas medições.

Palavras chave— Sensores piezoelétricos, vibrações em prédios históricos, vibrações com MATLAB.

I. INTRODUÇÃO

Considera-se um movimento vibratório os movimentos oscilatórios de corpos e as forças que lhes são associadas. Todos os corpos dotados de massa e elasticidade são capazes de vibrar. Deste modo, a maior parte das máquinas e estruturas está sujeita a certo grau de vibração e o seu projeto requer geralmente o exame do seu comportamento oscilatório. [1]

Pouco se fala sobre os efeitos que os movimentos vibratórios causam á um determinado monumento histórico de uma cidade. Na maioria das vezes o que mais é discutido são os efeitos das estruturas que com o tempo começam a se degradar. Em uma matéria escrita no site do jornal Vanguarda da cidade de Caruaru, interior de Pernambuco no dia 29/06/2013, verificou que no Museu de Barro da cidade, patrimônio histórico da região, pode estar sofrendo problemas em sua estrutura por conta de festas que são realizadas no Parque de Eventos Luiz Gonzaga. No museu, em rápida vistoria de algumas das salas que abrigam peças do acervo artístico, foram identificadas rachaduras, e isso leva a crer que

as fissuras foram causadas pela vibração excessiva da frequência sonora emanada do palco principal. [2]

Em outra matéria citada no site O GLOBO no dia 05/03/2013, em Bangladesh, o prédio Rana Plaza (Fig. 1) desabou matando mais de 400 pessoas, onde foi detectado que a causa do desabamento aconteceu devidos aos geradores que ficavam em cima do telhado do prédio onde operavam fora das normas necessárias para não causar danos à estrutura do prédio. [3]



Fig.1. Hotel Rana Plaza destruído.

A partir das matérias apresentadas anteriormente, conclui-se que nem sempre as estruturas dos prédios podem sofrer problemas com o tempo, mas sim que as vibrações também contribuem para que o mesmo sofra ainda mais, para causar algum tipo de dano como rachaduras em torno do prédio, acelerando ainda mais o processo de degradação.

Este trabalho tem por objetivo realizar medições de vibrações em um determinado prédio histórico ocasionadas principalmente por: trânsito de carros de pequeno e grande

porte, obras próximas, poluição sonora (carros som, aparelhagens de som), etc.

A proposta deste trabalho é desenvolver uma forma de realizar a medição destas vibrações de modo que se possa acompanhar a evolução desses sinais e entender melhor a causa do dano nestas estruturas prediais, e a partir disso pensar em soluções como: readequação do trânsito em torno do prédio e a diminuição da poluição sonora, e, com isso, garantir que este patrimônio histórico venha a ser preservado por um tempo maior sem sofrer grandes problemas.

II. FERRAMENTAS UTILIZADAS

Neste projeto, para a sua realização, foram utilizados alguns materiais como: o Arduino MEGA, onde será realizado o esquema do circuito, o sensor piezoelétrico MEAS com massa, o software Arduino 1.0.5 para o uso de sua biblioteca que se comunica com o Matlab, que é o outro programa onde será desenvolvido o código que receberá os dados do sensor, e onde será feita a geração do gráfico do sinal recebido.

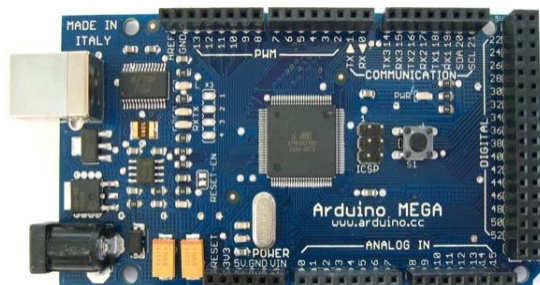
A. Arduino MEGA.

O Arduino Mega (Fig. 2) é uma plataforma de prototipagem eletrônica open-source (livre uso) fácil de usar hardware e software. É destinado a hobbistas e qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos.

Fig.2. Arduino Mega.

A.1. Hardware Arduino.

O Arduino MEGA 2560 é uma placa de microcontrolador baseado no ATmega2560. Possui 54 entradas / saídas digitais



(dos quais 15 podem ser usados como saídas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (portas seriais de hardware), a 16 MHz cristal oscilador, uma conexão USB, um conector de alimentação, um cabeçalho ICSP, e um botão de reset. [4]

A.2. Programação

A linguagem de programação do Arduino é uma implementação de Wiring que é baseada no ambiente de programação multimídia Processing, sendo eles open-source. Para utilizá-la é necessário o download deste software através do site oficial do Arduino. [5]

B. Sensor Piezoelétrico MEAS com massa.

Este sensor (Fig. 3) é utilizado para medir as variáveis de vibrações, força, impacto, flexão. Tais medições são realizadas

através da leitura da tensão gerada quando as variáveis anteriores agem sobre ele. Na sua estrutura possui uma massa, onde ela realiza o aumento da sensibilidade dos movimentos, captando vibrações mais fracas, na captação de vibrações o sensor possui uma base de sensibilidade de 200mV/g.



Fig.3. Sensor Piezoelétrico Meas com massa.

C. Matlab.

É um software de alto nível voltado para cálculo numérico, análise de dados, cálculo com matrizes, construção de gráficos e desenvolvimento de algoritmos. Ele permite solução de problemas números de maneira mais simples do que em outras linguagens de programação como C++, C, Pascal ou Fortran. Seu ambiente de trabalho é fácil de ser utilizado, pois os comandados são mais próximos da forma que escrevemos as expressões algébricas. [6]

Foi utilizado o Matlab para realizar o tratamento do sinal recebido pelo sensor MEAS. Para a comunicação do Matlab com o arduino, utilizou-se a biblioteca ArduinoIO adiosrv onde foi gravado o programa no arduino que realiza a interface com o Matlab.

Através desta interface, o algoritmo para aquisição do sinal é executado através do Matlab onde será realizada a geração do gráfico do sinal para a devida análise.

III. VISÃO GERAL DO SISTEMA

No diagrama abaixo (Fig. 4) será mostrado todo o processo que será realizado para a obtenção do resultado final.

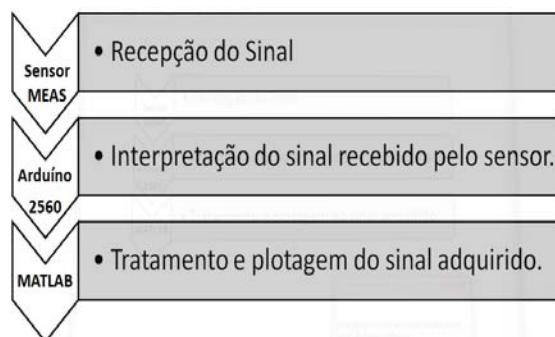


Fig.4. Representação do sistema.

O processo irá começar quando o sensor piezoelétrico receber o sinal de vibração, depois estes dados irão ser passados para o Arduino onde serão tratados a partir de um programa que está gravado nele, e após isso, será enviado ao computador onde será gerado o gráfico das medições recebidas pelo sensor.

A partir desta representação do sistema (Fig. 4), foi elaborado um circuito, onde o sensor piezoelétrico MEAS

com massa está conectado ao Arduino para a captura dos sinais de vibração.

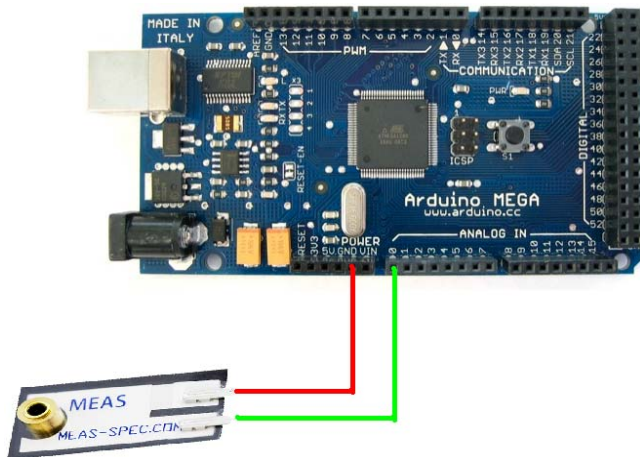


Fig.5. Montagem do circuito.

Como pode-se ver, o circuito (Fig.5) é bem simples, porque o sensor recebe somente dados de vibração referente ao agente externo. Porém o Arduino só habilitará o sensor quando o Matlab habilitar o Arduino para começar a realizar a leitura dos dados de vibração. Então foi elaborado um programa no Matlab que realiza as funções a qual o sensor irá trabalhar que, no caso, seria realizar leitura de vibração, e esta comunicação entre os dois programas (Arduino + Matlab), se dá através da biblioteca Arduino IO Adiosrv, onde nela está toda a programação referente à comunicação entre os programas. No software do Arduino, esta biblioteca é importada para o projeto principal e o código é executado, esperando que o Matlab faça a requisição para o sensor realizar a leitura.

Através do Matlab, os dados gerados pelo sensor serão transformados em unidades de vibração como aceleração (mm/s^2) e será calculado o seu valor RMS (Root Mean Square). O valor RMS medido é a mais importante medida de amplitude, pois ela mostra a média da energia contida no movimento vibratório, mostrando o potencial destrutivo da vibração. [7]

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x^2 k} \quad (1)$$

Fig.6. Formula do RMS.

O Root Mean Square (RMS) é uma função pronta que o Matlab possui, e ele foi escolhido, pois realiza o cálculo (Fig.6) em todos os valores captados pelo sensor, determinando assim um valor médio quadrático, onde é gerado um gráfico de curva de tendência (Fig.7), onde podemos verificar vários valores RMS variados de acordo com as leituras ao longo do tempo.

IV. RESULTADOS OBTIDOS

Foram obtidos resultados de vibrações em mm/s^2 e o seu valor RMS (Fig.7), onde facilitará a interpretação do gráfico para análise de riscos.

Neste gráfico, usando o software Matlab, temos os valores de vibração detectados pelo sensor, e logo abaixo destes valores, o valor médio quadrático referente aos níveis de vibração, mostrado no quadrado vermelho. Os valores estão dispostos na unidade mm/s^2 , que são as variações de vibração que são mostrados no sinal vermelho, no tempo de 1 minuto, a qual corresponde a um total de 1200 amostras, e a partir disso foi criada uma legenda para a melhor visualização do que o gráfico está mostrando.

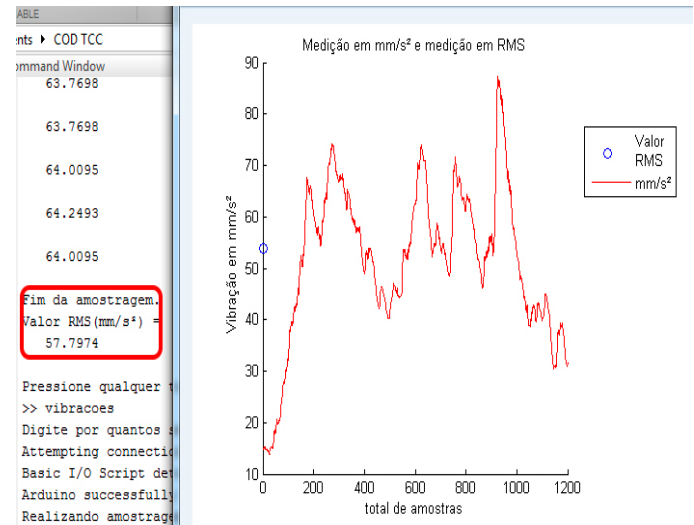


Fig.6. Gráfico de leitura das vibrações.

Estas vibrações foram captadas em frente ao IESAM, no horário de 13h00, com o trânsito praticamente fraco, e a medição foi feita durante 1 minuto, e podemos ver que nas variações mais altas do gráfico se deu pelo aumento no volume de veículos pequenos que passavam pelo local, ou quando veículos de grande porte (ônibus, caminhão, carreta) passavam em frente ao instituto, e também quando os ambos os tipos de veículos passavam ao mesmo tempo, e as variações mais baixas se deram quando o fluxo de veículos era muito fraco.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi concluído que a vibração está presente em qualquer ambiente, mais com intensidades diferentes, por este motivo deve se ter um monitoramento de tal intensidade em ambientes com grande sensibilidade como os prédios históricos para que não haja uma degradação acelerada ocasionada pelas vibrações.

REFERÊNCIAS

- [1] THOMSON, WILLIAN. **Teoria da vibração com aplicações**. Interciência, 1978, p.3.
- [2] MERIÉVERTON, ROBSON. **Patrimônio histórico sente reflexos da festa**. Disponível em: <

- <http://www.jornalvanguarda.com.br/v2/?pagina=noticias&id=13637> >.
Acesso em 20 de Setembro de 2013.
- [3] O GLOBO. **Queda de prédio em Bangladesh é atribuída à vibração de geradores.** Disponível em: < <http://oglobo.globo.com/mundo/queda-de-predio-em-bangladesh-atribuida-vibracao-de-geradores-8284297> >.
Acesso em 19 de Setembro de 2013.
- [4] BANZI, MASSIMO. **Arduino Mega 2560.** Disponível em:
<<http://www.arduino.cc/>>. Acesso em 19 de Setembro de 2013.
- [5] BANZI, MASSIMO. **What Arduino can do.** Disponível em: <
<http://arduino.cc/>>. Acesso em 20 de Setembro de 2013.
- [6] TONINI, ADRIANA. SCHETTINO, DANIELA. **MATLAB para Engenharia.** Disponível em: <
http://ifgjatai.webcindario.com/MatLab_para_Engenharia.pdf>. Acesso em 20 de Setembro de 2013.
- [7] NATURESA, JIM. GONÇALVES, LEONARDO. **Acelerômetros e vibrações.** Disponível em:
<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAFP8AF/acelerometros-vibracoes>>. Acesso em 20 de Setembro de 2013

Sistema de Controle de Fluxo de Carros e Disponibilidade de Vagas de Garagem Para Condomínios

Flávia Pessoa Monteiro

Gabriel Vianna Soares Rocha

Johelden Campos Bezerra

Instituto de Estudos Superiores da
Amazônia - IESAM
flaviamonteiro.comp@gmail.com

Instituto de Estudos Superiores
da Amazônia – IESAM
gabriel.viannasr@hotmail.com

Instituto de Estudos Superiores
da Amazônia - IESAM
johelden@gmail.com

Resumo—Este projeto visa diminuir o numero de casos de ocorrência de conflito entre inquilinos de um condomínio sobre vagas de garagem, aumentar a segurança no controle de fluxo de carros na entrada e saída do condomínio e a disponibilização de vagas para estacionar de cada inquilino.

Palavras chave— Garagem, Controle de Fluxo, RFID.

I. INTRODUÇÃO

Segurança, comodidade e conforto são vantagens importantes para as pessoas que moram em condomínios. Por outro lado, é cada vez mais difícil garantir a boa convivência entre os inquilinos, diante de tantos conflitos; e um dos assuntos que causam muito desentendimento é a garagem. Fatores como quantidade de vagas, famílias com um número maior de carros, a falta de segurança nos arredores do condomínio, a valorização do automóvel e a falta do bom senso então entre as causas de tantas discussões sobre este assunto. Atualmente existem diversas regulamentações e leis que auxiliam na solução deste conflito [1]. Mas, antes que casos desse tipo cheguem à mesa de advogados e juízes, é importante que o síndico e os moradores consigam encontrar uma solução harmoniosa para ambas as partes conflitantes, através do uso do bom senso ou de métodos eficazes de controle das vagas de garagem. Este projeto propõe a implantação de um sistema de controle de fluxo de carros e o gerenciamento da disponibilização de vagas de garagem respeitando os parâmetros da política interna do condomínio quanto ao estacionamento. O estudo de caso foi realizado no condomínio RealSeasons com a implantação efetiva do sistema.

II. SISTEMA

O sistema possui dois módulos de gerenciamento dos setores de administração e portaria do condomínio. Agregado ao módulo da portaria usa-se um circuito de controle de fluxo

de carros controlado por um Arduino e um sistema RFID, conforme Fig. 1.

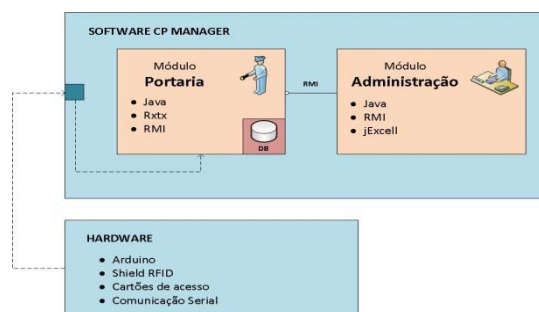


Fig. 1. Visão do Sistema

III. AQUISIÇÃO DE DADOS

Os seguintes componentes são utilizados pelo sistema para aquisição dos dados de entrada:

A. RFID MFRC522

O RFID (Radio-Frequency Identification) é uma tecnologia de identificação automática através de um sinal de radiofrequência. Os sistemas RFID são compostos por um leitor (Reader) contendo uma antena e um transceptor e o transponder (Tag). A antena do leitor transmite um sinal de rádio em diversos sentidos no espaço, o seu alcance irá depender da potência de saída e a frequência de onda utilizada. Quando a Tag entrar no campo eletromagnético produzido, a mesma transmite os dados armazenados ao transceptor do leitor decodifica-os para enviar as informações para outro sistema externo de processamento. O protótipo utiliza a tecnologia MIFARE de cartões inteligentes de RFID, conforme Fig. 2. Gera-se um sinal de alta frequência – HF (13,56 Mhz) e a Tag é do tipo passiva, ou seja, somente energizada na presença do campo eletromagnético do leitor. O envio de dados para o computador é serial através da interface USB do Arduino.



Fig. 2. Sistema RFID MIFARE MFRC522.

B. ARDUÍNO UNO

Arduíno Uno, Fig. 3, é uma plataforma eletrônica aberta didática composta por uma linguagem de programação, um ambiente de desenvolvimento (IDE) e um microcontrolador Atmel AVR de placa única. É amplamente utilizado em projetos de prototipagem, implementação ou emulação de sistemas de controles interativos em qualquer nível e campo de atuação. Podem ser autônomos ou associados a uma infinidade de sistemas eletrônicos. Atualmente, já está bastante difundindo na internet uma grande quantidade de material de apoio para desenvolvimento na plataforma. O protótipo utiliza um Arduíno Uno que oferece a vantagem de atender todas as especificações do projeto a um baixo custo.



Fig. 3. Arduíno Uno.

IV. SOFTWARE

Para este projeto foi utilizado um conjunto de softwares livres, como sistema operacional uma distribuição Linux, o Ubuntu, como Sistema de Gerenciamento de Bancos de Dados Relacionais o PostgreSQL Server 9.1, como plataforma de desenvolvimento foi utilizado o Netbeans 7.3.1 e como linguagem de programação foi utilizado o Java, e para consulta ao banco de dados foi utilizado o PgAdmin III, para a modelagem do banco de dados e modelagem da aplicação foi utilizado o Office Visio.

Entre o Arduíno e o banco de dados encontra-se um programa de gerenciamento que é responsável por receber os dados do Arduíno, tratá-los e então enviá-los para o banco de dados para armazenamento, este programa usa uma abordagem de *Multithreads*. A comunicação serial com o Arduíno é feita por meio da biblioteca RX TX e a comunicação com o banco de dados é feita através de uma API específica do Java para esse fim, a JDBC. O banco de dados é constituído de quatro tabelas, conforme Fig. 4. As funcionalidades de cada módulo são:

1. Módulo de Administração:

1.1. Geração de Relatórios;

- 1.2. Cadastro de Funcionários;
- 1.3. Cadastro de Proprietários;
- 1.4. Cadastro de Vagas;
- 1.5. Aluguel de Vagas;
- 1.6. Compras de vagas;
- 1.7. Importação de proprietários através de planilha;
- 1.8. Resultados (Pesquisa de Proprietários);
2. Módulo da Portaria:
 - 2.1. Cadastro de Visitantes
 - 2.2. Cadastro de Controles e Veículos
 - 2.3. Configuração Serial
 - 2.4. Configuração de Servidor

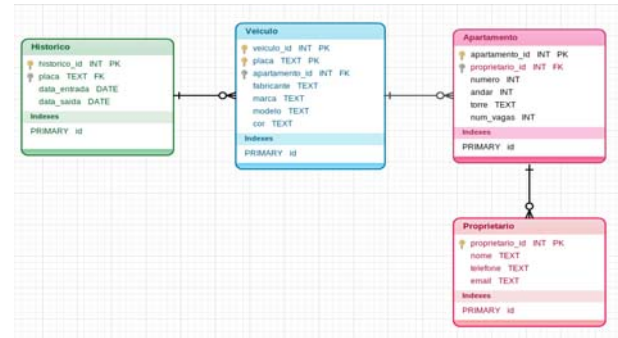


Fig. 4. Diagrama do Banco de Dados.

A Fig. 5 e Fig. 6 contêm diagramas com as funcionalidades de cada módulo do software de gerenciamento.

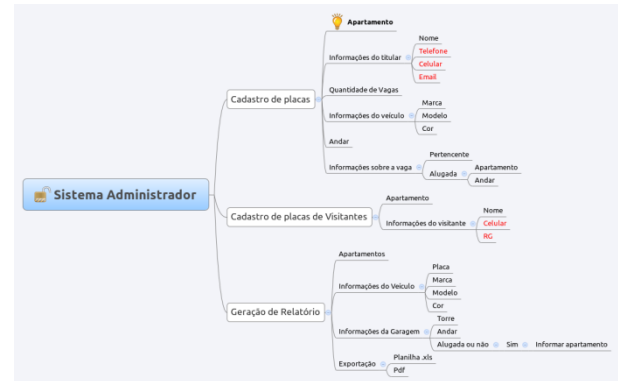


Fig. 5. Diagrama do módulo de administração.



Fig. 6. Diagrama do módulo da portaria.

Os diagramas de caso de uso do funcionamento do software de gerenciamento estão descritos nas Fig. 7 à Fig. 9.

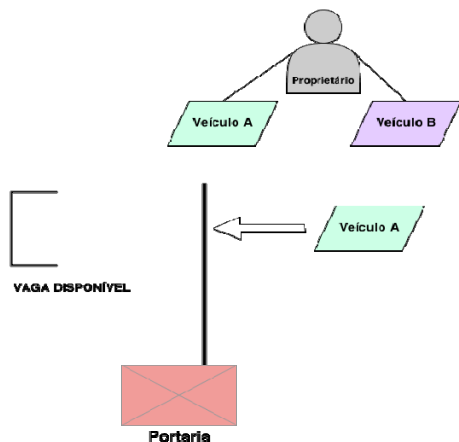


Fig. 7. Caso de Uso - Portaria.

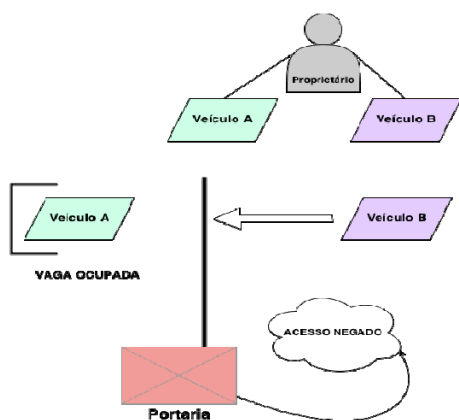


Fig. 8. Caso de Uso 2.

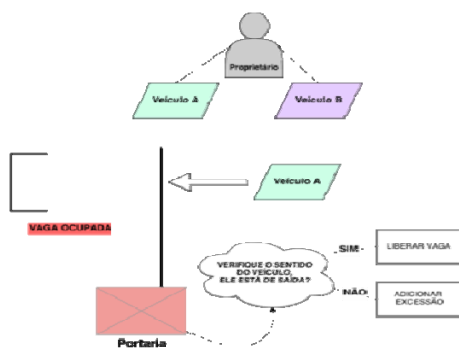


Fig. 9. Caso de Uso 3.

V. RESULTADOS

O circuito está em pleno funcionamento e a comunicação com o software está estável e as suas funcionalidades em operação. (Fig. 10 – Fig. 18).



Fig. 10. RFID.

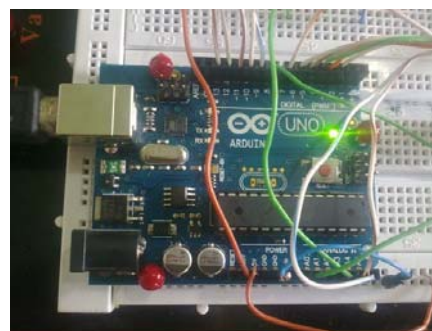


Fig.11. Arduino.

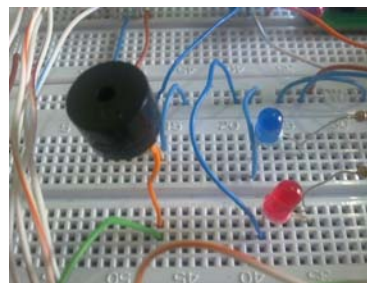


Fig. 12. Alarme sonoro e visual.

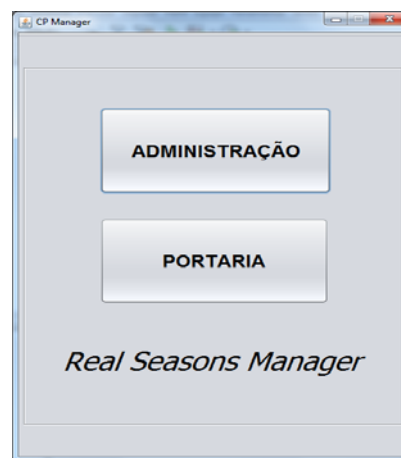


Fig. 13. Tela inicial do programa.

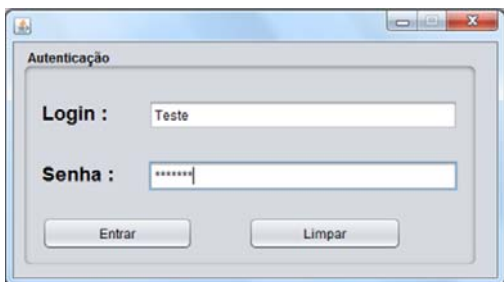


Fig. 14. Tela de autenticação.



Fig. 15. Tela de configuração.



Fig. 16. Tela principal do módulo de Portaria.

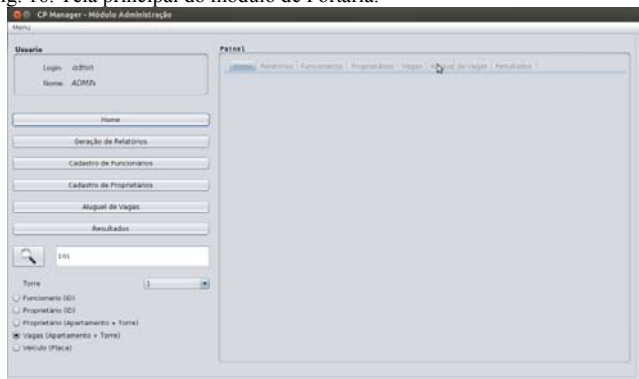


Fig. 17. Tela principal do módulo de Administração.

ID	Identificação	Torre	Apartamento	Nome Proprietário	RG Visitante	Nome Visitante	Placa Veículo	Data	Horário	Entrada	Saida	Exatidão	ID Funcionário	Funcionário
1	1	2	2	Flavia Monteiro	-	-	JTA-2345	2013-10-04	11:01:44	X	-	-	5	ADMIN
2	1	2	2	Flavia Monteiro	-	-	JTA-2345	2013-10-04	11:01:44	-	X	-	5	ADMIN
3	1	2	2	Flavia Monteiro	525655	Marcelo Andrade	PTH-2012	2013-11-04	19:35:43	X	-	-	5	ADMIN
4	1	2	2	Flavia Monteiro	525655	Marcelo Andrade	PTH-2012	2013-11-04	19:58:46	-	X	-	5	ADMIN
5	1	2	2	Flavia Monteiro	-	-	JTA-2345	2013-10-04	11:01:44	X	-	-	5	ADMIN
6	1	2	2	Flavia Monteiro	-	-	JTA-2345	2013-10-04	11:01:44	X	-	-	5	ADMIN
7	1	2	2	Flavia Monteiro	-	-	JTA-2345	2013-10-04	11:01:44	X	-	-	5	ADMIN
8	1	2	2	Flavia Monteiro	-	-	JTA-2345	2013-10-04	11:01:44	X	-	-	5	ADMIN
9	1	2	2	Flavia Monteiro	-	-	JTA-2345	2013-10-04	11:01:44	X	-	-	5	ADMIN
10	1	2	2	Flavia Monteiro	-	-	JTA-2345	2013-10-04	11:01:44	X	-	-	5	ADMIN
11	1	2	2	Flavia Monteiro	-	-	JTA-2345	2013-10-04	11:01:44	X	-	-	5	ADMIN
12	10	2	2	Flavia Monteiro	-	-	JTA-2345	2013-10-04	11:01:44	X	-	-	5	ADMIN

Fig. 18. Relatório.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto está concluído faltando apenas ser homologado para pleno uso, através de sucessivos testes, para avaliar desempenho, integridades das informações dos moradores, controle de fluxo de carros, a disponibilização correta de vagas de garagem. Existe a possibilidade de eventuais mudanças no circuito e no software.

REFERÊNCIAS

- [1] Oliveira, M. G. Vagas e direito a estacionamento em condomínio edilício. Academia Brasileira de Direito Processual Civil.
- [2] Deitel, H. M.; Deitel P. J. Java Como Programar 8ª Ed, São Paulo, Janeiro, 2006.
- [3] Date, C. J. Introdução a Sistemas de Banco de Dados 7ª Ed, São Paulo, Agosto, 2001.

Sistema para Coleta e Armazenamento Automática de Dados Ambientais Utilizando MicroControladores

Wellington Viana Lobato Junior

Instituto de Ensino Superiores da Amazônia - IESAM
wevilaju@hotmail.com

Johelden Campos Bezerra

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM
johelden@prof.iesam-pa.edu.br

Anderson Cunha dos Santos

Instituto de Ensino Superiores da Amazônia - IESAM
anderson-cds@live.com

Elionai Sobrinho

Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM
elionai@prof.iesam-pa.edu.br

Resumo — O projeto tem como objetivo coletar dados ambientais para estabelecer uma base de dados para consultas de históricos climáticos e ambientais. Consiste em um sistema de circuitos integrados conectados à sensores de temperatura, umidade relativa, poluição do ar e sensor de raios ultravioleta, sendo gerenciados através de um arduino e transmitindo as informações através do protocolo ZigBee.

Palavras chave — Arduino, dados ambientais, microcontroladores, ZigBee.

I. INTRODUÇÃO

Os sistemas de dados ambientais vêm se tornando cada vez mais fundamentais para a sociedade, por exemplo, nas atividades agrícolas, como no caso da cana-de-açúcar, milho, soja e arroz que são elementos importantes para a economia brasileira. Esse monitoramento ambiental é realizado através da coleta de dados, estudo e acompanhamento sistemático das variáveis ambientais, como temperatura, umidade, poluição do ar e incidência de raios ultravioleta [1].

As transformações decorrentes nas características da atmosfera causada por poluentes, o aumento da temperatura e o impacto das precipitações tem gerado diversos problemas também na saúde da população que causam ou agravam um emaranhado de sintomas, enfermidades e mudanças no quadro clínico de saúde, o qual é resultante das reações do organismo humano às condições atmosféricas. Nessa perspectiva, podemos analisar também a influência dos fatores climáticos urbanos na incidência de casos de doenças do aparelho respiratório, por exemplo, o que mostra importância de um projeto de monitoramento desses parâmetros.

A nível econômico, a questão do clima tem grande influência sobre os vários setores do mercado. Mudanças de clima afetam diretamente as produções agrícolas e que, por sua vez, causam impactos na economia assim como nos setores energéticos no que tange a criação de biocombustíveis ou então recursos hídricos em hidroelétricas, aja vista que tais recursos também se alterem com mudanças de clima, o que refletem também de forma direta na sociedade.

Esse projeto tem o objetivo de avaliar as condições dos recursos e dos seres presentes em uma determinada área

através de um sistema implementado com um sistema microcontrolado, que busca coletar de maneira automática tais parâmetros ambientais.

II. CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

As atividades do projeto surgiram a partir de revisões literárias e definição do escopo do mesmo para que então fosse criado uma arquitetura de desenvolvimento e implementação de ferramentas de criação e avaliação do protótipo. Das revisões literárias procurou-se levantar e analisar experiências globais em estratégias, sistemas e plataformas de monitoramento de dados ambientais, bem como a forma de gerencia-los. Pesquisas para escolher o microcontrolador, sensores com melhor desempenho e adaptabilidade, ambientes de programação e banco de dados foram feitas através das mesmas revisões a fim de melhorar a interação entre os componentes de hardware e software.

A. Microcontrolador utilizado na implementação do sistema

Optou-se por escolher o arduino Uno, figura 1, como sistema microcontrolado para o projeto, devido o mesmo conseguir suprir todas as necessidades e apresentando um ótimo custo benefício. O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica open-souce, baseada em um microcontrolador da família Atmel, que se conecta ao computador pessoal através de uma porta serial ou USB.

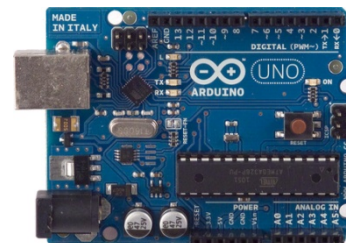


Fig. 1. Placa arduino.

Ele possui uma linguagem de programação própria, derivada de Wiring e é implementado em um ambiente de

desenvolvimento integrado (IDE) também próprio, e que pode ser utilizado em vários sistemas operacionais. Através desta plataforma, pode-se montar uma variedade de circuitos de forma fácil e ágil como, por exemplo, um sistema de sensores responsáveis pela automação de uma casa, cujos dados podem ser interpretados pelo próprio arduino ou repassados para um PC (Personal Computer, ou computador pessoal). A interação se dá pela porta USB conectada ao PC ou por uma fonte externa de até 25v.

B. Informações técnicas sobre o sensor de temperatura e umidade

O sensor SHT15 é um componente utilizado para aferições de valores de temperatura e umidade relativa do ar, este dispositivo pertence a família SHTxx da empresa suíça Sensirios e apresenta a melhor precisão. Este equipamento é composto por dois sensores integrados, que trabalham em uma faixa de temperatura entre -40°C e 140°C , além da umidade relativa entre 0% e 100%. Porém, como pode ser visualizado no gráfico representado pela figura 2, a previsão dos sensores é distinta de acordo com a temperatura e umidades aferidas. Para a umidade relativa do ar, a precisão entre 10% e 90% varia para mais ou menos 2% [2].

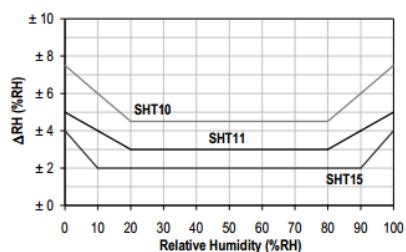


Fig. 2. Gráfico da precisão máxima dos sensores da família SHTxx em 25°C

Para os valores de temperatura, a precisão do sensor analisado é menos linear, entretanto, o SHT15 apresenta uma ótima resposta se for comparado com outros sensores disponíveis no mercado. A temperatura média entre 10°C e 60°C pode ter cerca de 1°C de variação para mais ou para menos, como pode ser observado no gráfico da figura 3.

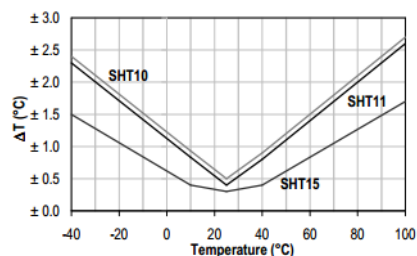


Fig. 3. Gráfico da precisão máxima da temperatura dos sensores da família SHTxx.

A tecnologia digital CMOS integra os dois sensores e o circuito de leitura em um único chip, facilitando a coleta e processamento das informações, esse foi um fator essencial para a escolha de tal sensor. Este ainda apresenta uma porta

digital de saída e um baixo consumo de corrente, sendo ideal para inúmeras aplicações.

C. Informações técnicas sobre o sensor de poluição do ar

Além do monitoramento dos valores de temperatura e umidade relativa do ar, o projeto tem como objetivo coletar informações de gases nocivos aos seres humanos, afetando a qualidade de vida. Dentre os diversos sensores disponíveis no mercado, foi escolhido o MQ-7, figura 4, para a detecção do monóxido de carbono. Este sensor possui uma saída analógica, sendo seu interfaceamento com o microcontrolador realizado através das portas AD, que irá converter o sinal analógico para digital, para que seja possível processar a informação coletada e usá-la.



Fig. 3. Sensor MQ-7 utilizado no projeto

A estrutura deste sensor é composta por um tubo de cerâmica de óxido de alumínio, uma camada de dióxido de estanho e um eletrodo e calefator fixados em sua base feita de aço inoxidável e plástico. O sensor proporciona uma baixa condutividade no ar em condições normais, sem a presença de CO(monóxido de carbono), ou com uma presença muito pequena do mesmo. Quando há presença deste, ocorre um aumento na condutividade do MQ-7, podemos notar o aumento da tensão de saída, que está diretamente atrelado ao aumento da concentração deste gás.

A calibração do sensor seguiu o modelo apresentado pelo datasheet, onde é necessário que o sensor fique ligado cerca de 48 horas para que as suas medições se tornem mais precisas. Também é recomendado que faça a calibração em um ambiente com a presença de 200 ppm de concentração de CO no ar. As especificações referentes ao sensor e seu comportamento durante a coleta das informações podem ser observados na Tabela I.

TABELA I
ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO SENSOR DE CO MQ-7

TEXTO	TAMANHO
Alimentação	5v
Componentes detectados	CO
Temperatura de operação	-20°C até 50°C
Umidade de operação	$< 95\%$
Faixa de detecção do CO	20ppm até 200ppm
Saída	Analógica

D. Diagrama em bloco do sistema de coleta automática implementado

Na figura 4, apresentamos o diagrama em bloco do sistema proposto por este artigo, nele podemos observar a interação entre as duas unidades presentes no projeto. Primeiro temos a unidade remota, composta por uma placa solar, bateria, sensores, arduino (microcontrolador) e Xbee (transmissor). Na unidade central, temos apenas um Xbee (Receptor) e um computador, que fará a gerencia dos dados, além do

armazenamento.

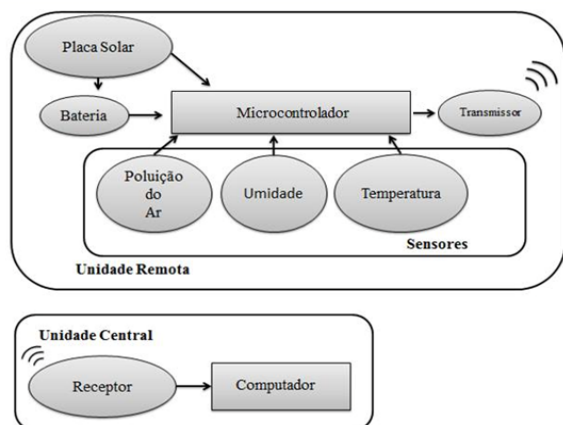


Fig. 4. Diagrama em blocos representando o sistema de coleta e armazenamento

A transmissão e recepção desses valores se deu através da placa Xbee (Xbee 1mW Trace Antena) fabricada pela DigiInternational. O Xbee, figura 5, é um módulo com transmissor/receptor ZigBee completo, já estando prontos para trabalhar em uma rede ponto-a-ponto, com uma largura de banda de 250 kbps e um alcance máximo de mais de 100 metros em campo aberto, sua principal vantagem é o baixo consumo de potência e seu custo reduzido [3].

Xbee



Fig. 5. Xbee utilizado para a transmissão e recepção das informações

O protótipo é energizado com um sistema de energia renovável, através de painéis solares fotovoltaicos, que carregam uma bateria de Li-ion com uma capacidade de 3,7V e 1500mA, além de fornecer os dados de índices de radiação ultra violeta para o microcontrolador.

III. CONCLUSÕES E RESULTADOS

Ao concluir a implementação do projeto, foi desenvolvido o software de coleta e armazenamento dos parâmetros ambientais em um banco de dados, o software foi todo

desenvolvido em Python e o banco está implementado usando Postgresql, além de uma estação de monitoramento, onde estão presentes todos os sensores e o arduino, como demonstrado na figura 6.



Fig. 6. Base coletora de parâmetros ambientais

A estrutura para acomodar os sensores foi desenvolvida utilizando tubos de PVC, além de uma caixa de acrílico que protege o arduino e os circuitos elétricos de chuvas e exposição solar intensa. O painel solar está localizado na parte superior da estrutura e toda a fiação é protegida pelos tubos, não deixando à mostra. Com a finalização do projeto, podemos concluir que os valores ambientais realmente influenciam no cotidiano e na qualidade de vida da população de uma determinada região. Com a coleta dos valores obtidos através da leitura dos sensores, verificamos as variações da temperatura e umidade ao longo do dia e observamos, mais detalhadamente, o fenômeno da poluição da atmosférica.

REFERÊNCIAS

- [1] MOTA, Suetônio. Introdução à Engenharia Ambiental. 4ª Ed., Rio de Janeiro, ABES. 2006.
- [2] PROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA. Sensor de temperatura y humedad SHT15 usando arduino. 2011. Disponível em: <<http://abedulengenharia.blogspot.com.br/2011/09/sensor-de-temperatura-y-humedade-sht15>>. Acesso em: 05 jul. 2013. , *An Introduction to Signal Detection and Estimation*. New York: Springer-Verlag, 1985, ch. 4.
- [3] BILDR>BLOG A swarm of xbees! Arduino xbee wireless & more. Disponível em: <http://bildr.org/2011/04/arduino-xbee-wireless/>>. Acesso em: 05 jul. 2013

Avaliação da Redundância de Traços de Instruções Dinâmicas no Processador ARM

Rafael Anastácio Alves

Instituto Militar de Engenharia - IME
rafaelanastacioalves@gmail.com

Amarildo Teodoro da Costa

Instituto Militar de Engenharia - IME
amarildo@cos.ufrj.br

Resumo—A popularidade da arquitetura ARM e a necessidade de um maior desempenho em termos de velocidade em dispositivos móveis, justifica a avaliação da redundância de instruções dessa arquitetura. Para isso, esse trabalho se propõe a verificar e caracterizar o fenômeno de redundância, bem como analisar a ocorrência de traces redundantes nessa arquitetura, por meio da realização de simulações.

Palavras chave—Reuso, ARM, Simulador, Traces.

I. A ARQUITETURA ARM

A arquitetura ARM é uma arquitetura de processador de 32 bits, e é usada principalmente em sistemas embarcados. Inicialmente, a sigla significava Acorn RISC Machine, e, posteriormente, passou a significar Advanced RISC Machine. A sigla RISC significa Reduced Instruction Set Computer ou Computador com um Conjunto Reduzido de Instruções (RISC). É uma linha de arquitetura de processadores que favorece um conjunto simples e pequeno de instruções que levam aproximadamente a mesma quantidade de tempo para serem executadas. A maioria dos microprocessadores modernos são RISCs, por exemplo, DEC Alpha, SPARC, MIPS, e PowerPC. O tipo de microprocessador mais largamente usado em desktops, o x86, é mais CISC do que RISC, embora chips mais novos traduzam instruções x86 baseadas em arquitetura CISC, em formas baseadas em arquitetura RISC mais simples, utilizando prioridade de execução.

Os processadores ARM são conhecidos pela sua versatilidade, pois possuem poucas instruções para programação. Sua popularidade se reflete no uso disseminado em PDAs, telefones, celulares, calculadoras, periféricos de computador, equipamentos POS e aplicações industriais. Diversas versões do iPhone e IPAD, da empresa Apple, utilizam essa tecnologia em seus processadores, desde o ARM Cortex-A8 para o iPhone 3GS até o Apple A5 – um microprocessador System-on-a-chip projetado pela Apple e fabricado pela Samsung que tem uma CPU dual - core ARM Cortex-A9 MPCore e uma GPU dual - core PowerVR SG X543MP2.



Fig. 1. A utilização da arquitetura ARM

II. REDUNDÂNCIA DE INSTRUÇÕES EM ARM

A redundância se caracteriza pela mesma ocorrência de instruções que utilizam os mesmos operandos e retornam, como resultado, os mesmos valores. Além disso, para que a instrução se caracterize como redundante, ela, bem como suas variáveis de entrada e de saída, precisam possuir, respectivamente, os mesmos endereços de memória. Os traces constituem conjunto de instruções que correspondem exclusivamente a uma seqüência ininterrupta de instruções reusadas.

Os traces de instruções, se reaproveitadas no tempo de execução de uma aplicação, tornariam desnecessária a execução de instruções redundantes resultando na redução do tempo de execução total do programa e no consumo de energia.

A. Resumo esquemático da execução de instruções no arm

Toda instrução de operação lógico-aritmética processada em um processador ARM funciona sob o seguinte esquema simplificado:

1º: Ao executar uma instrução, o processador recebe como dados de entrada os valores provenientes de dois registradores;

2º: Depois de realizada a operação, o resultado é armazenado em um 3º registrador.

Todas as instruções, com exceção dos desvios, possuem um lugar específico e seqüencial na memória. Elas possuem o tamanho de 4 bytes (ou 32 bits). O ARM é uma das arquiteturas que, para prover melhor desempenho, divide a tarefa de execução em 3 partes, conforme [7] e apresentado na Fig. 2.

1º: O contador de posição (PC) aponta para um endereço de instrução;

2º: Essa instrução passa a ser decodificada, e o PC aponta para a próxima instrução;

3º A mesma instrução é executada, enquanto a anterior é decodificada;

Dessa forma, nenhuma das 3 atividades permanece ociosa. Mais detalhes estão disponíveis no anexo 9.1.

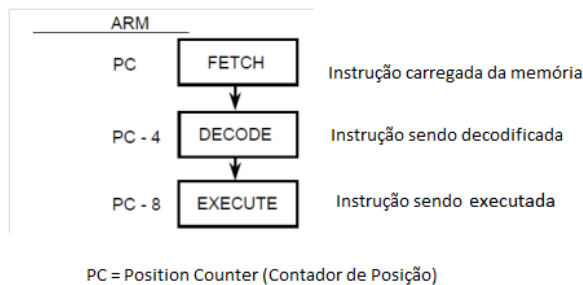


Fig. 2. Esquema de funcionamento do pipeline no ARM

B. Definição de redundância

O ARM possui um total de 37 registradores, todos com espaço de 32 bits. Apenas 16 podem ser gerenciados pelo processador.

A redundância de uma instrução [1], [2], em ARM, consiste de operações que são executadas com os mesmos operandos de entrada, provenientes dos mesmos registradores, e que geram o mesmo resultado em um mesmo registrador destino. Além disso, para considerar que a instrução foi reusada, a instrução precisa estar localizada na mesma posição de memória.

Por exemplo, se uma instrução localizada na posição 100 for ADD R1, R2, R3 (significando que o processador soma os valores armazenados nos registradores R2 e R3 e insere no registrador R1). Então se o PC (contador de programa), por ventura, passar por aquela mesma posição de memória, e os valores de entrada contidos nos respectivos registradores (R2 e R3) forem os mesmos, então aquela instrução é considerada redundante.

C. Traces redundantes

Como citado em [1], um trace redundante é uma sequência de instruções dinâmicas redundantes (sequência de execução), delimitada por instruções não redundantes ou por instruções que não pertencem ao domínio das instruções válidas. Um trace é redundante, portanto, quando todas as suas instruções são redundantes e sua identificação ocorre pelo seu escopo de entrada.

D. Simulador SimpleScalar

A ferramenta escolhida para a realização das estatísticas foi o simulador [3] SIMPLESCALAR. O SimpleScalar foi desenvolvido em 1992 na Universidade de Wisconsin sob a coordenação de Gurindar S. Sohi. E posteriormente Doug Burger disponibilizou uma versão gratuita do simulador para uso não comercial, a qual está disponível na Internet no endereço eletrônico www.simplescalar.com. O SimpleScalar pode simular diversos conjuntos de instruções, como por exemplo: ARM, MIPS, Alpha, PowerPC e x86, e devido à sua

arquitetura aberta ele pode ser estendido a outros conjuntos de instruções. Outro fator que influencia a utilização deste simulador em larga escala é o fato de ele ser executado em sistemas operacionais gratuitos como o Linux. Os pesquisadores de novas arquiteturas podem utilizar benchmarks pré-compilados ou criar novas aplicações para serem testadas e analisadas neste simulador, a construção desses programas é realizada utilizando-se uma linguagem de programação de alto nível, que pode ser C ou Fortran. O código fonte depois de pronto é compilado especialmente para ser executado no SimpleScalar, possibilitando assim a execução de programas reais em protótipos virtuais de arquiteturas. A ferramenta de simulação SimpleScalar é constituída por um conjunto de vários simuladores. Desta forma, o SimpleScalar pode viabilizar simulações de arquiteturas de forma rápida e concisa através do sim-fast ou simulações mais detalhadas e dinâmicas através do sim-outorder, possibilitando a simulação.

Para o propósito de simular a arquitetura ARM, utilizou-se a versão modificada desse simulador, chamada SimpleSim-Arm.

E. Definições

1) Siglas

Para esta pesquisa, utilizou-se os seguintes termos para divulgação dos resultados:

Ti – Total de instruções do Programa

Tid – Total de instruções contidas no domínio de instruções válidas para análise de redundância (instruções candidatas à redundância).

Tir – Total de instruções redundantes (dentro do domínio de instruções candidatas à redundância).

TirTrace – Total de instruções, dentro das **Tir**, que constituem um trace redundante.

TirSimples – Total de instruções, das **Tir**, que não fazem parte de algum trace redundante.

2) Exemplo

Considere a seguinte sequência dinâmica de instruções:

A B C A A B, onde cada letra representa uma instrução, de mesmo opcode, cuja única diferença consiste nos parâmetros de entrada e valores de saída.

Nesse caso:

Ti = 6

Tir = 3, de onde **TirSimples** = 1, por causa do segundo 'A' e **TirTrace** = 2, por causa da existência de dois traces, 'AB'.

III. METODOLOGIA

Para este trabalho, modificou-se o simulador para que ele coletasse as instruções lógico-aritméticas dos programas testados. Dessa coleta, coletou-se os **Tir**, **TirSimples** e **TirTraces** e implementou-se um mecanismo de exportação de dados, cujos dados da coleta encontram-se sintetizados no Apêndice.

A. Modificações

O simulador simplesim-arm precisou ser modificado para atender às necessidades da pesquisa. O simulador possui um arquivo específico chamado “machine.def”, que contem todas as definições das instruções que são utilizadas pelo ARM para que pudesse ser simuladas no computador. A instrução cuja redundância queria-se medir, a princípio, era a de somar (“ADD” no arquivo machine.def)

O foco das mudanças necessárias foram feitas em 2 arquivos:

main.c: onde foram implementadas várias funções, para que, pudessem manipular os parâmetros referentes a cada instrução que fosse escolhida para coleta. Para este trabalho, criou-se um vetor bidimensional que, em cada linha, armazenasse esses parâmetros toda vez que uma das instruções em questão fossem utilizadas. Utilizou-se uma média de 15 colunas, para que se armazenasse: PC, NPC, número dos registradores de entrada e de saída, o valores contido em cada registrador, bem como outros campos específicos sob demanda. Em algumas instruções, foi necessária a inclusão de mais colunas, pois elas utilizavam parâmetros adicionais.

machine.def: onde se buscou o código referente à definição de cada instrução coletada, e o modificou inserindo funções implementadas em main.c para que pudesse automaticamente registrar os parâmetros buscados a cada vez que uma instrução fosse utilizada.

B. Coleta de traces de reuso

Uma função foi adicionada no arquivo “main.c” de forma a coletar traces redundantes. O algoritmo dessa função cria uma matriz que, para cada linha, registra todas os contadores de posição existentes em um caso de trace. Considerou-se um trace um caso de sequência ininterrupta de instruções redundantes.

Para fins de teste, considerou-se apenas os traces com instruções candidatas a redundância. Considerou-se que o fim de um trace ocorreria quando for encontrada uma instrução não redundante ou quando se tratasse de uma instrução que não pertencente ao conjunto de instruções candidatas a reuso.

C. Programas Testados

Os programas testados pertencem a um conjunto de programas de testes do próprio simplesim-arm e do MediaBench[10]:

Bzip – Teste que envolve algoritmos de compressão de dados.

Test-math – Teste que envolve cálculos matemáticos sobre pontos flutuantes.

BitCount – Teste que envolve algoritmo de contagem de bits.

Quick-sort – Teste que envolve algoritmo de ordenamento.

Crc – Teste que envolve algoritmo de checagem de erros baseado no Cyclic Redundancy Check.

Test-arg – Teste que envolvem passagem de parâmetros.

Pgp – Teste que envolve algoritmo envolvido em criptografia baseado em “Pretty Good Privacy”.

Fft – Teste que envolve algoritmo envolvido na transformada rápida de Fourier.

Test-stat – Teste que envolve a exibição de informações sobre arquivos por meio da biblioteca “sys/stat.h”

Math-small – Teste que envolve utilização de operações aritméticas sobre pontos flutuantes.

String Search – Teste que envolve algoritmos utilizados em busca por substrings.

Breseham1 – Teste que envolve algoritmos utilizados com o objetivo de traçar retas.

D. Exportação de dados de reuso e de trace

Implementou-se uma função adicional para exportar as tabelas das matrizes de reuso e dos traces para arquivos de extensão .csv de forma a ser facilmente visualizada em softwares como excel. Essa ferramenta facilitará a manipulação dos resultados para vários testes e, assim, permitirá uma maior amostragem de percentual de redundância e de traces.

IV. RESULTADOS

A. Tir/Ti

Esse percentual, exibido na Fig. 3, corresponde ao total de instruções do domínio que foram reutilizadas em relação ao total de instruções do programa testado. O gráfico mostra uma quantidade de redundância variando entre 3% e 30% e com média harmônica igual a 6,301%.

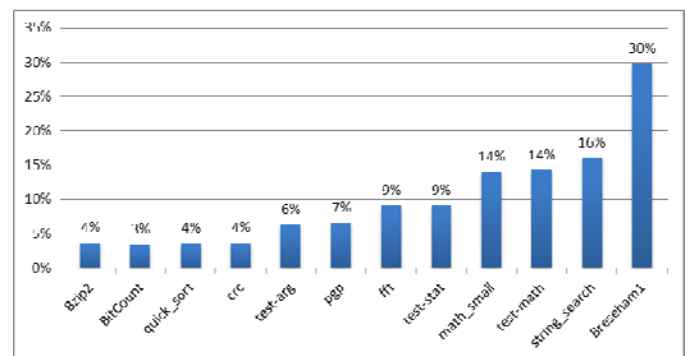


Fig. 3. Percentual Tir/Ti ordenados

B. Tir/Tid

Os valores exibidos na Fig. 3 correspondem ao total de instruções redundantes em relação ao total de instruções do domínio. Os valores variaram entre 12% e 85%, com média harmônica de 22,994%. Os valores são proporcionais aos valores observados em **Tir/Ti** Fig. 3 e mostram um potencial que pode ser explorado. Os programas com maiores valores são Math_Small (41%), Test-Math (45%), string_search (64%) e Breseham1 (85%).

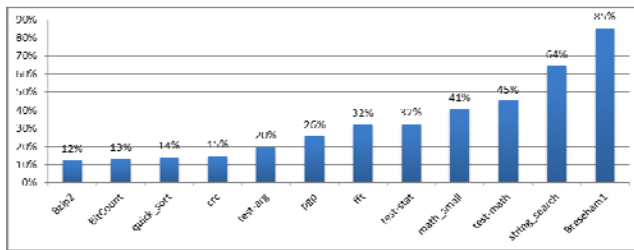
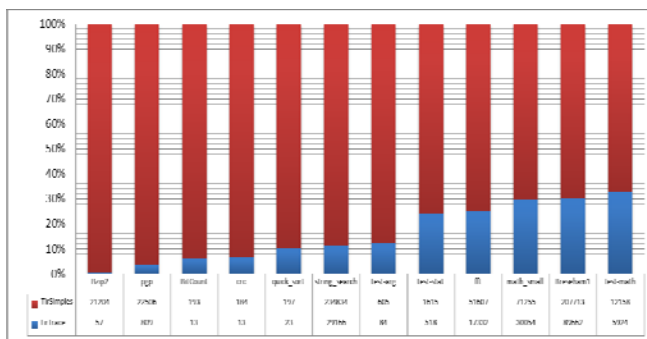


Fig. 4. Percentual de Tir/Tid ordenados

C. Tir simples e Tir traces

A Fig. 4 mostra a quantidade de **TirSimples** e **TirTrace** e o percentual em relação ao **Tir**. Estes valores representam a divisão percentual de instruções redundantes individualmente e as reusadas em traces. Observa-se que embora os desvios não tenham sido incluídos, conseguiu-se identificar até 30% de instruções redundantes em traces. Os programas com maiores valores de traces de reuso foram Test-Stat (24,3%), fft (25,1%), math_small (29,7%), Bresenham1 (30,2%) e Test-math (32,8%).

Fig. 5. Quantidade de **TirSimples** e **TirTrace** e o percentual em relação ao Tir

V. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Da Fig. 3, em relação à medida (**Tir/Ti**), a média harmônica dos valores foi de 6,301% e os programas maior percentual de **Tir/Ti**, ou seja, as que mais utilizaram um percentual de instruções lógico aritméticas foram Math_small (14%), teste-math (14%), string_search (16%) e Bresenham1 (30%).

Da Fig. 4, em relação à medida (**Tir/Tid**), a média harmônica dos valores foi de 22,994%. Os programas testados com maior percentual de **Tir/Ti**, ou seja, os que mais apresentaram redundância em relação ao domínio das instruções coletadas (lógico aritméticas) foram o Math_Small (41%), Test-Math (45%), string_search (64%) e Bresenham1 (85%).

Da Fig. 5, a média de percentual de **TirTrace** foi de 16,029%. Os programas com maiores valores de traces redundantes foram Test-Stat (24,3%), fft (25,1%), math_small (29,7%), Bresenham1 (30,2%) e Test-math (32,8%).

VI. CONCLUSÃO

Os programas simulados na arquitetura ARM, possuem uma quantidade significativa de traços de instruções redundantes, com uma ocorrência média de 16%. Os programas que mais utilizaram traces de instruções lógico

aritméticas, neste trabalho, foram Math_small (29,7%), Bresenham1 (30,2%) e teste-math (32,8%).

O valor obtido equipara-se a valores obtidos, sob mesmo tipo de análise, em outras arquiteturas cujos potencial de aproveitamento dos traces já foi explorado[1]. Dessa forma, para a arquitetura ARM, também há possibilidades de ganho de velocidade de execução ao se reusar os traces instruções redundantes.

Análises mais detalhadas dos traces obtidos, que passem a considerar a ocorrência de desvios, permitirão maiores informações a respeito do potencial de redundância a ser explorado na arquitetura ARM.

VII. TRABALHOS FUTUROS

1 - Analisar e classificar os programas de teste quanto ao reuso identificado. Acredita-se que os demais programas do MediaBench®[10] para benchmarks apresentem resultados igualmente favoráveis para ocorrências de redundância, pois estes apresentam características próximas aos programas testados neste trabalho.

2 - Inserir as instruções de desvios e aferir uma medida de desempenho dos traces, com base em desvios corrigidos pelo mecanismo e em cadeias dependentes dentro dos traces.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] COSTA, A.T. da, FRANCA, Felipe M.G., FILHO, Eliseu M.C., The Dynamic Trace Memorization Reuse Technique. Conferência: Ninth International Conference On Parallel Architectures And Compilation Techniques, Philadelphia, 2000, pp. 92-99, ISBN 0-7695-0622-4.
- [2] SODANI, Avinash, and SOHI, Gurindar, Dynamic Instruction Reuse. Simpósio: 24th Annual International Symposium On Computer Architecture, 1997, pp. 194-205, ISBN 0-89791-901-7.
- [3] SIMPLESCALAR LLC, Simple Tutorial V4, disponível em www.simplescalar.com. [Acessado dia 06/11/2011].
- [4] WANG, Hao, Install SimpleScalar/ARM, disponível em <https://sites.google.com/site/pkuwangh/solutions/simplescalar>. [Acessado dia 06/11/2011].
- [5] Lista de discussão sobre como resolver alguns outros bugs existentes durante a instalação do simplesim-arm, [on-line], Disponível em inglês em <http://forum.gwan.com/index.php?p=discussion/90/missing-dependencies-cspsetheaders.c-ubuntu-11-issue/p1>. [Acessado dia 06/11/2011].
- [6] SIMPLEMACHINES, The Arm Instruction Set. Disponível em "http://simplesmachines.it/doc/arm_inst.pdf". [Acessado dia 06/11/2011].
- [7] ARM, ARM® and Thumb®-2 Instruction Set Quick Reference Card, disponível em http://infocenter.arm.com/help/topic/com.arm.doc.qrc00011/QRC0001_UAL.pdf. [Acessado em 06/11/2011].
- [8] PILLA, Mauricio L., CHILDERS, Bruce R., COSTA, Amarildo T. da, FRANCA, Felipe M. G., NAVAUX, Philippe O. A., A Speculative Trace Reuse Architecture with Reduced Hardware Requirements, Simpósio: 18th International Symposium On Computer Architecture And High Performance Computing, Ouro Preto, 2006, pp. 47-54, ISBN 0-7695-2704-3.
- [9] Pilla, M.L.; Navaux, P.O.A.; Costa, A.T. da; Franca, F.M.G.; Childers, B.R.; Soffa, M.L., The limits of speculative trace reuse on deeply pipelined processors, 15th Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing São Paulo, 2003, pp.36,44, ISBN 0-7695-2046-4.
- [10] Simulador MiBench, disponível em <http://www.eecs.umich.edu/mibench/> [acessado em 30 agosto de 2013].

Aperfeiçoamento da Ferramenta “Piratas do Futuro” - um Jogo do tipo RPG de Apoio ao Ensino de Algoritmos

Rosimara Beatriz Arci Salgado

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
rosimara@inatel.br

Carlos Alberto Ynogutti

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
ynoguti@inatel.br

Jonas Vilasbôas Moreira

Instituto Nacional de
Telecomunicações – Inatel
jonas@inatel.br

Caroline Tenório Ribeiro

Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel
caroltr.srs@gmail.com

Leandro M. Borelli Magalhães

Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel
leandrombm@gmail.com

Resumo—Este artigo contém informações sobre o aperfeiçoamento da ferramenta “Piratas do Futuro”, que foi desenvolvida com base em jogos do gênero RPG (*Role Playing Game*) a fim de auxiliar o processo de ensino-aprendizagem em algoritmos e lógicas de programação.

Palavras chave—RPG, algoritmos, ferramenta educacional, lógica de programação.

I. INTRODUÇÃO

O presente artigo tem a finalidade de apresentar o aperfeiçoamento do projeto de Iniciação Científica “Piratas do Futuro” realizado durante o ano de 2013. Trata-se de um projeto, que tem como base uma ferramenta *web*, cujo fundamento é o de incentivar e o de ajudar alunos que cursam Algoritmos. Isso consiste em criar meios para o desenvolvimento do raciocínio lógico e, também, para fortalecer o conhecimento do aluno de computação em estruturas de dados a fim de que ele ganhe habilidade na criação de algoritmos.

O projeto “Piratas do Futuro” iniciou em 2011 pelo Eng. Jonas Vilasbôas Moreira, na época aluno do curso de Engenharia da Computação do Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel. Em 2012, a ferramenta foi levada para dar continuidade como projeto de Iniciação Científica e, devido aos resultados significativos obtidos, em 2013, o projeto continuou evoluindo, porém com uma finalidade mais consistente, o de testar a ferramenta para uso na disciplina “Algoritmos I” dos cursos de Engenharia da Computação do Inatel.

Para expor de forma organizada e detalhada as atividades do projeto efetuadas durante o ano de 2013, bem como os resultados alcançados, este artigo foi estruturado da seguinte forma: na seção II é apresentada a ferramenta, seu objetivo e seu funcionamento. Na seção III, são expostas as atividades

realizadas visando à melhoria do jogo “Piratas do Futuro”. Na seção IV, destinam-se às conclusões e, para finalizar, é apresentada a lista de referências.

II. A FERRAMENTA

A disciplina de Algoritmos é uma das mais importantes da grade de ensino de um curso da área de computação. Dessa forma, a ferramenta “Piratas do Futuro”, um sistema *web*, foi desenvolvida com o foco de auxiliar, de maneira interativa e diferenciada, o aluno durante o aprendizado de Algoritmos.

Trata-se de uma ferramenta com base no jogo do gênero RPG (*Role Playing Game*).

A história se passa no planeta Terra, versão pós-apocalíptica, onde a luta pela sobrevivência e recursos naturais é a única coisa que importa. A água tomou conta da maioria da superfície do planeta, o pouco que restou de terra dos continentes foi dominado pelas corporações mais ricas que dividem os territórios com os rebeldes.

Através da criação de um *login* no *site*, o aluno pode criar seu personagem e ter acesso a todas as atividades disponíveis. A realização destas atividades objetiva o “crescimento” do personagem criado, através das recompensas que podem ser experiência, itens ou dinheiro.

A. Objetivo Pedagógico

Como se percebe, o mundo está mudando, e mudando rápido. A tecnologia da comunicação deu um salto gigantesco nos últimos dez anos. E, portanto, as novas gerações trazem um dos maiores desafios aos professores, que é o de educar de acordo com os interesses e os estímulos dos jovens participantes dessa Nova Era. E, portanto, criar práticas pedagógicas motivadoras e atraentes, compatíveis com o universo dos jovens estudantes, deve ser um assunto discutido e trabalhado na escola.

O fascínio que o jogo de RPG passou a exercer sobre milhares de jovens brasileiros atraiu a atenção de educadores e pesquisadores que passaram a estudar sobre essa temática. Assim, essa pesquisa prossegue com essa análise: a relação do RPG com a Educação Escolar.

Com o reconhecimento dos jogos pelos educadores, como uma forma de auxiliar o aprendizado, motivar e ajudar os alunos no processo de memorização e entendimento dos conteúdos trabalhados em sala de aula, o projeto vem reiterar a importância dos jogos para a educação.

A perspectiva de Vygotsky sugere que o processo de aprendizado dos conteúdos escolares não se esgota em um tempo determinado, mas se consolida e se amplia à medida que são oferecidas situações específicas para exercitar os conteúdos aprendidos. Ao criar situações em que isso é possível, o professor permite aos alunos dar novos significados para os conceitos aprendidos durante o processo.

Braga[1] faz referências à pedagogia de habilidades e competências a partir de Calvino e do relatório da UNESCO para a educação. Bolzan[2] e Zuchi[3] fazem referência às teorias de habilidades de Gardner. Quase todos os textos e alguns dos materiais didáticos apontam para o uso do RPG para o desenvolvimento de habilidades e competências, como na dissertação de Zuchi[3]: “Na sociedade do conhecimento, as pessoas precisam aprender como aprender. Na verdade, na sociedade do conhecimento as matérias podem ser menos importantes que a capacidade dos estudantes para continuar aprendendo e que a sua motivação para fazê-lo[4][3]”.

O RPG se destaca por ter a fantasia como seu principal instrumento. E é isso que faz dele um jogo com possibilidades incomuns. Segundo Freud[5], a fantasia é fundamental para o desenvolvimento do pensamento, para o relacionamento do homem com a realidade.

Para S. Johnson[6], a série de eventos gerados ao jogar, traça uma narrativa que desperta no jogador, o prazer de acompanhar o desenrolar da história criada através dos desafios propostos.

Vygotsky[7] atribui grande importância ao jogo, reconhecendo neste uma estreita relação com a aprendizagem, considerando-se que o jogo é um potencializador de “Zona de Desenvolvimento Proximal”, aspecto que o torna favorável ao processo de ensino e aprendizagem no âmbito da escola. Ao mesmo tempo em que reforça o posicionamento de que a aprendizagem ocorre primeiramente na relação social e só depois é interiorizada por aquele que aprende, conforme Vygotsky[7]. Nessa perspectiva, o desenvolvimento cognitivo resulta da interação social com os outros, assumindo importante papel, na medida em que se estabelece num contexto de trocas entre os envolvidos.

Quando um aluno cria um personagem no jogo “Piratas do Futuro”, ele é inserido neste contexto, cada missão que ele faz, seja um problema ou um desafio está relacionado com esta história principal. Ele deve fazer as tarefas, sejam elas missões ou desafios para de certa forma “garantir seu lugar” nesta sociedade virtual. Portanto, a ferramenta combina características específicas do estilo do jogo com exercícios importantes para o aprendizado, incluindo “Desafios” inerentes à disciplina de Algoritmos.

Cada desafio possui um enunciado contextualizado com a história do jogo e, para sua solução, é necessário que o jogador

interprete o que é pedido, crie uma solução para o problema na linguagem C++ e o envie, através do sistema *web*, para a correção automática.

Existem outras atividades que podem ser feitas para evoluir o personagem criado, como a realização de missões ou lutas, porém como a ferramenta é aplicada à educação, foi adotada a estratégia de fornecer mais recompensas para os desafios entregues e corretos do que para qualquer outra atividade do jogo. Assim, o aluno consegue ficar à frente dos seus oponentes mais facilmente somente se optar por enviar os algoritmos.

Como forma de o professor acompanhar os alunos, a ferramenta ainda oferece um *login* diferenciado para uso dos docentes, permitindo visualizar informações de seus alunos. Essas informações consistem na identificação das atividades realizadas pelos alunos, o tempo dedicado ao jogo, quantas vezes cada desafio foi enviado, antes da versão correta, dentre outras informações relevantes, que contribuem para conhecer o perfil do aluno e para o avanço com a pesquisa desse projeto.

B. Desenvolvimento

Com o intuito de tornar a ferramenta “Piratas do Futuro” acessível, ela foi concebida com base em um sistema *web*, caracterizado pelo uso das linguagens HTML, CSS, PHP, JavaScript e banco de dados MySQL.

Procurou-se criar uma interface casada com o tema “Piratas do Futuro”, fazendo uso de traços que dão a ideia de um mundo fantástico, pós-apocalíptico. O banco de imagens composto por acessórios, armaduras, armas brancas e de fogo foi criado com a mesma identidade.

Todas as imagens produzidas para o projeto foram primeiramente feitas à mão, para posteriormente, serem vetorizadas e inseridas na ferramenta.

III. ATIVIDADES REALIZADAS

Devido ao amadurecimento da ferramenta no ano de 2012, em 2013, foi possível, avançar com a pesquisa do projeto com a finalidade de testar o jogo junto aos alunos de algoritmos.

Para cumprir com este objetivo, o jogo foi instalado em um servidor LAMP (Linux, Apache, MySQL e PHP), situado na rede interna do Inatel, para que os alunos o acessassem de qualquer ponto cabeado, presente no campus do Inatel.

Dessa forma, foi realizado um trabalho dedicado, que consistiu em estabilizar e preparar a ferramenta “Piratas do Futuro” para ser executada de forma piloto na graduação do Inatel, através da disciplina “Algoritmos I” do curso de Engenharia da Computação.

A seguir, serão detalhadas as atividades realizadas para o aperfeiçoamento da ferramenta.

A. Aperfeiçoamentos técnicos e gráficos

Após a instalação do projeto no servidor, foram estudadas e desenvolvidas formas de amenizar os possíveis problemas que pudessem ocorrer durante o uso do jogo “Piratas do Futuro” pelos alunos de “Algoritmos I”.

O primeiro teste com a ferramenta consistiu em verificar sua aparência em possíveis resoluções de telas de computadores que fossem usadas pelos alunos. Com a realização dos testes, foi observado que para a maior resolução (1920x1080), havia uma má distribuição do conteúdo na página, o que acarretou em um visual não agradável. Como o *design* é parte fundamental para um jogo, foi desenvolvido um novo *layout* que pudesse se adaptar às resoluções de telas necessárias. A Figura 1 apresenta a ferramenta com a nova aparência:



Fig. 1. Design adaptado - Tela de status do usuário.

Em paralelo com o *layout*, também foram criadas novas armas e armaduras para o banco de imagens. Posteriormente, foi feita a classificação das armas já existentes, nas categorias brancas, armaduras e armas de fogo, para proporcionar o espírito de competitividade durante as batalhas do jogo. As Figuras 2, 3 e 4 são alguns dos exemplos das novas imagens criadas para o jogo:



Fig. 2. Exemplo de arma branca.

Os testes seguintes com a ferramenta consistiram na criação de rotinas, que verificassem, de maneira mais aprofundada, as funcionalidades técnicas da ferramenta. Estes testes foram executados várias vezes e todos os erros encontrados foram corrigidos.

Após a finalização dos testes, foi observada a necessidade de criar um usuário que gerenciasse todo o conteúdo da ferramenta. Para atender a esta finalidade, foi criada a visão do administrador, que tem como privilégio listar, adicionar, editar ou excluir os dados da loja, desafios, missões e professores.

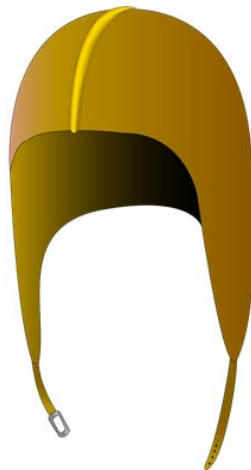


Fig. 3. Exemplo de armadura.

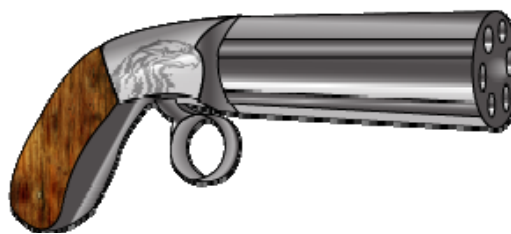


Fig. 4. Exemplo de arma de fogo.

A Figura 5 apresenta a tela de uma missão na visão do administrador:



Fig. 5. Exemplo da tela de uma missão, na visão do administrador.

Também foi desenvolvida a funcionalidade de avatar, onde o aluno tem a possibilidade de fazer *upload* de uma imagem que o represente em todas as atividades referentes ao jogo. Essa imagem fica armazenada no banco de dados juntamente com as informações do usuário. Dessa forma, durante o jogo, o avatar fica visível para o aluno, mais especificamente, no topo das páginas e para os outros usuários, na “Arena”, onde são realizadas as lutas.

A Figura 6 evidencia a tela do jogo na visão de um aluno com o seu avatar representado.

Outra função criada para o jogo foi o sistema de pré-requisitos, em que cada desafio ou missão pode requerer que o aluno já tenha realizado com sucesso algum outro desafio, ou tenha obtido algum equipamento, ou ainda, tenha atingido certo nível no jogo. Esta função foi desenvolvida com o objetivo de organizar alguns desafios, pois é importante que o aluno tenha alguns conhecimentos bem fixados, antes de tentar solucionar outro desafio, que exija conteúdo mais avançado.

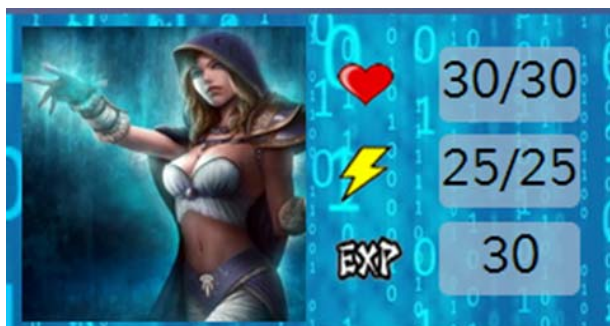


Fig. 6. Exemplo de uma imagem utilizada como avatar – visão do aluno

Para alimentar a ferramenta, foram criados problemas e desafios contextualizados, que se encaixassem com a história corrente do jogo de uma maneira coerente com a evolução do personagem, de tal forma que o aluno se sentisse como parte integrante do processo e ao mesmo tempo, fortalecesse o seu aprendizado, realizando os problemas propostos.

Para finalizar o trabalho, foram feitos testes de submissão dos desafios na ferramenta, utilizando a linguagem C++. Com isso, se tornou possível verificar como seriam as entradas e as saídas desses problemas na visão do aluno.

B. Primeiros testes da ferramenta no curso de “Algoritmos I”

Após os aperfeiçoamentos realizados na ferramenta, foi feita uma reunião com a professora Rosanna Silveira, uma das docentes responsáveis pela disciplina de “Algoritmos I” do Inatel, em que foi apresentada a ferramenta “Piratas do Futuro”, bem como seus objetivos e sua importância para a educação.

A professora demonstrou muito interesse pelo projeto e se comprometeu em selecionar alunos que pudessem testar o jogo e contribuir com o estudo da ferramenta, ou seja, com o início de uma pesquisa. Com isso, foi feita uma apresentação exclusiva para esses alunos a fim de motivá-los ao uso da ferramenta como forma complementar aos estudos. Parte dos alunos se voluntariou para conhecer melhor e testar o jogo, o que permitiu descobrir falhas e melhorias até então não diagnosticadas e parte não demonstrou o interesse. Os erros técnicos foram corrigidos, mas foram apontadas críticas construtivas para a efetiva contribuição com a pesquisa. São elas:

- Criar um Menu de Ajuda com dicas de uso do jogo.
- Estudar uma forma de padronizar as telas do jogo, para facilitar a navegação do usuário.
- Rever os desafios criados, para torná-los mais claros e coerentes com os objetivos da disciplina “Algoritmos I”.

No intuito de atender às solicitações, foi desenvolvido, então um Guia de Ajuda detalhado para a ferramenta, que contemplou:

- A apresentação do enredo do jogo;
- As orientações de como criar o seu personagem;
- As atividades disponíveis;
- Um exemplo de como submeter um desafio;
- As principais bibliotecas utilizadas em C++, o que elas oferecem;
- As formas de contato para que o aluno pudesse tirar dúvidas e/ou dar sugestões para o projeto.

IV. CONCLUSÕES

Este projeto de Iniciação Científica evoluiu significativamente no último ano. Foi possível aprimorar a ferramenta, torna-la acessível e realizar testes com os alunos de “Algoritmos I” do Inatel. Em termos de resultados efetivos da importância da ferramenta para o fortalecimento do aprendizado em algoritmos, não possível diagnosticar, visto que o grupo de alunos testado foi pequeno, o mesmo relatou a necessidade de se melhorar as propostas dos desafios presentes no jogo e vinculado a isso, 70% do semestre letivo já havia transcorrido, impossibilitando mudanças significativas no jogo para posterior uso dos alunos.

Para 2014, o projeto já segue com o objetivo de corrigir esse ponto crítico diagnosticado, bem como dar continuidade à pesquisa junto aos alunos matriculados em “Algoritmos I” do Inatel. Será realizado, também, um trabalho constante de manutenção técnica da ferramenta, bem como desenvolvidos mais instrumentos que contribuam para a coleta de dados da pesquisa, além de serem implementados novos recursos de uso e aprendizado, tanto para a visão do aluno, quanto para a visão do professor.

REFERÊNCIAS

- [1] BRAGA, J. M. “Aventurando pelos caminhos da leitura e escrita de jogadores de role playing game (RPG)”. 2000. 147p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG.
- [2] BOLZAN, R. de F. F. de A. “O aprendizado na Internet utilizando estratégias de *roleplaying game* (RPG)”. 2003. 303p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, SC.
- [3] ZUCHI, I. “O Desenvolvimento de um Protótipo de Sistema Especialista Baseado em Técnicas de RPG para o Ensino de Matemática”. 2000. 136p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas). Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis – SC.
- [4] DRUCKER, P. “Sociedade pós-capitalista”. São Paulo, Pioneira, 1995, p.156.
- [5] FREUD S (1911). Formulações sobre os dois princípios do fundamento mental. “Edição standard brasileira das obras psicológicas completas de Sigmund Freud, vol XII”. Imago Editora, Rio de Janeiro, 1969.
- [6] JOHNSON, S. “Surpreendente: a televisão e o videogame nos tornam mais inteligentes”. Rio de Janeiro: Campus, 2005.
- [7] VYGOTSKY, L. S. “A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores”. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

Aplicações na Engenharia do Estudo das Derivadas Desenvolvidas no Cálculo Diferencial e Integral

Lidiane Ingrid Lopes

Ruana C. Vilela dos Reis Silvério

Paulo Cesar Xavier Duarte

Instituto Nacional de Telecomunicações

Instituto Nacional de Telecomunicações

Instituto Nacional de Telecomunicações

Inatel

Inatel

Inatel

lidianelopes@get.inatel.br

ruanas@get.inatel.br

pcduarte@inatel.br

Resumo – A finalidade deste projeto é estudar e analisar as aplicações das derivadas na engenharia, explorando fatos e técnicas desta importante ferramenta matemática.

Palavras Chave – Cálculo, Derivadas, Aplicações e Engenharia.

I. INTRODUÇÃO

O conceito de derivadas pode ser definido como a taxa de variação instantânea de uma função, a qual nos dá uma diversos meios para se resolver um problema cotidiano, principalmente quando se trata da área de exatas, como a engenharia.

As derivadas possuem aplicações que facilitam e ajudam satisfatoriamente as necessidades de cada área trabalhada., diminuindo o tempo em cada tarefa, determinando taxas de crescimento, de redução, variação de temperaturas, velocidade, aceleração dos corpos, minimizando despesas e maximizando lucros, obtendo assim informações que seriam difíceis ou mesmo impossíveis de se obter sem o uso desta ferramenta matemática.

Também, podemos destacar que ao longo do curso de engenharia -nas mais diversas áreas, ficou claro a dificuldade que muitos alunos encontram na disciplina de cálculo diferencial e integral, entretanto, adquirir essa habilidade é a base para todo o decorrer da graduação e sem ela, certamente, não haveria evolução dos conhecimentos dos alunos.

Porém, muitos desses alunos necessitam de uma aplicação prática do conteúdo para assimilar melhor o que tem sido ensinado, portanto, o objetivo desse projeto também será explorar e apontar essas dificuldades, mostrando e explicando onde e como as derivadas serão aplicadas..

Isso posto, os resultados esperados são intensificar a importância do cálculo, motivar os alunos para o estudo das derivadas.

II. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE DERIVADAS

A derivada de uma função pode ser interpretada como o coeficiente angular da reta tangente ao seu gráfico como mostrada na figura (1).

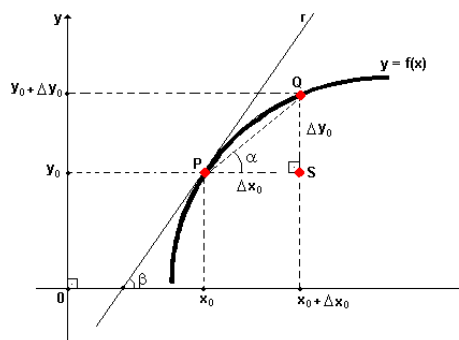


Fig. 1 – Reta tangente ao gráfico de uma função

O estudo das derivadas, que parece ser um conceito simples nos dias de hoje, levou anos na sua evolução e é o resultado de um lento e longo estudo histórico iniciado na Antiguidade.

Nessa época, até mesmo o conceito de funções ainda era vago e não se havia descoberto as relações entre variáveis.

Já no séc. XVII, Descartes e Pierre Fermat introduziram as coordenadas cartesianas, tornando-se possível transformar problemas geométricos em problemas algébricos e estudar analiticamente funções.

Fermat teve algumas ideias iniciais sobre retas e tangentes que constituíram o embrião do conceito de derivadas e levou Laplace a considerar Fermat "o verdadeiro inventor do Cálculo Diferencial". Contudo, Fermat não dispunha de notação apropriada e o conceito de limite não estava ainda claramente definido.

Entretanto, no século XIX Cauchy introduziria formalmente o conceito de limite e o conceito de derivada, e a partir do séc. XVII com Leibniz e Newton, o Cálculo Diferencial torna-se um instrumento cada vez mais indispensável pela sua aplicabilidade aos mais diversos campos da Ciência.

III. DESENVOLVIMENTO

Como já descrito, a derivada de uma função pode ser definida como o coeficiente angular da reta tangente ao seu gráfico. E a partir deste conceito, surgem as diversas aplicações desta ferramenta matemática, que serão demonstradas a seguir.

A Aplicações em Física

A.1 Cinemática

Interpretando a derivada na cinemática- que estuda o movimento dos corpos, veremos que a velocidade e a aceleração são dadas através da derivada primeira e segunda, quando conhecemos a equação em função da posição horária de um objeto.

A.2 Leis da Reflexão e Refração

A Lei da Reflexão e a Lei da Refração da luz podem ser deduzidas por um argumento de otimização pelo Princípio de Fermat (O caminho percorrido pela luz ligando dois pontos é aquele que minimiza o tempo de percurso dentre todos os possíveis caminhos ligando os mesmos pontos).

A.3 Lei de Resfriamento de Newton

Calculando-se a temperatura pela lei de resfriamento de Newton, podemos chegar a resultados muito aproximados de temperatura e tempo ocorrido.

Por exemplo: Um termômetro é retirado de dentro de uma sala e colocado do lado de fora, em que a temperatura é de 5°C . Após 1 minuto, o termômetro marcava 20°C ; após 5 minutos, 10°C . Podemos calcular com esses dados a temperatura da sala.

A.4 Decaimento Radioativo

Definimos a meia-vida do elemento radioativo pelo intervalo de tempo que uma quantidade de material radioativo demora para reduzir sua massa à metade; nesse caso, pela lei de decaimento exponencial temos que a meia-vida é dada por:

$$\tau = \frac{\ln(2)}{k} \quad (1)$$

B. Aplicações em Economia

As funções diferenciáveis na economia são chamadas de Análise Marginal, que essencialmente estudam serviços, lucros, leis de oferta e procura, equilíbrio de mercado, e produção.

B.1 Custo Marginal

A função de custo marginal é expressa como a derivada da função de custo total sobre a quantidade total produzida.

$$CM_g(x) = C'(x) \quad (2)$$

B.2 Receita Marginal

A Receita Marginal pode ser definida como o aumento ou diminuição da receita ao vender uma unidade adicional do produto em questão.

B.3 Lucro Marginal

O lucro marginal de um bem pode ser definido como o lucro aproximado que se obtém ao vender uma unidade adicional do produto.

A equação que descreve o lucro aproximado nos sugere o uso da derivação, se $L = L(x)$ e é derivável, temos:

$$LM_g(x) = L'(x) = RM_g(x) - CM_g(x) \quad (3)$$

C. Aplicações em Engenharia

C.1 Otimização

Problemas de otimização são aqueles onde se procura determinar os valores extremos de uma função, isto é, o maior ou o menor valor que uma função pode assumir em um dado intervalo. Eles são comuns em nossa vida diária e aparecem quando procuramos determinar o nível de produção mais econômico de uma fábrica, o ponto da órbita de um cometa mais próximo da terra, a velocidade mínima necessária para que um foguete escape da atração gravitacional da terra, a maior área possível a partir de certa quantidade de material, etc.

C.2 Problemas Geométricos

Durante todo o curso e a vida do engenheiro, muitas vezes precisa-se calcular áreas de uma região, encontrar funções que envolvem problemas geométricos.

Quando há a necessidade de se gerar uma equação diferencial envolvendo problemas geométricos, deve-se interpretá-lo como mostrado a seguir:

1) Uma curva é definida pela condição de ter em todos os seus pontos $P(x,y)$ a inclinação igual a média aritmética das coordenadas do ponto. Vamos expressar esta condição usando uma equação diferencial.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x+y}{2} \quad (4)$$

C.3 Problemas Físicos: No estudo da Engenharia, também pode haver a necessidade de lidar com problemas físicos, tais como: temperatura, relações de circuitos contendo indutância, capacitância etc. Mostraremos aqui alguns exemplos de como lidar com esses problemas quando eles nos forem apresentados.

1) Suponha que $T(t)$ denote a temperatura de um corpo no instante t e que a temperatura do meio ambiente seja constante, igual a T_m . Se $\frac{dT}{dt}$ representa a taxa de variação da temperatura do corpo ao longo do tempo, então a lei de resfriamento de Newton pode ser expressa da seguinte forma:

$$\frac{dT}{dt} = k(T - T_m) \quad (5)$$

2) A diferença de potencial E através de um elemento de circuito de indutância L é igual ao produto de L pela taxa de variação, em relação ao tempo, da corrente i na indutância. Assim,

$$F = L \frac{dQ}{dt} \quad (6)$$

3) O elemento químico rádio se decompõe numa razão proporcional à quantidade de rádio Q presente. Assim:

$$\frac{dQ}{dt} = kQ \quad (7)$$

4) A população P de uma cidade aumenta numa razão proporcional à população e à diferença entre 200000 e a população. Assim:

$$\frac{dP}{dt} = kP(200000 - P) \quad (8)$$

C.4 Problemas de Valor Inicial utilizando Laplace

Ao estudar alguns processos simples para soluções de Equações Diferenciais, Oliver Heaviside encontrou um método de Cálculo que levou-nos às Transformadas de Laplace. Consiste em um método simples com o objetivo de transformar uma Equação Diferencial com condições iniciais em uma equação algébrica, obtendo desta maneira uma solução para o Problema de Valor Inicial.

A propriedade de Laplace que torna possível esse método de resolução, afirma o seguinte:

$$L[f^{(n)}] = s^n F(s) - s^{n-1} f(0) - s^{n-2} f'(0) - s^{n-3} f''(0) - \dots - f^{(n-1)}(0) \quad (9)$$

IV. CONCLUSÃO

Concluimos, portanto, que o estudo das Derivadas é de importância no curso de Engenharia, e até mesmo na Matemática mais elementar, através de diversas demonstrações. E com suas diversas aplicações, hoje é possível resolver problemas com maior facilidade e rapidez do que anteriormente e hoje em dia muitas empresas minimizam seus custos, muitas outras disciplinas (como Física) tiveram grandes avanços em seus métodos graças a s aplicações das derivadas..

Por fim, podemos dizer que sem a descoberta e as aplicações da Derivada, a Matemática como um todo, não seria o que ela é hoje.

REFERÊNCIAS

- [1] Fig 1. Disponível em: <<http://www.paulomarques.com.br/arq15-2.htm>>. Acesso em: 16 de maio 2013.
- [2] HOFFMANN, L. D. Cálculo: um curso moderno e suas aplicações. Rio de Janeiro: LTC, 1986.
- [3] SPIEGEL, M. R. Cálculo Avançado. São Paulo. Mc Graw Hill do Brasil, 1974.
- [4] TAN, S.T. Matemática Aplicada à Administração e Economia. São Paulo: Thomson, 2001.
- [5] LEITHOLD, L. O Matemática Aplicada à Economia e Administração. São Paulo: Harbra, 1988.
- [6] STEWART JAMES, Cálculo Vol. I. 4ª Ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.
- [7] Apostilas de Cálculo I, II e III dos professores do Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL).
- [8] Disponível em: <<http://www.im.ufjf.br/dmm/projeto/projetoc/precalculo/sala/conteudo/capitulos/cap101s4.html>>, acesso no dia 20/02/14.

Usando WIFI no ensino de Microondas e Antenas

Ricardo Rhomberg Martins

Zheng Yi Ming

Prof. do Depto de Eng Eletrônica e de
Computação da Escola Politécnica da UFRJ
ricardo@del.ufrj.br

Depto de Eng Eletrônica e de Computação da
Escola Politécnica da UFRJ
zheng.ming@poli.ufrj.br

Resumo—Este artigo apresenta alguns componentes de microondas da faixa de 2.4 GHz (em que funciona o WIFI) fabricados pelos alunos das disciplinas Antenas e Microondas do curso de Engenharia Eletrônica e de Computação da Escola Politécnica da UFRJ.

Palavras chave—Antenas, microondas, Wifi, Ensino.

I. INTRODUÇÃO

O ensino de Antenas, Microondas e todo o Eletromagnetismo Aplicado em geral vem sofrendo consequências do maior interesse que os alunos demonstram atualmente pelas áreas mais diretamente ligadas a programação e computação. O presente artigo mostra algumas experiências de conexão entre ambos os ramos do conhecimento com o intuito de tentar aproximar os estudantes daquelas áreas de conhecimento.

São apresentados alguns componentes (antenas, alimentadores, receptores, etc) feitos pelos próprios alunos com o intuito de, por exemplo, melhorar a recepção de sinais de WIFI.

II. GUIAS - BASE TEÓRICA

A. Guias retangulares

Assumindo a disposição de um guia retangular no sistema de coordenadas mostrada na figura 1:

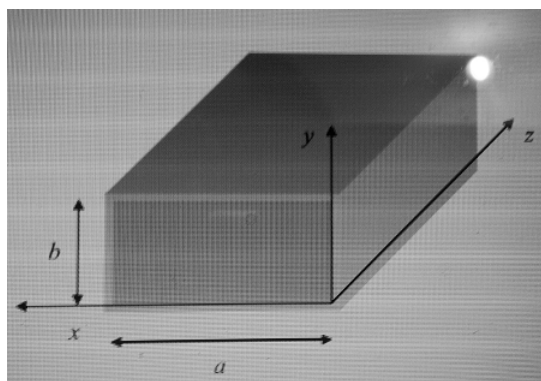


Fig. 1. Guia retangular e sistema de coordenadas utilizado

segundo Carvalho [1] a frequência de corte (frequência acima da qual existe propagação no guia) de um modo $TE_{m,n}$ (sem componentes de campo ao longo de z) de uma onda que se propague na direção z, pode ser dada por:

$$f_c = \frac{1}{2\sqrt{\mu\epsilon}} \sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2} \quad (1)$$

Admitindo-se modo $TE_{1,0}$ (uma variação de campo ao longo de x, donde $m = 1$, e nenhuma variação ao longo de y, donde $n = 0$) de propagação, chega-se a:

$$f_c = \frac{1}{2\sqrt{\mu\epsilon}} \sqrt{\left(\frac{1}{a}\right)^2} \quad (2)$$

Para um guia sem dielétrico, $\mu = \mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ e $\epsilon = \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$.

Se a frequência de trabalho desejada for uma das usadas para a distribuição de WIFI (2,4GHz), usando-se $f_c = 2\text{GHz}$ (para garantir a propagação de uma onda com aquela frequência) conclui-se que $a = 7,5$ cm. Constuma-se usar b da ordem de $a/2$.

III. PRIMEIRAS REALIZAÇÕES PRÁTICAS

Com estes dados podem-se construir, por exemplo, um alimentador de microondas na faixa de WIFI como se vê na figura 2.

O monopolo deve ficar a $\lambda/4$ do fim do “guia” para se obter coincidência de fase entre os sinais que se propagam na direção desejada levando-se em consideração que há também uma inversão total de fase na reflexão na parede da direção oposta.

Pode-se fabricar também um receptor como o que se vê na figura 3.



Fig. 2. Monopolo transmissor dentro do guia



Fig. 3. Monopolo receptor dentro do guia.

No corpo do conector há um diodo capaz de detetar, junto com a capacitância parasita do cabo, o sinal de 2.4 GHz.

A. Antenas piramidais

Segundo Balanis [2] ao tipo de antenas visto na figura 4 pode-se dar o nome genérico de “cornetas” (horn antennas):

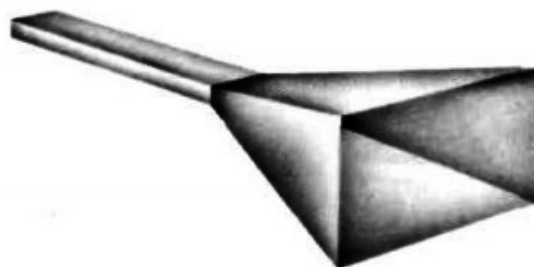
Seguindo o objetivo didático a que se referiu acima e o deste texto em particular, as cornetas de tipo piramidal são bem mais fáceis de construir. Seus diagramas de irradiação costumam ser como o que aparece na figura 5.

O mesmo autor [3] propõe e exemplifica o procedimento teórico de projeto deste tipo de antenas partindo do ganho pretendido (entendido como capacidade de concentração do campo irradiado). Na perspectiva deste trabalho parecem bastar as seguintes informações para os alunos:

Quanto maiores as dimensões da “boca” da pirâmide, maior o seu ganho, justificando a informação com o princípio de Huygens (cada ponto de uma frente de onda funciona como se fosse um microgerador das frentes de onda seguintes).

- 1) Quanto maior o comprimento de uma corneta, melhor seu casamento de impedância com o guia que a alimenta,

alegando serem menos “drásticas” as alterações das dimensões do guia que se “abre” formando a antena.



Corneta piramidal



Corneta cônica

Fig. 4. Antenas tipo corneta

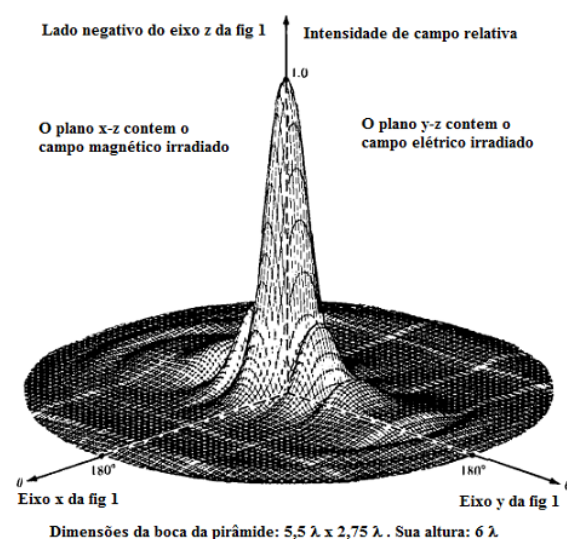


Fig. 5. Diagrama típico de antenas tipo corneta

Sugere-se a eles então que montem diferentes estruturas para testar as afirmações acima.

A figura a seguir mostra alguns exemplos de antenas para a banda X feitas pelos alunos de um curso de antenas no Laboratório de Telecom da Escola Politécnica da UFRJ. Ainda não se dispõe de um conjunto completo para a faixa de WIFI que possa demonstrar a técnica didática de que se vem falando.

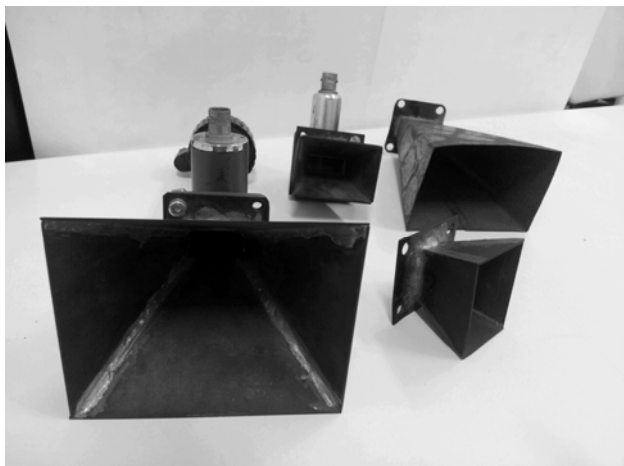
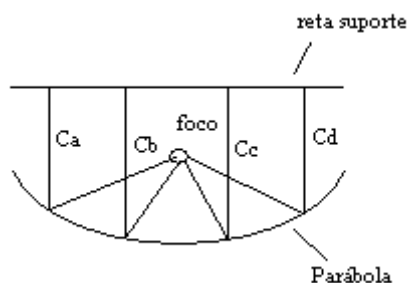


Fig. 6 - Exemplos de antenas para a banda X

B Antenas parabólicas

O tipo mais comum de antena refletora é a parabólica [5] que, quando usada para transmissão, reflete os raios que saem do foco para o espaço, formando ondas de frentes planas. Quando usada na recepção, ela reflete para o seu foco as ondas de frentes planas que vêm do espaço.

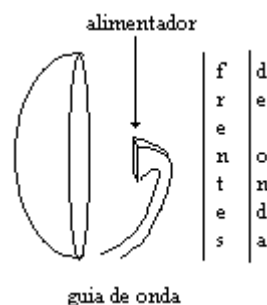
Normalmente se aprende que uma equação do 2º. grau é representada graficamente por uma parábola. O que é menos conhecida é uma propriedade geométrica destas curvas: uma parábola é o lugar geométrico entre uma reta chamada suporte e um ponto chamado foco.



Na figura acima, um raio que percorra qualquer um dos caminhos a,b,c,d ou outro qualquer andar a mesma distância. Isto implica em que se algum sinal sair do foco, estará em fase em todos os pontos da reta suporte, tornando-a uma frente de onda. A partir dali todas as retas paralelas à suporte serão frentes de onda...

Com o caminho inverso acontece a mesma coisa: uma frente de onda paralela vai se concentrar em fase no foco da parábola.

O parabolóide (figura de revolução formada pela rotação de uma parábola) tem as mesmas propriedades em três dimensões como se pode ver na figura a seguir:



Numa transmissão o guia traz a onda desde uma antena como a da figura 2 colocada na sua outra extremidade e a corneta a libera no espaço em direção ao parabolóide. As frentes de onda resultantes do sistema são planas e tendem a se manter paralelas, fazendo com que a energia irradiada se concentre na direção do eixo do parabolóide. Este é o motivo destas antenas terem alto ganho.

No caminho inverso a parabólica funciona como uma receptora de alta receptividade (também chamada de área efetiva de recepção).

C Realização experimental

Um dos trabalhos realizados pelos alunos com APs foi a conexão da rede do Laboratório de Telecomunicações com o alojamento de estudantes, assim relatada pelos mesmos:

“Inicialmente foi usado o AP da TP-Link (TL-WA701ND) para tentar estabelecer uma conexão com um local relativamente distante. Foi medida a potência recebida: -60 dBm a **vin**te metros de distância (sinal relativamente fraco). Substituindo o monopolo original por uma antena parabólica, conseguiu-se obter -50 dBm a **sessenta** metros de distância, demonstrando a diretividade e aumento da potência do sinal numa direção específica.

Foi então montado um link que usa no Telecom's Lab (H200B do CT da UFRJ) um AP funcionando como transmissor/receptor e no alojamento de estudantes outro funcionando como “client” (distância aproximada de 2 Km). O sistema está funcionando perfeitamente há cerca de 5 anos” com antenas do tipo da que se vê abaixo:



Fig. 7. Parabólica usada nas experiências de laboratório

D Perdas em cabos

A montagem imediatamente anterior exige a conexão do AP à antena através de cabos. Surge então naturalmente a questão: estarão eles influenciando as experiências?... que suscita comentários sobre a forma de propagação da corrente alternada nos condutores, profundidade de penetração, influência dos raios dos condutores interno e externo de um cabo coaxial, etc.

Experiências são feitas com cabos de diferentes comprimentos para “conferir” os resultados de calculadoras de perdas em cabos existentes na internet, etc.

IV. EQUIPAMENTO DE TESTE

Para testar as antenas montadas e verificar a realidade das premissas em que os projetos foram baseadas tem-se utilizado o software inSSIDer 3 for Home da Metageek [4] do qual uma das telas aparece na figura a seguir:



Fig. 8. Tela do inSSIDer 3 num computador conectado a um AP de SSID = GVT 6399.

Com este software instalado num laptop é possível ver a intensidade de todos os sinais de wifi incidentes na máquina. No caso retratado na figura o equipamento em teste estava conectado ao AP de SSID 6399 e a tarefa dos alunos era comparar as intensidades do sinal para diferentes antenas.

V. 2.4 x 5 GHz

Atualmente muitos dispositivos de comunicação operam na faixa de transmissão de 2.4 GHz [6], que é uma banda não licenciada denominada Industrial, Scientific and Medical (ISM), incluindo rádios que utilizam as tecnologias Bluetooth, WiFi e Zigbee, além de outros aparelhos como telefones sem fio, mouses e teclados sem fio e fornos microondas [7]. A banda ISM foi inicialmente alocada para usos não comerciais, sendo mais tarde modificada para permitir mais serviços, provocando um grande fluxo de aplicações de comunicação sem fio. Essas aplicações tiram vantagem dessa banda para livre operação [8].

Como a banda ISM é uma banda não licenciada, nenhum usuário possui prioridade de uso em relação a outro. A única restrição para os usuários nessa banda é a potência do sinal. A restrição de potência é utilizada para limitar a interferência entre sistemas coexistentes [9]. Como não existe proteção contra interferência de usuários coexistentes, é necessário o desenvolvimento de tecnologias eficientes de coexistência para permitir uma operação suficientemente boa de sistemas em bandas não licenciadas. Portanto, é necessário um novo tipo de abordagem para o projeto de sistemas de comunicação sem fio, que deve incluir medidas da ocupação do espectro, modelagem da interferência de coexistência e avaliação de desempenho.

Existe atualmente uma tendência a passar o WIFI para outra faixa ISM de 5GHz. Do ponto de vista deste estudo a correspondente diminuição das dimensões dos componentes apenas irá facilitar os trabalhos.

VI CONCLUSÕES

A metodologia apresentada tem dado resultados positivos, mensurados no aumento do número de alunos cursando as cadeiras optativas da área de Telecom física (paralelamente estão sendo feitos esforços para apresentar aos alunos técnicas de processamento de sinais de RF como parte do campo mais amplo de Processamento de Sinais).

Inicia-se agora uma tentativa de apresentar alguns destes conceitos de forma prática já nas disciplinas de Teoria Eletromagnética que, em parte pelo seu peso matemático e em parte pela falta de visibilidade de suas aplicações em áreas de interesse dos alunos, têm alta incidência de repetências.

REFERÊNCIAS

- [1] Maria Inês Barbosa de Carvalho, Guias de Onda, 1ª. ed, Ed. Universidade do Porto, Porto, 2005, p 28
- [2] Constantine A. Balanis, Antenna Theory, Analysis and Design, New York, John Wiley & Sons Inc. 1997, p. 5.
- [3] Constantine A. Balanis, Antenna Theory, Analysis and Design, New York, John Wiley & Sons Inc. 1997, pp. 693 - 695
- [4] Disponível gratuitamente em: <http://www.metageek.net>.
- [5] Ricardo Rhomberg Martins, Antenas e Processamento de Sinais, 1ª. ed., Ed. COPPE, Rio de Janeiro, 2012, p 33 e segs.
- [6] Ruan D. Gomes e Marco A. Spohn, Estudo Experimental da Utilização Espectral na Banda ISM de 2.4 GHz, Disponível em: http://www.academia.edu/498600/Estudo_Experimental_da_Utilizacao_Espectral_na_Banda_ISM_de_2.4_GHz, acessado em 26-02-2014.
- [7] DIY 2.4 GHz Spectrum Analyser. Disponível em: <http://www.wireless.org.au/~jhecker/specan>. Acessado em: 11 de agosto de 2010.
- [8] Hanyu Li, Mubashir Syed, Yu-Dong Yao, and Theodoros Karmakar, Spectrum Sharing in an ISM Band: Outage Performance of a Hybrid DS/FH Spread Spectrum System with Beamforming. EURASIP Journal on Advances in Signal Processing. Volume 2009, Article ID 834527.
- [9] Raul Etkin, Abhay Parekh, and David Tse, Spectrum Sharing for Unlicensed Bands. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol.25, no. 3, april 2007

A Comunicação e a Transparência no Paradoxo da Energia Nuclear

Roberto Zarur

Universidade Federal Fluminense
rzarur@cnen.gov.br

Maria Alice Costa

Universidade Federal Fluminense
alicecosta.rj@uol.com.br

Resumo: Este artigo tem como objetivo colocar em pauta as controvérsias que permeiam o setor da energia nuclear. O foco do artigo é a importância da elaboração de um plano estratégico de comunicação e transparência do setor nuclear no Brasil a ser realizado, em particular, pela instância regulatória deste setor: a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Observa-se, que na maioria das vezes, as atividades de comunicação relativas ao desenvolvimento do programa nuclear são encaradas como forma de influenciar e não de informar e comunicar. Este fato contribui para uma atitude de recepção desfavorável por parte do grande público leigo. Desta forma, acredita-se que enfrentar essa dicotomia entre ser contra ou a favor da energia nuclear é preciso uma gestão responsável que promova a transparência e a honestidade das informações, como ferramentas eficazes para a sociedade enfrentar, de maneira mais esclarecida, este dilema do desenvolvimento da energia nuclear no Brasil.

Palavras-Chave: energia nuclear, sociedade, comunicação e transparência

1. INTRODUÇÃO

Os programas nucleares têm sido objeto de contestação ou de controvérsia. Quando o assunto é energia nuclear, a mídia tende associar a questão a eventos negativos tais como: acidentes nucleares ocorridos em Chernobyl, Ucrânia; às bombas atômicas de Hiroshima e Nagasaki, Japão e outras catástrofes. De acordo com Del Sent e Rabaiolli (2009), esses casos são os principais formadores da opinião pública. Contudo, não só de tragédias se sustenta a energia nuclear. Entretanto, os elevados custos de execução, ligado à questão do armazenamento do rejeito radioativo, são alvos constantes das críticas desfavoráveis. Portanto, trata-se de uma matéria complexa que inclui a participação da sociedade civil, bem como avaliações econômicas e estimativas de danos ambientais. Indaga-se como é possível construir e ampliar um debate com informações mais amplas e simétricas sobre a energia nuclear no Brasil?

A importância da energia nuclear está no seguinte fato: sem ela, “os efluentes de dióxido de carbono na atmosfera aumentarão cerca de 30% com relação ao nível atual” (Diário da Rússia, 2011). Se considerarmos a qualidade de vida dos japoneses, relacionada com a disponibilidade de energia, a qual é proveniente de usinas nucleares, deve-se admitir a preferência do governo em protegê-las a fechá-las. Este fato permitiu à empresa energética Tokyo Electric Power, pivô da crise nuclear daquele país, “manter em funcionamento seus reatores nucleares, apesar da oposição dos acionistas minoritários” (Krolicki e Uranaka, 2011).

De um modo geral, as atividades de comunicação relativas ao desenvolvimento do programa nuclear são encaradas como forma de influenciar e não de informar e comunicar. Este fato contribui para uma atitude de recepção desfavorável por parte do grande público leigo. Desta forma, acredita-se que, para enfrentar esse medo do desconhecido, a transparência e a honestidade nas informações são as ferramentas mais eficazes.

No Brasil, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), desde 1995, tem passado por mudança orçamentária substancial, onde mostra a importância da energia nuclear na matriz energética nacional. Contudo, esse crescimento também obriga a trabalhar o problema da *gestão de comunicação*, de modo a melhor informar a mídia e a opinião pública sobre um tema da energia nuclear.

O presente trabalho embasa-se na preocupação a respeito da estrutura da comunicação do setor nuclear, em particular da CNEN, de modo a ultrapassar os problemas intrínsecos da comunicação neste setor. A linguagem eminentemente técnica utilizada pelos profissionais da área não é acessível ao público sem especialização. A falta de técnicos especializados na gestão da comunicação da energia nuclear, aliados a processos de comunicação contrária, só têm sido deflagrados quando na ocorrência de algum incidente. Enfim, acredita-se na necessidade urgente de se criar um programa de comunicação sobre segurança nuclear, com orçamento específico, que possa estruturar e estabelecer a ampliação do debate sobre a questão nuclear no Brasil.

A estratégia de ação deste programa tentaria abordar várias questões relacionadas à energia nuclear, tais como: o seu uso para fins pacíficos; a presença diária da energia nuclear na vida de cada cidadão; as áreas que realmente necessitam do emprego da energia nuclear; dentre outros assuntos, que possam levar à sociedade civil o desenvolvimento do programa nuclear na matriz energética brasileira e sua relação com o cenário internacional. Para responder estas questões, a sociedade necessita receber informações/explicações claras, simples e sem uso excessivo de termos técnicos sobre a energia nuclear, possibilitando a formação de ideias próprias.

Em suma, este artigo tem a intenção de colocar o problema da comunicação do setor de energia nuclear em pauta, por meio de uma breve análise da comunicação externa realizada pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). O intuito é compreender os desafios da comunicação sobre o setor da energia nuclear.

II. A POLÊMICA SOBRE O USO DA ENERGIA NUCLEAR

Uma questão que se evidencia como bastante polêmica é a de poder considerar a energia nuclear como energia limpa, em razão da não emissão de dióxido de carbono, evitando assim o efeito estufa. Para alguns ambientalistas essa argumentação não é válida, pois a contabilização do CO₂ deveria ser considerada em toda a cadeia energética, da obtenção de energia primária até sua produção (Del Sent e Rabaiolli, 2009).

Já a ABEN (2010), por sua vez, discorda, afirmando que, segundo um estudo, a energia nuclear é a segunda fonte que menos emite gases do efeito estufa, perdendo apenas para a hidrelétrica. Acima dela, estariam a eólica e, depois, a solar. A explicação é que ambas são extremamente limpas apenas no fim do processo, enquanto que no meio seriam muito poluidoras. No topo dessa cadeia estaria o carvão.

Se não houvesse dose de radiação segura, como muitos afirmam, seria perigoso respirar e comer, visto que estamos constantemente expostos a diferentes formas de radiação. O uso na medicina, na geração de eletricidade e em muitas outras aplicações, tem salvado vidas de milhões de pessoas. Além disso, o risco associado à radiação de baixa dose, seja de fonte natural ou produzida por reatores, é extremamente pequeno (NEI, 2012).

Os grupos contrários à energia nuclear alegam que as instalações nucleares emitem quantidades perigosas de radiação, quando na verdade estas são controladas, e sua quantidade é extremamente pequena e não chega a ameaçar o público ou o ambiente. Quem mora perto de uma usina recebe, no máximo, um milésimo da dose recebida por um paciente que passa por uma tomografia de corpo inteiro. Nem mesmo o acidente de *Three Mile Island*, EUA, chegou a prejudicar alguém, ou mesmo ao meio ambiente. No caso de Fukushima, no Japão, em 2011, ninguém morreu, embora alguns tenham recebido radiação suficiente para aumentar o risco de desenvolvimento de câncer (NEI, 2012).

Outra argumentação contrária, diz que os rejeitos radioativos das usinas nucleares são os mais tóxicos para os seres humanos. Contudo, esses materiais, inclusive o combustível nuclear, são altamente regulados, estritamente controlados e monitorados e podem ser armazenados indefinidamente com segurança. Ninguém até agora foi prejudicado pelo manuseio, transporte, guarda ou descarte de qualquer material das usinas. Entretanto, na mesma concentração, os resíduos industriais de produtos como cianeto de hidrogênio e arsênico são muito mais tóxicos (NEI, 2012). Além disso, essa indústria energética é a única que tem inteira responsabilidade por seus resíduos, arcando com o custo (WNA, 2012).

Uma causa de apreensão está no fato dos resíduos de urânio reterem radioatividade por centenas de milhares de anos. Porém, esse nível é baixo e com o desenvolvimento da engenharia atual não chega a ameaçar ninguém. Além de ser original do minério, ou seja, não é produzido. A reabilitação das minas garante segurança e estabilidade (WNA, 2012).

Aqueles que são contra a energia nuclear consideram seu combustível um resíduo. Contudo, seu conjunto é um recurso rico, pois contém em 90% a sua energia potencial, se reciclada, a partir do material estocado, como já vem sendo feito em inúmeros países, pode prescindir o uso de urânio novo por trinta anos (WNA, 2012).

Com relação à acusação de que as usinas nucleares consomem grande quantidade de água fresca, elas utilizam apenas pequena parte dos bilhões de litros que captam para resfriar o sistema, visto que apenas 2% ficam retidos, enquanto o restante é devolvido (WNA, 2012).

Quanto à crítica de que prejudicam o ambiente aquático e as populações de peixes, esse impacto é ínfimo, pois a própria reprodução normal faz o número de indivíduos voltarem aos níveis anteriores. Estudos comprovam que em alguns locais perto das usinas essa população aumentou. Com relação aos peixes, larvas e ovos destruídos a cada ano devido ao sistema de resfriamento, representa pequena fração. Enquanto que a poluição, a erosão e as pescas comerciais e amadoras agredem muito mais (WNA, 2012).

As minas de urânio estão buscando zerar a emissão de poluentes. Na Austrália e no Canadá já têm certificação ISO 14001. O lixo retido geralmente não causa poluição nas redondezas e a água liberada é de escoamento superficial e próximo ao padrão a ser ingerida (WNA, 2012).

Considerar a energia nuclear como uma fonte não segura é um mito criado pelos detratores. Estatísticas norte-americanas mostram que o trabalho em usinas é mais seguro que o de lanchonetes, mercearias ou imóveis (WNA, 2012).

Quando a temperatura no reator atinge determinado nível o processo de fissão é interrompido e ninguém pode intencionalmente ou não, fazê-lo explodir como uma bomba nuclear. Além disso, a concentração de urânio-235 é muito baixa para ser explosiva (WNA, 2012).

Quanto ao problema de esgotar o suprimento de urânio, estudos apontam que: mantendo-se o consumo atual, os recursos disponíveis devem durar cem anos. Levando-se em consideração parte inexplorada, esse suprimento poderá ser acrescido de mais duzentos anos. Com melhorias na tecnologia de extração, esse período poderá, no mínimo, duplicar. Isto sem contar com um aumento na reciclagem do combustível nuclear usado (WNA, 2012).

Diversas análises apontam a energia nuclear como essencial para reduzir a emissão de carbono. As tecnologias da energia eólica e solar apresentam o problema de não gerar um suprimento contínuo de energia. A nuclear apresenta-se como solução de energia limpa, em larga escala.

Outro aspecto que deve ser abordado na defesa da energia nuclear são as fontes naturais de radiação. As pessoas devem saber que a radiação cósmica chega à atmosfera terrestre vindo do sol e até mesmo de fontes de energia de outras galáxias. A crosta terrestre também é constituída de materiais naturalmente radioativos como o urânio, disperso em baixas concentrações em rochas e no solo, assim como o tório, o carbono-14 e o potássio-40. E como o material de construção é extraído da terra, levemente radioativo, as pessoas são irradiadas em locais fechados, e também do lado de fora, dependendo do terreno onde estão (IAEA, 1999).

Como o material radioativo está disperso por todos os lugares, nada mais natural que esteja na água para beber e nos alimentos. O potássio-40 é a principal fonte de radiação interna, variando conforme a quantidade de músculos. Um homem jovem, por exemplo, tem o dobro que uma idosa. Alguns alimentos, como ostras e castanha do Pará, também concentram material radioativo, e o consumo em grande quantidade, recebe uma dose de radiação significativamente acima da média (IAEA, 1999).

Bento e Pedroso (2009) consideram ter sido a energia nuclear essencial para o contínuo desenvolvimento

tecnológico do país. Depois tornaria-se inviável por possuir elevado custo por MWh em relação a outras fontes de energia. Além disso, não contribuiria para o desenvolvimento sustentável devido à possibilidade de acidentes nucleares, à geração de rejeitos radioativos e à proliferação de armas nucleares. Com relação a esta última argumentação, Almeida (2009) contrapõe ao afirmar que a Estratégia de Segurança Nacional reclama que o Brasil “privou-se da faculdade de empregar a energia nuclear para qualquer fim que não seja pacífico”, e “proibiu a si mesmo o acesso ao armamento nuclear”.

Atualmente, a busca pelas informações ocorre basicamente na Internet. Local mais pertinente para se avaliar como as posições contra a energia nuclear estão sendo divulgadas. Ao pesquisar no site de Periódicos da Capes com as expressões “anti-energia nuclear” e “anti-nuclear”, só apareceu um trabalho acadêmico sobre o assunto, com 48 resultados. No Google, usando também “desvantagens da energia nuclear”, apareceram várias reportagens sobre manifestações contra essa fonte energética e alguns sites voltados para pesquisas estudantis descrevendo-a.

Pesquisando no buscador Google, usando “desvantagens da energia nuclear”, aparecem diversos sites dirigidos tanto ao público em geral, como aos estudantes. Contrapondo-se essa expressão com seu oposto “vantagens da energia nuclear”, Quase nada é encontrado.

A transmissão de informações nunca é ideologicamente neutra. Os partidários da energia nuclear defendem seus argumentos com uma alta dose de cientificidade, enquanto os detratores apresentam uma alta dose de emoção, o que não reflete o verdadeiro estado das coisas e camufla os interesses sobre essa questão. A situação aparece resumida entre aqueles dispostos a correr o risco da tecnologia nuclear para poder desfrutar de suas vantagens. Os defensores da energia nuclear e os grupos sociais apoiadores, consideram que os prejuízos podem superados diante das inúmeras vantagens. Assim, a disseminação da informação científica aproximaria o risco percebido e subjetivamente calculado ao risco objetivo, “como se a razão fosse determinante e a emoção dos opositores algo a se converter cientificamente” (LAYRARGUES, 2001).

Na defesa da energia nuclear, Freire-Maia (1997) lembra que no seu início a gasolina era considerada uma grande ameaça, enquanto que hoje é largamente utilizada e aceita, apesar da sua ação poluidora. Além disso, os acidentes de trânsito, com veículos movidos por esse combustível, são geralmente aceitos com certa naturalidade e resignação.

Em oposição à argumentação de Layrargues (2001), Freire-Maia (1997) avalia que os seres humanos, por se acostumarem com os acontecimentos normais da vida diária, acabam deixando de reconhecer os benefícios que recebem a todo momento, mas sempre se lembram de qualquer contrariedade, por mais ocasional que seja. Este autor faz as contas e conclui que centenas de usinas nucleares, por todo mundo, funcionam há décadas sem danos significativos para o população, mas provocam comoção com qualquer incidente, mesmo quando afetam poucos trabalhadores. Ele destaca, no entanto, que os acidentes graves mereceriam profunda reflexão, inclusive para aperfeiçoamento das normas de segurança.

Diante desse quadro, deve haver uma maior agressividade na defesa da energia nuclear a nível mundial. Deve-se fazer melhor o que se começou, tornar os websites e outros

serviços de informação mais substanciais, úteis e graficamente atraentes. Mais como afirma Ritch (2001), é preciso a cooperação de outras organizações para a argumentação se tornar mais acertada, de forma que as lideranças tenham firmeza na argumentação.

A sociedade precisa de explicações claras, simples, diretas e fáceis de serem entendidas. Ninguém quer se tornar um profundo conhecedor, mas apenas se sentir tranquilo em relação à segurança e à ação das autoridades reguladoras na proteção da saúde. A IAEA (1999) recomenda que os especialistas evitem comparações, as quais podem gerar mais medo, pois as pessoas podem não conseguir julgar o que está sendo passado, considerar que algo está sendo escondido. “Eles devem ser comunicados sobre os aspectos mais simples da tecnologia nuclear, pois geralmente conhecem muito pouco ou nada do assunto”.

Mesmo considerando a adversidade imposta por aqueles que se opõem à consolidação do uso da energia nuclear, quando apenas exaltam aspectos negativos, é possível destacar os incontáveis benefícios que ela proporciona no dia-a-dia da população mundial.

III. A COMUNICAÇÃO DA CNEN

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) possui, dentre suas funções, o monopólio da mineração de elementos radioativos e da produção e comércio de materiais nucleares no Brasil. É uma autarquia federal criada em 1956, vinculada em 1999 ao Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), responsável pelo planejamento, orientação, supervisão e fiscalização, estabelecimento de normas e regulamentos em radioproteção. Licencia, fiscaliza e controla a atividade nuclear e desenvolve pesquisas na utilização de técnicas nucleares.

A CNEN tem como missão: “Garantir o uso seguro e pacífico da energia nuclear, desenvolver e disponibilizar tecnologias nuclear e correlatas, visando o bem estar da população”.

A Comunicação Social (COCOM) é uma Coordenação que atende toda instituição, prestando assessoria especializada na área de comunicação, embora esteja diretamente ligada à Presidência, segundo seu organograma¹.

De acordo com as atribuições constantes nas Leis nº 6.189, de 16 de dezembro de 1974 e nº 7.781, de 27 de junho de 1989 e no Anexo I do Decreto nº 5.667, de 10 de janeiro de 2006, à Coordenação de Comunicação Social compete:

I - assistir diretamente ao Presidente na formulação e implementação da política de comunicação social e divulgação da CNEN.

II - interagir com os veículos de comunicação nos assuntos do interesse da CNEN;

III - planejar, realizar e participar de eventos de fomento e divulgação da energia nuclear;

(...)

V - Executar as atividades de ouvidoria de acordo com as seguintes diretrizes:

a) promover o acesso do cidadão à CNEN, disponibilizando canais de comunicação para o trâmite das

¹ Entrevista com Cássia Helena Pereira Lima, Coordenadora de Comunicação Social da CNEN, realizada em 16 de novembro de 2012.

manifestações apresentadas e das soluções dos pleitos decorrentes;

(...)

Internamente, a COCOM articula-se com os outros departamentos, seja recebendo uma solicitação de serviços ou indo a estes propondo ações, que são executadas conjuntamente.

Com relação à divulgação de informações, por ser uma autarquia, a CNEN tem limitações quanto à forma. O fato de ser responsável pela normatização e fiscalização do setor também afeta a seleção de “o que divulgar” e “como divulgar”.

Assim, a maioria das informações tem caráter técnico e de utilidade pública. Para tal, o site é o maior repositório de dados e informações. Além disso, são utilizados materiais gráficos e audiovisuais com informações sobre a instituição e sobre aplicações da energia nuclear que são distribuídos em eventos e visitas técnicas. Em paralelo, são utilizados veículos com características jornalísticas para público interno e externo que divulgam fatos, eventos e informações relevantes para a comunidade, que tenham sido produzidos pela CNEN ou em relação à área nuclear.

A CNEN conta com alguns canais de comunicação com a sociedade, para receber críticas, denúncias, sugestões e esclarecer dúvidas, tais como: Fale Conosco (disponível no site da CNEN); SIC (Serviço de Informação ao Cidadão, em atendimento à Lei 12.527/2011) e Fale com o Presidente (canal exclusivo para público interno).

A COCOM é responsável pelo recebimento das solicitações das informações, processamento interno e retorno para o solicitante, tendo profissionais especialmente treinados e dedicados a essas tarefas, em função da elevada demanda e da importância que a CNEN dá à disponibilização da informação adequada para a população. O papel da Ouvidoria é atendido por esses canais.

Quanto à comunicação da CNEN com a sociedade, empresas, fornecedores, mídia e organizações sociais é realizada de forma direcionada, de acordo com objetivo de situação ou projeto.

Como a CNEN é a responsável pelo monopólio da mineração de elementos radioativos e da produção e comércio de materiais nucleares, desenvolve diversas atividades, como pesquisa, fiscalização, educação, capacitação e regulamentação. Assim, a parte de seu site voltado para o público externo é bastante diversificado e bem montado, no qual o internauta encontra o assunto que deseja de forma rápida e eficaz, além de poder se comunicar com a Comissão para tirar dúvidas ou para fazer denúncias e reclamações.

Percebe-se que a CNEN monopoliza o assunto nuclear brasileiro, tendo em vista ser uma autarquia vinculada ao Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), que cuida do assunto para a União. Seu site é direcionado a uma ampla variedade de serviços e informações sobre o tema. Na realidade, o site da CNEN é um portal com uma grande diversidade de informações. Informa sobre energia nuclear, tanto do seu ponto de vista como organiza um *clipping* de notícias que são publicadas nos jornais.

Há informações sobre pesquisas científicas, com biblioteca aberta ao público, inclusive com teses de mestrado e de doutorado. Enfim, com tanta informação disponível, o material para o público leigo acaba ficando extremamente reduzido, na medida em que as informações não estão agrupadas e dirigidas a um alvo específico.

A comunicação com a sociedade é feita de forma direcionada, de acordo com o objetivo. Neste caso, para uma melhor interação, pode-se pensar na possibilidade de um blog e de participação em redes sociais.

II. CONCLUSÕES

Como vimos, a energia nuclear é um tema significativamente complexo pelas suas implicações políticas, socioeconômicas e tecnológicas. E mesmo quando o assunto tem uma relação paralela, como é o caso da comunicação, suscita reações inflamadas, pois as soluções aplicáveis e com real poder de eficácia despertam oposições, quase passionais.

Para fazer frente a tal cenário, é necessária a adoção de uma solução profissional de comunicação. Somente com uma ação integrada, utilizando todos os recursos disponíveis e adequados ao problema é que será possível alcançar uma situação de equilíbrio e serenidade necessários para a justa avaliação do papel que exerce e/ou deverá exercer a energia nuclear na matriz energética nacional.

Na polêmica desencadeada pela discussão em torno da energia limpa, a energia nuclear é considerada a segunda fonte que menos emite gases de efeito estufa. Além disso, o risco associado à radiação de baixa dose, seja de fonte natural ou produzida por reatores, é extremamente pequeno (NEI, 2001).

A segurança que envolve o trabalho nas usinas nucleares é demonstrada com a informação onde estatísticas americanas provam ser mais seguro do que trabalhar numa lanchonete. O processo de fissão é interrompido sempre que a temperatura atinge determinado nível. Os reatores soviéticos estão, agora, mais seguros e em Fukushima, o acidente não afetou a vizinhança nem provocou mortes.

O fornecimento de energia a partir do urânio está garantido pelos próximos 200 anos, a partir do material disponível e da descoberta de novas minas e até pelo dobro, com a reciclagem que vem sendo adotada.

Aqueles que se opõem, procuram exaltar os aspectos negativos, para respaldar argumentação contrária. As críticas perpassam pelo custo do MWh, que seria superior ao de outras fontes energéticas, possibilidade de acidentes nucleares, geração de rejeitos e até proliferação de armas nucleares. Fala-se sobre contaminação do meio ambiente, mutações genéticas, câncer, escassez de matéria prima e como fonte geradora de energia. A postura tem sido a de supervalorizar aspectos negativos, em detrimento dos seus aspectos positivos.

Abordamos o risco de um debate construído sobre a cientificidade dos que defendem e a emotividade dos que se opõem. Na contra argumentação, lembramos que quando a gasolina estava para ser implantada, ela era considerada uma ameaça, como hoje tem sido encarada a energia nuclear. Esse tipo de oposição é gerado num clima histórico/psicológico sustentado, entre outros fatos, pelas explosões atômicas no Japão, pelo ambiente de segredo e espionagem envolvendo o assunto, pelas precipitações radioativas, dentre outros fatos e pelas disputas internacionais.

As opiniões contrárias defendem a manutenção dos reatores existentes e a não proliferação de outros mais. Também expressam o seu descrédito quanto à ação fiscalizadora de organismos como o IEAE, que afirma inspecionar corretamente os programas nucleares dos países

onde essa tecnologia é desenvolvida. O ataque terrorista é outro temor manifestado pelas pessoas.

Para um sólido e consistente trabalho de comunicação, destacamos a necessidade da elaboração de um Plano de Comunicação que envolva a participação de técnicos e profissionais de comunicação. É imprescindível o respaldo técnico de especialistas. Como destaca Kunsch (2002), deverão ser empregados todos os instrumentos de comunicação institucional como: “o jornalismo empresarial, a assessoria de imprensa, a publicidade e a propaganda institucional, a imagem e a identidade corporativa, o marketing social, o marketing cultural e a relações públicas”.

Urge também a promoção de um trabalho comunicacional direcionado aos professores dos níveis fundamental, médio e universitário. É necessário produzir explicações claras, simples, diretas e fáceis de serem entendidas. É preciso evitar comparações e comunicar os aspectos mais simples da tecnologia nuclear. Seja qual for o caminho do Brasil na escolha das suas fontes de energia, o importante é que o debate seja o mais transparente possível.

No caso do Brasil, embora a importância da energia nuclear na matriz energética nacional venha crescendo há décadas, ainda é necessário um trabalho informativo junto à mídia e à opinião pública. É importante que as organizações sem fins lucrativos do setor energético se interessem pela divulgação e pela conscientização das pessoas.

O Brasil conta com grandes possibilidades de tornar a energia nuclear na sua matriz energética nacional, acompanhando a Rússia e os Estados Unidos como os três países no mundo que têm reservas consideráveis de urânio e, ao mesmo tempo, capacidade tecnológica de desenvolver o ciclo completo do combustível nuclear, de maneira equilibrada e sustentável. Por isso, é imprescindível não abrir mão desta riqueza, se considerar a necessidade de uma atuação profissional que amplie o debate através de uma comunicação eficaz e transparente.

Com um trabalho coordenado na área de comunicação e transparência do setor nuclear, tratado como assunto de interesse nacional e envolvendo todos os protagonistas importantes desta cadeia energética, poderemos elevar o País a uma invejável condição de autossuficiência energética. Afinal, tecnologia nuclear não se compra: desenvolvemos internamente ou abrimos mão dela.

O aumento da capacidade científica, tecnológica e industrial no setor nuclear é fundamental, principalmente, para sua aplicação na indústria e na saúde. Porém, deve estar associado ao papel da sua maior transparência na sociedade.

Acreditamos ser de suma importância o investimento na área de comunicação e na transparência da matriz energética nuclear no Brasil. Somente assim, o setor poderá responder de maneira socialmente responsável às necessidades da sociedade e às atuais pressões genuínas do tripé da sustentabilidade: as pessoas, a economia e a natureza, saudáveis.

REFERÊNCIAS

- [1]. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Communications on nuclear, radiation, transport and waste safety: a practical handbook. Viena; IAEA, 1999. Disponível em: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1076_prn.pdf. Acessado em: 15/04/2012.
- [2]. ALEMANHA DEU UM PASSO ATRÁS. O Globo, 01/06/2011.
- [3]. ALMEIDA, Paulo Roberto. Estratégia Nacional de Defesa: comentários dissidentes. Juiz de Fora, UFJF, 2009.
- [4]. AMORIM, Maira. Sem medo de estar na rede. O Globo, Boa Chance, 9 de setembro de 2012, pg. 1, 3.
- [5]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA NUCLEAR. ABEN. Fonte nuclear. Rio de Janeiro: ABEN, Coleção: 2010, 15 (15-20). Disponível em: <http://www.aben.com.br/html/publicacoes2.php?dest=fonte>. Acessado em: 19/07/2011.
- [6]. BENTO, Juliana; PEDROSO, Gelta Madalena Jönck. Avaliação econômica e ambiental da energia atômica no Brasil. Acta Scientiarum. Technology v. 31, n. 2, p. 159-165, 2009.
- [7]. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. CNEN. Relatório de atividades 2003-2010. Rio de Janeiro: CNEN, 2011.
- [8]. DEL SENT, Eliane; RABAIOLLI, Janderle. Greenpeace: Uma análise sobre as políticas de comunicação adotadas frente a energia nuclear. Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação. X Congresso de Ciências da Comunicação na Região Sul, Blumenau (SC); 28 a 30 de maio de 2009. Disponível: <http://www.intercom.org.br/papers/regionais/sul2009/resumos/R16-0920-1.pdf>. Acessado em: 21/07/2011.
- [9]. DESATIVAÇÃO DAS USINAS NUCLEARES NO MUNDO É INVIÁVEL. Diário da Rússia, 27/06/2011.
- [10]. FREIRE-MAIA, Ademar. Riscos nucleares e outros riscos: avaliação e aceitabilidade. Interciencia, v. 22, n. 5, 1997. p. 264-268. Disponível em: http://www.interciencia.org/v22_05/ensayo.html. Acessado em: 21/07/2011.
- [11]. KROLICKI, Kevin; URANAKA, Taiga. Operadora de Fukushima manterá reatores apesar de oposição. Reuters Brasil, 28/06/2011.
- [12]. KUNSCH, Margarida M. Krohling. Universidade e comunicação na edificação da sociedade. São Paulo: Edições Loyola, 1992.
- [13]. LAYRARGUES, Philippe Pomier. Razão e emoção em torno da tecnologia nuclear. Ciência Hoje, v. 30, n. 175, 2001. p. 65-67. Disponível em: http://material.nerea-investiga.org/publicacoes/user_35/FICH_ES_33.pdf. Acessado em: 21/07/2011.
- [14]. LEITÃO, Miriam. O futuro nuclear. O Globo, Panorama econômico. 17/06/2011.
- [15]. MARQUES, Alfredo. Energia Nuclear e Adjacências. Rio de Janeiro: Editora UERJ (EdUERJ), 2009.
- [16]. NATIONAL ENERGY INSTITUTE. NEI. Myths & Facts About Nuclear Energy. [Site na Internet]. 2012. Disponível em: <http://www.nei.org/newsandevents/nei-backgrounders/myths--facts-about-nuclear-energy>. Acessado em: 19/07/2011.
- [17]. RITCH, John. Winning the Nuclear Debate as the New Century Begins. World Nuclear Association. [página na Web]. 2001. Disponível em: http://www.world-nuclear.org/John_Ritch_speeches/John_Ritch_pime2001.html. Acessado em: 19/07/2011.
- [18]. SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA (SBPC). Consequências de Fukushima. SBPC NET, 27/06/2011.
- [19]. WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. WNA. The Nuclear Debate. [página na Web]. 2012. Disponível em: <http://www.world-nuclear.org/info/inf50.html>. Acessado em: 05/05/2012.

Teia de Profissões

Alexandre Vieira Baldin Totti

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
alexandre Vieira@geb.inatel.br

Higor Augusto Silvério

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
higoraugusto@gee.inatel.br

Otávio Augusto Silvério

Instituto Nacional de
Telecomunicações - Inatel
otavio.augusto@gec.inatel.br

Resumo—Este documento tem como objetivo apresentar um trabalho realizado por alunos do Inatel com alguns profissionais da área de engenharia com o propósito de conhecer melhor as diversas possibilidades de atuação de um engenheiro.

Palavras chave— teia, teia de profissões, engenharia.

I. INTRODUÇÃO

O foco deste trabalho foi uma pesquisa envolvendo profissionais formados em engenharia pelo INATEL, com o objetivo de expor aos alunos todas as áreas que um profissional desta área pode atuar. Tem o intuito de dar-lhes um direcionamento de suas carreiras, para que se preparem melhor e de forma mais focada, antes de saírem da faculdade.

II. O TRABALHO

O trabalho foi dividido em duas tarefas principais, encontrar informações sobre as profissões e exibir estas informações em um local onde os alunos possam ter acesso. Para a primeira, foram definidas quais seriam as fontes para retirar as informações necessárias, que no caso foram engenheiros formados em engenharia elétrica, da computação, biomédica ou automação e que atuavam no mercado em uma área relacionada ao seu curso. Quanto à segunda tarefa, foi feita uma entrevista gravada em vídeo com os profissionais e criado um site para os alunos acessarem os vídeos.

III. PESQUISA

Basicamente, o intuito inicial do projeto foi desmembrar os cursos de engenharia do INATEL por suas áreas de atuação e coletar dados, através de entrevistas a profissionais atuantes no mercado, para que possam evidenciar em seus depoimentos informações sobre como é e como deve ser o engenheiro que queira ingressar em tal área.

Para as entrevistas, foram buscados engenheiros formados no INATEL, nos cursos de engenharia e tecnologia, que atuam e tem sucesso em suas áreas de trabalho. Para um melhor atendimento da amplitude que tem a atuação na engenharia, foram escolhidos diferentes profissionais atuando em campos de trabalho distintos entre si, de forma a alcançar os principais grandes campos das engenharias.

Foram elaborados questionários para que sejam coletados os dados fundamentais dos engenheiros, enviados via e-mail,

explicando o objetivo e metodologia do projeto e pedindo a participação. Sendo aceita, as próprias informações do questionário dão base ao roteiro da entrevista.

O roteiro foi elaborado individualmente para cada participante, de acordo com suas informações de graduação, campo de atuação, companhia ao qual trabalha, tempo na área, trabalhos paralelos entre outras, conseguidas pelo questionário.

Enviado o roteiro e agendado a entrevista, o vídeo é feito por equipamentos da própria equipe, após um trabalho de treinamento realizado com o Programa Inatel Cultural, para captação de áudio e vídeo em boa qualidade.

Para cada vídeo foi necessário a edição, fazendo com que fossem mais sucintos e focados no tema de abordagem buscado. Feita a edição, é feito o upload do arquivo no site desenvolvido para o acesso dos usuários ao trabalho.

IV. SITE

Para exibir as informações aos alunos, foi construído um site utilizando a linguagem de programação PHP. O site contém diversas funcionalidades, como listagem de cursos, listagem de entrevistas de um curso, exibição de entrevista e gestão de cursos e de entrevistas.

O site foi dividido em duas partes, uma para os alunos, o frontend, e outra para administração do conteúdo, o backend. No frontend, o aluno tem acesso às páginas de listagem de cursos [1], listagem de entrevistas de um curso [2] e exibição de entrevista [3], enquanto o backend, o administrador tem acesso às páginas de listagem de cursos [4], listagem de entrevistas de um curso [5] e exibição de entrevista [3], ao formulário de cadastro de cursos [6] e ao formulário de cadastro de entrevistas [7]. No backend também há a tela de login [8], para controle de acesso dos usuários.



Fig. 1. Página de Listagem de Cursos – Teia

A página exibe o curso 'Engenharia da Computação' com uma descrição detalhada sobre o perfil do egresso e a formação geralista. À direita, há uma imagem de um estudante. Abaixo, a seção 'Documentários' mostra o nome 'Hugo Saporetto Junior', a profissão 'Especialista em Desenvolvimento de Software' e a data '24/10/2013'. No rodapé, o projeto de iniciação científica é detalhado com o mesmo tema e orientador.

Fig. 2. Página de Listagem de Entrevistas de um Curso - Frontend

A página mostra o perfil do profissional entrevistado, Hugo Saporetto Junior, com uma descrição da profissão e um currículo resumido. O currículo menciona experiências em Linux, Java, JSP e PHP. Abaixo, há um vídeo de uma entrevista com o mesmo profissional. O rodapé repete as informações do projeto de iniciação científica.

Fig. 3. Página de Exibição de Entrevistas

A interface de backend mostra uma tabela com os cursos cadastrados. Cada linha contém a sigla, o nome do curso e botões para editar ou excluir. A tabela lista cursos como Engenharia de Computação, Engenharia Biomédica, Engenharia de Controle de Automação, Engenharia de Telecomunicações, Tecnologia em Automação Industrial, Tecnologia em Gestão de Telecomunicações e Tecnologia em Redes de Computadores.

Fig. 4. Página de Listagem de Cursos - Backend

Esta tela de backend apresenta a mesma estrutura de frontend, mas com uma tabela de 'Documentários' que inclui campos para Profissão, Profissional Entrevistado, Data, Editar e Excluir. Os dados exibidos correspondem ao curso de Engenharia da Computação e ao profissional Hugo Saporetto Junior.

Fig. 5. Página de Listagem de Entrevistas de um Curso – Backend

O formulário permite o cadastro de novos cursos. Campos obrigatórios incluem Sigla, Nome e Descrição. Há também um campo para o nome da imagem. Botões de 'Salvar' e 'Cancelar' estão disponíveis. O rodapé contém as informações padrão do projeto de iniciação científica.

Fig. 6. Formulário de Cadastro de Cursos

Inatel
Instituto Nacional de Telecomunicações

[Sair](#)

Cadastro de Profissao

Nome:

Nome do Profissional Entrevistado:

Descrição:

Mini Currículo:

URI Video:

Data:

Projeto de Iniciação Científica

Tema:

Tipo de Profissão:

Orientador:

Alunos:

Aluno(a) Titulo:

Aluno(a) Orientador:

Aluno(a) Orientador:

Fig. 7. Formulário de Cadastro de Entrevistas

Login

Usuário:

Senha:

Fig. 8. Página de Login

V. CONCLUSÃO

O trabalho realizado ajuda o aluno, que muitas vezes ingressa na faculdade de engenharia ainda sem saber de suas diversas opções de mercado e sem saber como é a rotina de trabalho e a preparação necessária para o profissional que busca trabalhar em determinada área de atuação.

As entrevistas foram uma forma buscada em que se tenha uma grande quantidade de informações importantes a serem passadas ao usuário de forma dinâmica, rápida e não tediosa.

Alunos dos diferentes cursos de engenharia e tecnologia do INATEL poderão acessar, logo que ingressar, as paginas dos diferentes cursos da instituição, ver e concatenar as diferentes áreas de cada curso e identificar o que realmente busca no instituto. Permitindo que o aluno saiba como deve direcionar sua graduação, como deve ser sua preparação e quais características pessoais deve desenvolver para ao se graduar, seja um profissional apto, bem preparado e confiante para trabalhar em sua área de preferência.

Estudo das equações diferenciais com aplicações e modelagem em telecomunicações para um circuito RLC (Série)

Daniel Matumona Mulato

Solival Manuel António Zito

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
dmulato@get.inatel.br

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
solivalz@get.inatel.br

Resumo— O texto tem como objetivo apresentar alguns processos já existentes na realização de uma análise em um circuito RLC (série) cujo o foco está direcionado para questões relativas a aplicações e modelagens das equações diferenciais em telecomunicações.

Palavras chave— Equações diferenciais, Circuito RLC, modelagem, telecomunicações, aplicações.

I. INTRODUÇÃO

Especificamente sobre Aplicações das Equações diferenciais e Modelagem em Telecomunicações, existem muitas linhas de pesquisa já contempladas e outras em desenvolvimento e muitos parâmetros a serem analisados sobre o comportamento das grandezas a serem apresentadas nessa trabalho. Vamos descrever o comportamento dos elementos de um circuito RLC (Série) e os seus efeitos num circuito de comunicação. O circuito RLC apresenta oscilações eletromagnéticas de frequência bem definida, de modo que ele aparece em aplicações diversas como circuitos de rádio telecomunicações em geral. Se usarmos um capacitor variável podemos alterar a frequência do circuito, de modo que ele sintonize a frequência de uma onda de rádio, por exemplo. Este circuito apresenta algumas propriedades de extrema importância para as radiocomunicações. A primeira delas é a de oscilar numa frequência única, mas a aplicação mais interessante é na área das telecomunicações, em que as ondas eletromagnéticas atuam como intermediárias na transmissão das informações do transmissor até o receptor, constituindo-se o que se chama sinal, uma propriedade física dos meios de comunicações.

II. METODOLOGIA

A nossa proposta prevê a utilização de softwares que facilitem o entendimento na modelagem matemática e análise gráfica do comportamento dos parâmetros e a compreensão dos alunos para uma boa aplicação, sobre as equações diferenciais.

III. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo prever o conhecimento necessário para estudos e aplicações das equações diferenciais nas áreas de projetos de filtros e de redes de comunicação. Aprender como as equações diferenciais podem ser usadas para análise do comportamento dos componentes eletrônicos e entre outras coisas. Nosso objetivo é estudar a aplicação das equações diferenciais nos circuitos RLC, que são circuitos ajustados frequentemente e usados em Telecomunicações.

IV. PESQUISA

Durante nossa pesquisa e estudo sobre equações diferenciais foram realizadas entrevistas com dois professores do Instituto Nacional de Telecomunicações sobre aplicações das equações diferenciais na telecomunicação. Na entrevista com os dois professores, eles mostraram conceitos em comum em relação às aplicações em sistemas de comunicações. Por meio dessa entrevista destacamos algumas áreas muito importantes no estudo das equações diferenciais que são as seguintes: Antenas, Telefonia, Satélites, Modems, Televisão, Controle-Remoto, Autofalante e Microfone.

V. ENTREVISTAS

1- Quais foram as dificuldades que você encontrou para este trabalho?

Resposta: Encontrar um circuito para modelar e analisar os efeitos dos elementos dentro do circuito, o que fazer para superar essas coisas e como saber que o comportamento de um elemento muda automaticamente a função do circuito.

2- Qual foi seu aproveitamento?

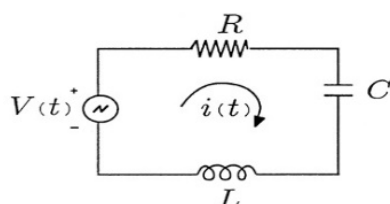
Resposta: Ter conhecido outras áreas de aplicação das equações diferenciais e a facilidade de saber que um software ajuda muito no estudo e na análise de uma situação que envolve equação diferencial e como um software é fundamental na vida de um engenheiro.

VI. ANÁLISE GERAL

Com nossas pesquisas, descobrimos que a maior dificuldade foi no desenvolvimento das equações

diferenciais e na sua complexidade para o seu entendimento e a sua modelagem. Tivemos várias sugestões, mas a que mais adequou ao nosso estudo foi a grande aplicação das equações diferenciais em sistemas de comunicações apesar de algumas equações serem muito complexas, o que aumenta o interesse de continuar a trabalhar nessa área e desenvolver mais algumas aplicações de modo ajudarmos na evolução tecnológica. Deste modo será mais interessante trabalhar com um software que modela as equações diferenciais para que possamos entender suas aplicações em sistemas de comunicações. No nosso trabalho o software usado foi o MATLAB 2013, pois já conhecíamos o software e já tínhamos feito um curso sobre ele. Com isso a modelagem e a resolução das equações diferenciais se tornaram mais fáceis. O MATLAB é um software simples, tem fácil acesso e permite construir gráficos bidimensionais e tridimensionais, manipula expressões simbólicas e numéricas, incluindo a resolução das equações diferenciais. Essas possibilidades, em conjunto com o fato de ser de domínio público, tornam o MATLAB uma ferramenta muito interessante na modelagem e resolução das equações diferenciais.

VII. MODELAGEM DE UM CIRCUITO RLC E O SOFTWARE



Análise com uma tensão de entrada $V(t) = V$ constante. Equacionando esse circuito de modos a calcular a corrente, utilizando a Lei da Tensão de Kirchhoff temos:

$$V_R + V_L + V_C = V(t) \quad (1)$$

De acordo com os parâmetros de cálculo de resistência, capacitor e indutor:

$$V_L = L \frac{di(t)}{dt}; \quad V_C = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i(t) dt \quad \text{e} \quad V_R = R \cdot i(t), \quad \text{a equação (1) fica:}$$

$$R \cdot i(t) + L \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i(t) dt = V$$

Tornando a equação diferencial de segunda ordem na forma canônica, fizemos: Dividindo por L e derivando ambos os membros tem-se:

$$\frac{d^2 i(t)}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{LC} i(t) = 0 \quad (2)$$

Substituindo na equação (2) os parâmetros importantes do circuito RLC como:

$$\text{Frequência de Ressonância: } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\text{Fator de carga: } Q = \frac{R}{\omega_0 L}$$

$$\frac{d^2 i(t)}{dt^2} + 2Q \frac{di(t)}{dt} + \omega_0^2 i(t) = 0 \quad (3)$$

Resolvendo a equação diferencial de segunda ordem do primeiro grau do tipo homogênea, usando o teorema de combinação linear independentes da equação diferencial:

Admitindo que a solução deve ter a forma $i(t) = e^{mt}$, para resolvermos, faz-se:

$$\frac{di(t)}{dt} = m e^{mt} \quad \text{e} \quad \frac{d^2 i(t)}{dt^2} = m^2 e^{mt}$$

substituindo na equação (3) obtemos a equação característica da equação diferencial:

$$m^2 + 2Qm + \omega_0^2 = 0 \quad (4)$$

Resolvendo a equação (4) quadrática com a fórmula resolvente (Bhaskara) fica:

$$m_{1,2} = \frac{-2Q \pm \sqrt{4Q^2 - 4\omega_0^2}}{2} \rightarrow m_{1,2} = -Q \pm \sqrt{Q^2 - \omega_0^2} \quad (5)$$

Cálculo da corrente

Para solucionar a equação (3), temos 3 casos distintos:

1º Duas raízes reais e distintas – Se $m_1 \neq m_2$ a solução geral é $i(t) = c_1 e^{m_1 t} + c_2 e^{m_2 t}$

2º Duas raízes reais e iguais – Se $m_1 = m_2$ a solução geral é $i(t) = c_1 e^{m t} + c_2 t e^{m t}$

3º Duas raízes complexas – Se $m = a \pm bj$ a solução é $i(t) = c_1 e^{at} \cos(bt) + c_2 e^{at} \sin(bt)$

Após termos uma das variáveis mais importantes definida a $i(t)$, devemos mostrar a curva característica da corrente na unidade do tempo para análise da resposta do circuito RLC. A curva apresentada abaixo depende dos valores de Q e ω_0 , de acordo com a equação (5):

$$R \cdot i(t) + L \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i(t) dt = V_0 \sin(\omega t)$$

Após termos uma das variáveis mais importantes definida a $i(t)$, devemos mostrar a curva característica da corrente na unidade do tempo para análise da resposta do circuito RLC. A curva apresentada abaixo depende dos valores de Q e ω_0 , de acordo com a equação (5):

$$R \cdot i(t) + L \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i(t) dt = V_0 \sin(\omega t)$$

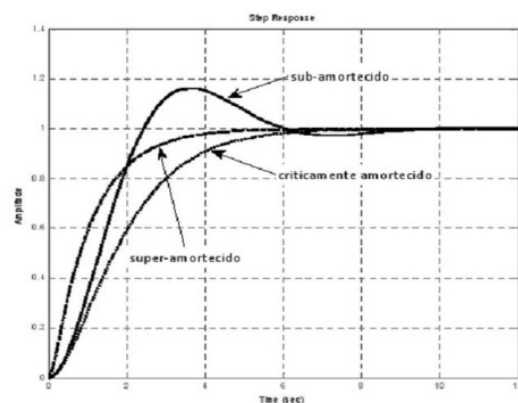


Fig. : respostas características de um circuito RLC série.

1º Caso: indica sobrecarga ou super-amortecimento, quando a solução do polinômio característico são números reais distintos, ou seja $Q > \omega_0 \rightarrow RC > 4 \frac{L}{R}$

2º Caso: indica carga crítica ou criticamente amortecido, pois funciona sob regime amortecido crítico quando a solução são números reais iguais seja $Q = \omega_0 \rightarrow RC = 4 \frac{L}{R}$

3º Caso: indica sub carga ou sub-amortecido, é do tipo periódico amortecido, quando a solução são números reais iguais seja $Q < \omega_0 \rightarrow RC < 4 \frac{L}{R}$
Análise com uma tensão de entrada $V(t) = V_0 \sin(\omega t)$ Alternada

A análise para um circuito RLC série com um gerador de corrente alternada é a mesma para um com uma fonte constante exceto a aplicação e as equações matemáticas finais.

Tornando a equação diferencial de segunda ordem na forma canônica, fizemos: dividindo por L e derivando ambos os membros tem-se:

$$\frac{d^2 i(t)}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{LC} i(t) = \frac{V_0 \omega}{L} \cos(\omega t) \quad (6)$$

Em que $\cos(\omega t) = e^{j\omega t}$, isso tomada como a parte real da equação complexa, em que $i(t)$ toma a forma: $i(t) = i_0 e^{j(\omega t + \varphi)}$

$$\frac{d^2 i(t)}{dt^2} = j\omega i_0 e^{j(\omega t + \varphi)}$$

$$\frac{d^2 i(t)}{dt^2} = -\omega^2 i_0 e^{j(\omega t + \varphi)}$$

Substituindo fica:

$$-\omega^2 i_0 e^{j(\omega t + \varphi)} + j\frac{R}{L} \omega i_0 e^{j(\omega t + \varphi)} + \frac{1}{LC} i_0 e^{j(\omega t + \varphi)} = \frac{V_0 \omega}{L} e^{j\omega t}$$

Simplificando de modo a chamar $e^{j\omega t} = 1$, resolve-se para o módulo de i_0 :

$$i_0 = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

A solução real é: $i(t) = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \cos(\omega t + \varphi)$

O parâmetro de fase, φ , determina-se por:

$$\tan \varphi = \frac{1}{\omega RC} - \frac{\omega L}{R}$$

A intensidade da corrente será máxima quando:

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0, \text{ ou seja } \omega^2 = \omega_0^2 = \frac{1}{LC}$$

Neste caso $\varphi = 0$, e a amplitude máxima da

intensidade da corrente é $i_{\max} = \frac{V_0}{R}$

VIII. DESENVOLVIMENTO DE UM CIRCUITO RLC

As equações diferenciais são usadas em várias ramificações de sistemas de telecomunicações, isto é, na solução de problemas de circuitos e eletromagnetismo, veremos alguns exemplos:

- 1- Para montagem de uma antena é necessário levar em consideração aspectos como as leis de MAXWELL eletromagnética que possuem cálculos diferenciais muito complexas.
- 2- Os sistemas de equações diferenciais de segunda ordem são utilizados em teoria para sinais de saída de um sistema de entrada quando um deles for determinado.

Para desenvolvimento de um circuito RLC existem dois parâmetros fundamentais que descrevem o comportamento dos circuitos RLC: a frequência de ressonância e o fator de carga. Além disso, existem outros parâmetros que podem ser derivados destes dois primeiros. O circuito LC apresenta oscilações eletromagnéticas de frequência bem definida, de modo que ele aparece em aplicações diversas como circuitos de rádio e telecomunicações em geral. Se usarmos um capacitor variável podemos alterar a frequência do circuito, de modo que ele pode sintonizar a frequência de uma onda de rádio. O circuito RLC devido ao resistor, a energia eletromagnética não é mais conservada, pois ela é dissipada em calor (efeito Joule), com potência $R i^2$. Se não houver

um aporte de energia por parte de uma bateria, com o passar do tempo tanto a carga no capacitor como a corrente no indutor tendem a zero, frequência de ressonância. A frequência natural ou de ressonância sem carga de um circuito RLC (em radianos por segundo) é:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Onde a frequência de ressonância ω_0 é dada pela expressão acima.

Fator de carga (constante de amortecimento do circuito RLC)

O fator de carga do circuito (em radianos por segundo) é:

$$Q = \frac{R}{\omega L}$$

Para aplicações em circuitos osciladores, é geralmente desejável que o fator de carga seja o menor possível ou, de igual forma, aumentar o fator de qualidade (Q) o máximo possível. Na prática, isto requer uma redução na resistência R no circuito para uma quantia tão baixa quanto fisicamente possível. Neste caso, o circuito RL torna-se uma boa aproximação do circuito LC ideal, que não é realizável na prática. (mesmo que a resistência seja removida do circuito, ainda existe uma resistência pequena, porém diferente de zero no fio e nas conexões entre os elementos do circuito que não pode ser eliminada totalmente).

Alternativamente, para aplicações em filtros passa-banda, o fator de carga é escolhido baseado na largura de banda desejada do filtro. Para uma maior largura de banda, um maior fator de carga é necessário, e para uma largura de banda menor, utiliza-se um menor fator de carga. Na prática, isto requer ajustar os valores relativos da resistência R e do indutor L no circuito.

Largura de banda

O circuito RLC pode ser utilizado como um filtro passa-faixa ou rejeita-faixa, e a sua largura de banda (em radianos por segundo) é:

$$LB = 2Q = \frac{R}{L}$$

Qualidade ou fator Q

A qualidade do circuito, ou fator Q (ver Equalizador), é calculada como a razão entre a frequência de ressonância e a largura de banda (em radianos por segundo):

$$Q = \frac{\omega_0}{LB} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

IX. O USO DAS TELECOMUNICAÇÕES EM CIRCUITOS

O rádio e a televisão funcionam graças a ondas eletromagnéticas. Numa estação de rádio, ou televisão, existem os transmissores e uma antena. A antena é um condutor de corrente elétrica, cujos elétrons executam um movimento vibratório, com determinada frequência. Esse movimento é produzido pelos circuitos dos transmissores. O movimento vibratório dos elétrons cria as ondas eletromagnéticas características daquela estação e que se propagam em todas as direções do espaço. No aparelho de rádio, ou televisão, também existem circuitos e uma antena. Na antena receptora os elétrons também têm movimento vibratório, de mesma frequência

que os elétrons da antena transmissora. Esse movimento é produzido pelas ondas eletromagnéticas captadas pela antena.

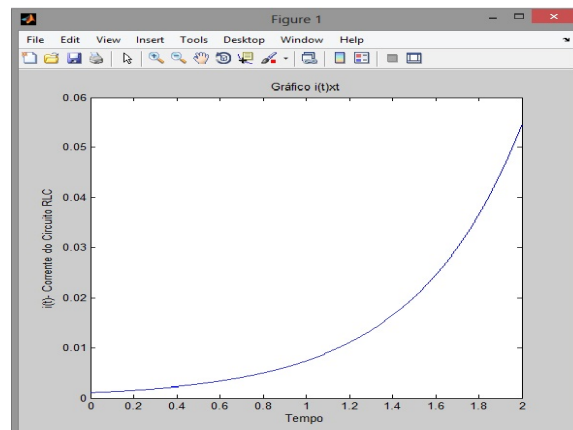
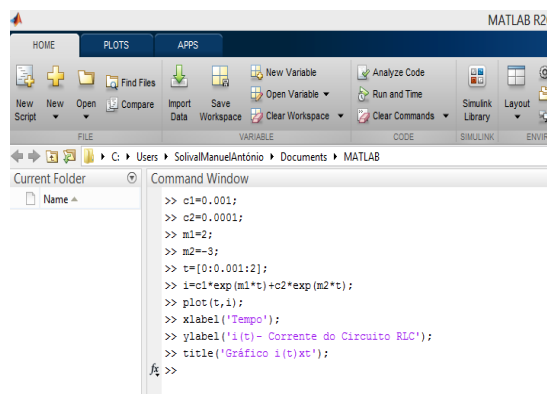
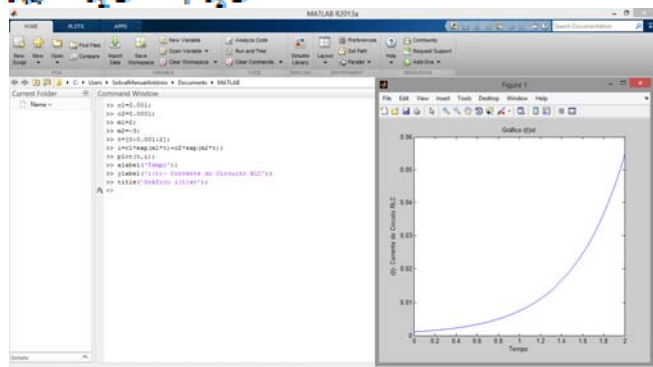
Com base o software notamos a facilidade e a grande vantagem de uso em telecomunicações para implementação de projetos que envolvem sistemas de comunicações. Também percebemos que o uso de software tem que ser cativado pela instituição para que haja uma boa interação entre os alunos e o software porque isso fará com que ele tenha um campo de domínio muito amplo para desenvolver seus projetos sonhados ou planejados, mais com a utilização do mesmo poderá trazer outra realidade em seus objetivos na sua formação.

X.APLICAÇÃO DO SOFTWARE

1º Caso: Indica Sobrecarga ou Super-Amortecimento, quando a solução do polinômio característico são números reais distintos, ou seja $Q > \frac{\omega_0}{2}$

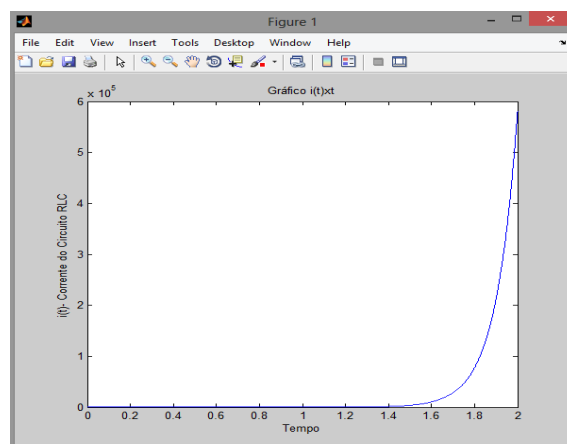
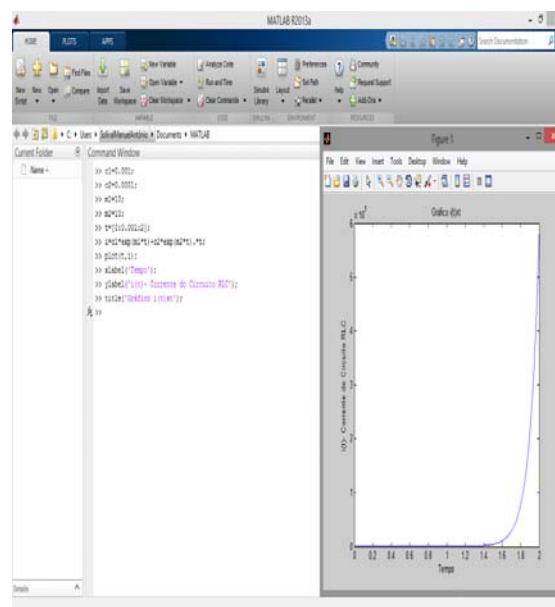
$$\rightarrow RC > 4 \frac{L}{R}$$

Raízes Reais e Distintas – Se $m_1 \neq m_2$ a solução geral é $i(t) = c_1 e^{m_1 t} + c_2 e^{m_2 t}$



2º Caso: Indica Carga Crítica ou Criticamente-Amortecido, pois funciona sob regime amortecido crítico quando a solução são números reais iguais seja $Q = \frac{\omega_0}{2}$
 $\rightarrow RC = 4 \frac{L}{R}$

2º Raízes Reais e Iguais – Se $m_1 = m_2$ a solução geral é $i(t) = c_1 e^{m_1 t} + c_2 t e^{m_1 t}$

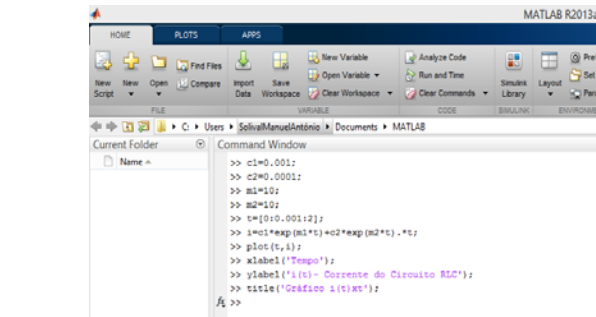


XI. CONCLUSÃO

Com este trabalho aprendemos a desenvolver e modelar uma equação diferencial a partir de um circuito RLC. Aplicamos o conhecimento adquirido no curso de graduação sobre a resolução de uma equação diferencial. Esperamos que com este trabalho venhamos a contribuir com desenvolvimento tecnológico das telecomunicações e com outras áreas que envolvam equações diferenciais. Entendemos também que a modelagem de uma equação diferencial muito complexa pode ser desenvolvida ou resolvida através de um software, que foi um recurso utilizado por nós, e é também um dos recursos utilizados em outras áreas científicas para resolver equações diferenciais. As equações diferenciais possuem um papel muito importante na área de telecomunicações, principalmente para estudos e aplicações nas áreas de projetos de filtros e de redes de comunicação.

REFERÊNCIAS

- [1] Análise de circuitos em engenharia, Irwin, J. David, edição Nº 4 (ano 2000)
- [2] Análise de circuitos de 1º e 2º Ordens, J.R. Kaschny, disponível em <http://physika.info/physika/documents/analise2.pdf>
- [3] Conceitos básicos de Telecomunicações, Marcus Vinicius Mordente Monteiro estudante de Engenharia Elétrica da UNIUBE, disponível em <http://pu1stf.blogspot.com.br/2012/05/conceitos-basicos-de-telecomunicacoes.html> <<http://circuitosrlc.blogspot.com.br/>
- [4] Boyce – DiPrima, “Equações Diferenciais Elementares e Problemas de Valores de Contorno”, sétima edição.
- [5] Dennis G. Zill, “Equações Diferenciais com Aplicações em Modelagem”.
- [6] Morris W. Hirsch, Stephen Smale, Robert L. Devaney, “Differential Equations, Dynamical Systems, And Na Introduction to Chaos”, Capítulo 12



3º Raízes Complexas – Se $m = a \pm bj$ a solução é $i(t) = c_1 e^{at} \cos(bt) + c_2 e^{at} \sin(bt)$

3º Caso: Indica Subcarga ou Sub-Amortecido, é do tipo periódico amortecido, quando a solução são números reais iguais seja $Q < W_0 \rightarrow RC < 4 \frac{L}{R}$

