



Projeto Piloto de IoT para Cidades Inteligentes - Implantação de uma Plataforma Big Data

INATEL - INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES
ICC - INATEL COMPETENCE CENTER

Santa Rita do Sapucaí
Agosto de 2024

Sumário

Lista de Figuras	ii
Lista de Tabelas	iii
Acrônimos	iv
1 Introdução	1
2 Contexto do Projeto	2
2.1 Informações sobre os municípios do projeto	4
2.2 Parceiros Envolvidos na Plataforma Big Data	6
3 Contexto da Plataforma Big Data	7
3.1 Regulamentos para Plataforma Big Data	7
3.2 Plataforma Big Data Inteligente	7
3.3 Tecnologias	8
4 Descrição da Plataforma de Integração de Dispositivos IoT	10
5 Desafios de implementação	19

Lista de Figuras

2.1	Santa Rita do Sapucaí/MG. Fonte: [9]	5
2.2	Caxambu/MG. Fonte: [11]	5
2.3	Piraí/RJ. Fonte: [13]	6
4.1	Plataforma unificada integradora de dispositivos IoT da VS Telecom.	11
4.2	Controle total das câmeras pela plataforma unificada da VS Telecom.	12
4.3	Cenário atual do município de Caxambu.	13
4.4	Fluxo demonstrando o funcionamento das lâmpadas.	14
4.5	Fluxo demonstrando o funcionamento das câmeras.	15
4.6	Fluxo demonstrando a integração entre as lâmpadas e as câmeras da cidade.	17
4.7	Limiar de ruído aceitável definido em 2 grupos de câmeras.	18
4.8	Informações dos <i>logs</i> gerados pela plataforma SinapseCloud.	18

Lista de Tabelas

2.1 Setores e Aplicações	3
------------------------------------	---

Acrônimos

API *Application Programming Interface*

BNDES Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

FINATEL Fundação Instituto Nacional de Telecomunicações

GSM *Global System for Mobile Communications*

GPS *Global System Positioning*

ISM *Industrial, Scientific, and Medical*

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Inatel Instituto Nacional de Telecomunicações

IoT *Internet of Things*

LGPD Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais

LoRa *Long Range*

LTE *Long Term Evolution*

MCTIC Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

MQTT *Message Queuing Telemetry Transport*

ODS Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Capítulo 1

Introdução

De acordo com a Constituição Federal do Brasil, compete ao município “organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local” [1]. O monitoramento das câmeras de vigilância municipal tem se tornado uma ferramenta muito útil e importante para temas relacionados a supervisão das vias, tráfego de veículos e pessoas e relacionados a segurança pública e zeladoria do patrimônio público e privado. Associado a isso temos ainda o sistema de iluminação pública inteligente que também foi tema de uma das fases de implementação do projeto Pilotos de IoT e que permite entre outras funcionalidades o monitoramento por meio de sensor de ruído integrado do nível audiométrico das vias públicas, por exemplo identificando acidentes de trânsito ou disparo de armas de fogo por exemplo.

A criação de uma plataforma unificada que possa integrar todas as iniciativas de Cidades Inteligentes que tem suas funcionalidades e aplicabilidades operando individualmente pode catalizar e amplificar os benefícios e abrangência das soluções que podem ser apresentadas aos gestores públicos e forças de segurança, melhorando a sua performance e capacidade de decisão com maior número de informações disponíveis. Esta iniciativa pode simplificar a operação das mais diversas interfaces para os diferentes serviços de Cidades Inteligentes implementados, reduzindo a necessidade de alternância entre estas interfaces, reduzindo a carga de trabalho e melhorando a eficiência do servidor que irá operar todas estas ferramentas no cotidiano de nossas cidades. Além disso, a segurança dos dados é importante nesse sistema, sendo necessários algoritmos aprimorados de proteção contra ataques cibernéticos. Diante deste cenário, soluções de *Internet of Things* (IoT) possuem grande potencial de aplicação no setor de Mobilidade das cidades [2].

Capítulo 2

Contexto do Projeto

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), em parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), liderou um estudo denominado “Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil” e propôs um plano de ação para o desenvolvimento da Internet das Coisas no Brasil [3, 4]. Esse estudo foi dividido em 4 fases e cada uma dessas em objetivo e principais produtos. O produto 8A da terceira fase, nomeado “Relatório do plano de ação – Iniciativas e Projetos Mobilizadores”, cita que a adoção de IoT traz benefícios socioeconômicos para a sociedade, assim como, auxilia no cumprimento das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), abrangendo 43% desses objetivos [4].

Uma das verticais priorizadas no estudo é o ambiente de Cidades, que possui 4 objetivos estratégicos: mobilidade, segurança pública, eficiência energética e saneamento e inovação [4]. Dentre as ações para o cumprimento dessas metas está a implantação de um sistema de rastreamento da frota municipal, o qual pode ser integrado e interconectado ao sistema de videomonitoramento inteligente [2], criando assim um sistema integrado entre diferentes áreas, com gestão integrada e aplicações que auxiliam os setores social, econômico e ambiental, como apresentado na Tabela 2.1, podemos citar ainda o sistema de iluminação pública inteligente, que é capaz de reduzir o consumo energético e melhorar a eficiência deste gasto público e oferecendo possibilidades de integração com as demais áreas para auxiliar na obtenção das metas citadas. No entanto as diversas iniciativas para implementação de serviços de Cidades Inteligentes traz consigo a dificuldade de operação de diversas interfaces diferentes, uma para cada iniciativa implementada, ora, se for possível integrar estas soluções em uma única plataforma poderemos simplificar a operação e criar zonas de sinergia onde as funcionalidades das diversas iniciativas possam ser potencializadas pelas demais iniciativas, como por exemplo, na ocorrência de um ruído excessivo captado pelo sensor no sistema de iluminação pública inteligente o sistema de monitoramento por câmeras pode automaticamente direcionar a câmera mais próxima para a região onde o ruído foi percebido, ou ainda por meio do monitoramento da frota municipal pode se identificar a viatura da Guarda Civil Municipal mais próxima e direcioná-la para averiguar o ruído captado, aumentando a integração e a resolução das ocorrências, melhorando a percepção de qualidade

do serviço público prestado.

Tabela 2.1: Setores e Aplicações

Setor	Aplicação
Social	Monitoramento do tráfego; Semáforo inteligente; Estacionamento inteligente; Monitoramento de possíveis eventos críticos; Qualidade de visibilidade das vias; Segurança da população; Melhorar a interatividade com o cidadão.
Ambiental	Monitoramento meteorológico; Monitoramento e alertas para possíveis catástrofes; Monitoramento da poluição; Detecção de gases tóxicos; Crédito de Carbono.
Econômico	Alerta de acidente ou disparo de arma de fogo; Redução do consumo de energia elétrica; Redução dos custos de manutenção.

Aplicações reais de Plataformas de integração, principalmente, de câmeras de vigilância de diversos fabricantes já podem ser observadas em diversas cidades. O município de São Paulo por exemplo, implantou um sistema chamado de "Smart Sampa" que busca até o final de 2024 integrar cerca de 20 mil câmeras de vigilância da cidade, agregando conceitos de Cidades Inteligentes com o uso de analíticos, isso permite a filtragem de imagens, reconhecimento facial, veicular e integração com serviços como o CET, SAMU, Defesa Civil e GCM. Além disso a iniciativa prevê ainda o monitoramento das escolas públicas e UBS podendo contar ainda com sensoriamento de calor para áreas de parques onde as árvores podem interromper a visibilidade das câmeras implementadas. [5]

Em 2022, o município de Belo Horizonte, em Minas Gerais, também implementou uma plataforma de integração para as câmeras de vigilância municipais, chamado Belo Horizonte Mais Segura, que é uma iniciativa que permite a adesão de clientes de empresas particulares de segurança eletrônica ao sistema de videomonitoramento realizado no Centro Integrado de Operações de Belo Horizonte (COP-BH). O objetivo é ampliar, de forma colaborativa, a capacidade de monitoramento preventivo e inteligente da cidade, permitindo qualificar o atendimento das ocorrências pelas instituições, bem como contribuir para a coordenação de operações integradas e planejadas e na gestão de grandes eventos e crises, inclusive as decorrentes de chuvas. A Secretaria Municipal de Segurança e Prevenção (SMSP) selecionou uma plataforma colaborativa integradora especialmente para permitir que diferentes empresas de vigilância eletrônicas possam se credenciar e compartilhar com o município as imagens captadas pelas câmeras de segurança de seus clientes, desde que tenham o foco voltado para ruas, praças ou demais espaços públicos. [6].

É importante ressaltar que as soluções tecnológicas de IoT para Cidades Inteligentes são diversas, visto que, cada cidade possui diferentes desafios particulares. Com este intuito é preciso desenvolver, testar e avaliar as diferentes tecnologias disponíveis, em cenários diversificados, para verificar os impactos de cada projeto e conseguir elaborar guias para orientar a aplicação de IoT nas cidades.

Em 2018, o Instituto Nacional de Telecomunicações (Inatel), mantido pela Fundação Instituto Nacional de Telecomunicações (FINATEL), enviou uma proposta de projeto piloto de IoT Cidades ao BNDES Pilotos IoT para apoio financeiro, com recursos não reembolsáveis. O referente projeto foi aceito e tem como objetivo implantar a telegestão na rede de iluminação inteligente e integrá-la com videomonitoramento para segurança pública [7], bem como realizar o monitoramento dos veículos da Administração Pública. As soluções tecnológicas serão testadas e avaliadas em três municípios, Santa Rita do Sapucaí/MG, Caxambu/MG e Pirai/RJ, entretanto, apenas na primeira cidade será implantado o sistema de rastreamento da frota municipal.

2.1 Informações sobre os municípios do projeto

O foco desse Projeto-Piloto é desenvolver soluções tecnológicas de IoT para cidades de pequeno e médio porte, ou seja, com menos de 100 mil habitantes. A implementação e avaliação da solução serão realizadas em 3 municípios brasileiros. As informações de cada local são apresentadas a seguir:

- **Santa Rita do Sapucaí/MG:**

- População estimada: 44.226 pessoas (2021) [8]
- Área Territorial: 352,969 km^2 (2021) [8]
- Densidade demográfica: 106,96 hab/km^2 (2010) [8]
- Mapa:

- **Caxambu/MG:**

- População estimada: 21.566 pessoas (2021) [19] [10]
- Área Territorial: 100,483 km^2 (2021) [10]
- Densidade demográfica: : 216,01 hab/km^2 (2010) [10]
- Mapa:

- **Pirai/RJ:**

- População estimada: 29.802 pessoas (2021) [19] [12]



Figura 2.1: Santa Rita do Sapucaí/MG. Fonte: [9]



Figura 2.2: Caxambu/MG. Fonte: [11]

- Área Territorial: 490,255 km² (2021) [12]
- Densidade demográfica: : 52,07 hab/km² (2010) [12]
- Mapa:

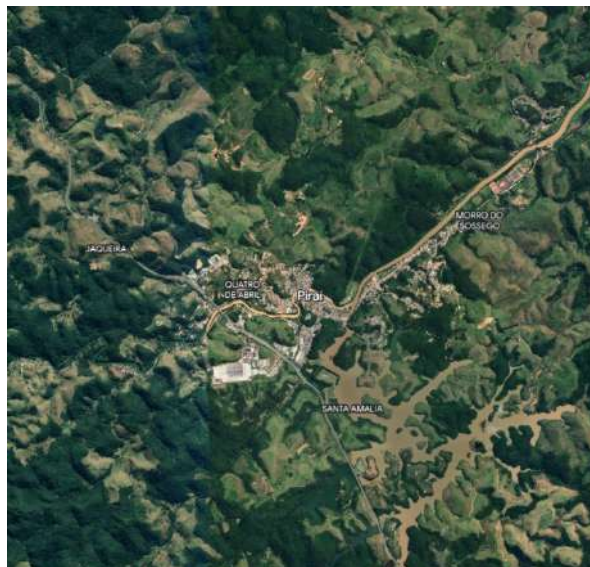


Figura 2.3: Pirai/RJ. Fonte: [13]

2.2 Parceiros Envolvidos na Plataforma Big Data

Para que o projeto de criação de uma Plataforma de Big Data para integrar os diversos serviços no escopo de Cidades Inteligentes pudesse ser implementado de forma eficiente, foi fundamental a participação de diferentes parceiros que puderam contribuir com recursos financeiros, tecnológicos e de gestão. Entre os parceiros desse projeto estão o BNDES, as prefeituras e municípios, a empresa VS Telecom [14], e o Inatel. Cada um desses parceiros trouxe competências e habilidades específicas que foram fundamentais para o sucesso do projeto de criação de uma Plataforma de Big Data para integração dos serviços em Cidades Inteligentes.

Capítulo 3

Contexto da Plataforma Big Data

A criação de uma plataforma de Big Data para integração de soluções Cidades Digitais tem por princípio integrar em uma única interface as diversas iniciativas implementadas nos municípios, desta forma todas as regulamentações aplicáveis a cada uma das iniciativas, igualmente se aplicam a plataforma big data. Na seção 3.1 são apresentados os regulamentos importantes para o desenvolvimento de projetos de plataformas de big data. Na seção 3.2 são apresentados os sistemas atual e o inteligente. Por fim, na seção 3.3 são descritas e comparadas as tecnologias disponíveis para a implementação da plataforma.

3.1 Regulamentos para Plataforma Big Data

A seguir são citados os documentos principais sobre o contexto de plataforma big data.

- **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988** [1];
- **Lei Nº 13.709, de 14 de agosto de 2018:** Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD) [15].

3.2 Plataforma Big Data Inteligente

Atualmente as iniciativas existentes de Cidades Inteligentes nos municípios são, via de regra, administradas individualmente, cada uma em sua própria interface, como por exemplo, o Rastreamento de Frota Veicular, Iluminação Inteligente, Serviço de Câmeras de Vigilância, entre outros.

Embora estas iniciativas tenham inúmeros pontos positivos, a sua administração de forma individual apresenta o desafio de que se necessite de servidores cuidando de cada uma das áreas ou ainda que o servidor fique alternando entre as diversas interfaces disponíveis, além de não aproveitar em sua totalidade todos os benefícios que uma operação coordenada e integrada podem trazer, como pontos de sinergia e sobreposição. Só como exemplo, tomemos um caso em que o sensor de ruído do sistema de iluminação inteligente detecte um nível acima do limiar pré-estabelecido,

o operador que receber esta notificação deverá em seguida solicitar ao operador do sistema de câmeras de vigilância, ou ele próprio alternar para este sistema, para que busque nas câmeras disponíveis alguma informação de imagem sobre o que poderia ter gerado o ruído captado, uma vez identificado o ruído como sendo por exemplo uma tentativa de invasão de propriedade eles deveriam entrar em contato com as forças de segurança e reportar os seus achados e solicitar o despacho de viaturas para atender a esta ocorrência, veja, embora os sistemas individualmente tenham operado de forma muito satisfatória, identificar e alertar sobre uma ocorrência extraordinária, o tempo para que todas as interfaces e responsáveis pudessem se coordenar poderia ser bastante reduzido em um sistema centralizado e integrado como uma plataforma Big Data.

Baseado nisso, a implantação de uma plataforma Big Data de integração das iniciativas de Cidades Inteligentes , permite que todas as vertentes implementadas no município possam ser integradas em um único sistema, capaz de aproveitar por meio da coordenação das iniciativas individuais todas as informações e recursos disponíveis nos equipamentos já instalados no município, podendo ainda criar e editar cenários para que ações automáticas possam ser realizadas sempre que ocorrer um determinado evento, esta plataforma poderia integrar de forma customizada todos os dispositivos que possuam capacidade de se comunicar por meio de uma API ou de protocolo MQTT e as informações disponíveis seriam todas aquelas que o fabricante dos dispositivos disponibilizem por meio destes protocolos de comunicação, por exemplo, o sensor de ruído do sistema de iluminação pode fornecer sua posição geográfica em coordenadas, estas coordenadas podem ser trianguladas com o sistema de câmeras de monitoramento para identificar qual a câmera mais próxima desta localização, por sua vez, dependendo do fabricante, as câmeras de monitoramento permitem que seja enviado um comando de Panorâmica para apontar a câmera para a direção desejada, no caso em questão as coordenadas reportadas pelo sensor de ruído, isso tudo poderia ser realizado automaticamente através de Scripts customizáveis através de uma plataforma Big Data. Outro grande benefício quando se trata de uma plataforma Big Data customizável, e não uma das plataformas comerciais que são ofertadas no mercado, é a possibilidade de se reunir vários fabricantes distintos para os mais diversos dispositivos empregados, bastando para isso que cada um individualmente possa se comunicar em um dos padrões de comunicação citados, isso permite que o município não fique obrigado ao uso de um único modelo e fabricante de dispositivos em caso de ampliação ou substituição em casos de falha. Ressalta-se que, a segurança do acesso e dos dados são importantes para esse sistema e devem estar em conformidade com as regras da LGPD assim como, utilizar *softwares* de proteção para evitar invasões e ataques cibernéticos.

3.3 Tecnologias

Na Plataforma Big Data para integração soluções de Cidades Inteligentes, como apresentado na seção anterior, são utilizados dispositivos de vários fabricantes possíveis,

e para que eles possam se comunicar de forma eficiente é necessário o uso de alguns protocolos de comunicação padronizados que permitam que possam interagir entre si, tais como:

- **MQTT:** O MQTT é um protocolo de mensagens baseado em padrões, ou conjunto de regras, usado para comunicação de computador para computador. Sensores inteligentes, dispositivos acessórios e outros dispositivos da Internet das Coisas (IoT) normalmente precisam transmitir e receber dados por meio de uma rede com limitação de recursos e largura de banda limitada. Esses dispositivos IoT usam o MQTT para transmissão de dados, pois é fácil de implementar e pode comunicar dados IoT com eficiência. O MQTT oferece suporte a mensagens entre dispositivos para a nuvem e da nuvem para o dispositivo.
- **API :** API significa Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicação). No contexto de APIs, a palavra Aplicação refere-se a qualquer software com uma função distinta. A interface pode ser pensada como um contrato de serviço entre duas aplicações. Esse contrato define como as duas se comunicam usando solicitações e respostas. A documentação de suas respectivas APIs contém informações sobre como os desenvolvedores devem estruturar essas solicitações e respostas.

Capítulo 4

Descrição da Plataforma de Integração de Dispositivos IoT

Essa Seção descreve o sistema de integração de dispositivos IoT desenvolvido pela VS Telecom para o projeto Pilotos IoT. O sistema se baseia no conceito de interoperabilidade de dispositivos multi-marcas, ou seja, trata-se de uma plataforma unificada capaz de integrar uma ampla gama de *hardwares* IoT, como câmeras, sensores e rastreadores, desde que seja possível acessá-lo via *Application Programming Interface* (API) ou *Broker Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT). Para o acesso via API é necessário configurar um servidor web para hospedar uma API RESTful, além de existirem diversos *frameworks* e bibliotecas disponíveis para facilitar a criação de API (e.g., Flask, Express, Django). Já o MQTT foi projetado especificamente para comunicação eficiente com dispositivos IoT com cabeçalho relativamente pequeno e suporte para redes intermitentes. Portanto, o objetivo da plataforma de integração é centralizar a gestão e o monitoramento de diversos dispositivos IoT presentes em uma cidade, reduzindo a complexidade de monitoramento de diversas plataformas independentes, múltiplas páginas web ou aplicativos distintos. Isso facilita o trabalho dos operadores, permitindo que monitorem diversos dispositivos a partir de um único painel de controle, economizando tempo e esforço. Além disso, a plataforma possibilita promover a cognição da rede ao permitir que dispositivos de diferentes fabricantes e tipos interajam entre si. Por exemplo, um sensor de ruído do fabricante A pode fornecer dados que acionam uma câmera de monitoramento ou alertam um rastreador de veículos. Essa interconectividade abre possibilidades para o desenvolvimento de novas aplicações inteligentes, utilizando dados de múltiplos dispositivos para fornecer serviços aprimorados, podendo melhorar a gestão de tráfego, resposta a emergências, segurança pública e monitoramento das cidades.

A plataforma de integração de dispositivos IoT foi implementada na cidade de Caxambu - MG, integrando as lâmpadas inteligentes e sensores de ruído da fornecedora Nouvenn com câmeras de monitoramento da empresa Intelbras. A etapa inicial do processo de implementação da plataforma de integração foi identificar os dispositivos IoT presentes na cidade de Caxambu: 8 câmeras e 69 lâmpadas inteligentes. Posteri-

ormente, foi necessário o acesso via API tanto das lâmpadas inteligentes quanto das câmeras da cidade, possibilitando controlar o liga/desliga das lâmpadas, bem como ajustar a sua dimerização, acessar os sensores de ruído e definir a operação e posição de apontamento das câmeras. O acesso a essas funcionalidades permite integrar as lâmpadas, os sensores de ruído e as câmeras de monitoramento a plataforma da VS Telecom, como é possível observar nas Figuras 4.1 e 4.2.

Na plataforma SinapseCloud, a interface do usuário é projetada para fornecer um controle eficiente e intuitivo de diversos dispositivos IoT. Um print da tela principal da plataforma apresenta várias seções cruciais para a gestão e monitoramento dos dispositivos conectados. No canto esquerdo da tela, encontramos a barra de controle de equipamentos, onde são exibidos os dados detalhados de cada dispositivo IoT integrado. Esta barra permite aos usuários acessar rapidamente informações sobre o estado e o desempenho de câmeras, sensores, lâmpadas e outros dispositivos conectados. A página de controle das lâmpadas é uma seção específica onde os usuários podem monitorar e ajustar as configurações das lâmpadas conectadas à rede. Aqui, é possível visualizar o status de cada lâmpada, controlar sua intensidade, ligar ou desligar, e programar horários de funcionamento. Outra seção importante é a das *Actions*. Nesta área ocorrem as iterações entre os dispositivos, possibilitando definir e gerenciar ações automatizadas baseadas em dados recebidos dos sensores. Por exemplo, é possível configurar ações para que determinadas câmeras sejam apontadas automaticamente para a localização de um sensor específico quando certos critérios forem atendidos.

Além disso, nos dados de dispositivos, uma das funcionalidades destacadas é a capacidade de observar somente as câmeras que foram selecionadas. O usuário pode selecionar individualmente uma câmera ou um grupo de câmeras para monitoramento em tempo real. Além disso, há uma funcionalidade avançada de configuração, onde é possível selecionar a câmera ou o grupo de câmeras que serão apontadas para a

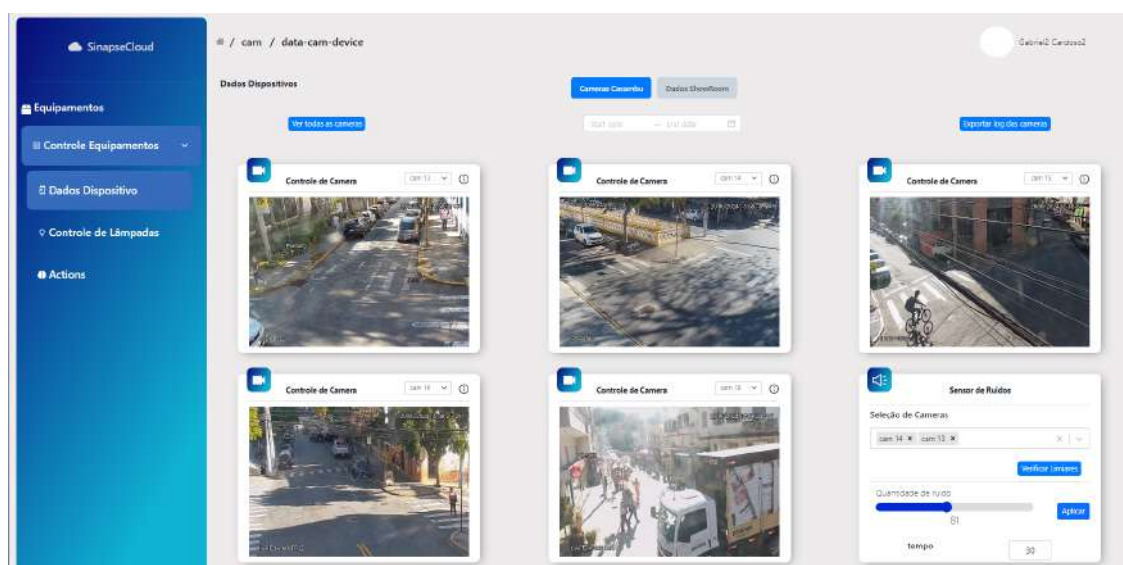


Figura 4.1: Plataforma unificada integradora de dispositivos IoT da VS Telecom.

localização de um sensor específico quando um valor predeterminado de ruído for ultrapassado. Neste caso, a configuração foi feita para que as câmeras reajam quando o nível de ruído ultrapassar 81 dB. Essa integração permite uma resposta rápida e eficiente a eventos específicos, como altos níveis de ruído, melhorando a segurança e o monitoramento urbano.

Na Figura 4.2 da plataforma SinapseCloud, os usuários têm acesso completo a todas as câmeras conectadas ao sistema, proporcionando uma visão abrangente e controle detalhado do monitoramento urbano. Esta tela oferece funcionalidades avançadas que permitem um controle manual e preciso das câmeras, além de configurações automatizadas para otimização do monitoramento. Os usuários podem acessar uma lista completa de câmeras disponíveis, podendo selecionar qualquer uma delas para visualização em tempo real. Esta funcionalidade é essencial para a verificação manual de ocorrências específicas, onde o operador pode direcionar a câmera para áreas de interesse ou onde uma possível atividade suspeita foi detectada. A interface para controle das câmeras é intuitiva, com controles de direção que permitem o ajuste fino da posição da câmera. Isso facilita a investigação de eventos em tempo real, permitindo aos operadores responder rapidamente a incidentes e garantir uma cobertura de vídeo abrangente. Além do controle manual, a plataforma permite a configuração de pré-sets de movimentação para as câmeras. Esses pré-sets são rotinas automatizadas onde a câmera se move entre pontos de interesse predefinidos, focando alguns segundos em cada local de importância antes de se mover para o próximo. Essa funcionalidade é particularmente útil para áreas que requerem monitoramento contínuo e dinâmico, garantindo que nenhum ponto crítico fique fora da vigilância por muito tempo.

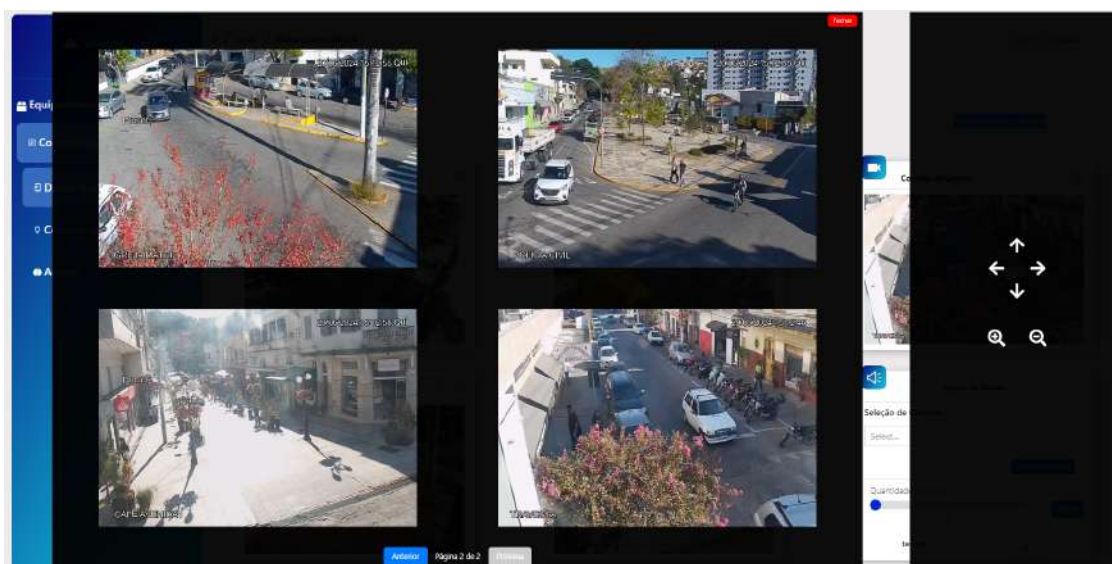


Figura 4.2: Controle total das câmeras pela plataforma unificada da VS Telecom.

O escopo deste projeto foi definido para abordar um problema específico identificado pela cidade de Caxambu, relacionado aos ruídos excessivos gerados por motocicletas e carros sem escapamento ou com escapamentos alterados. A Figura 4.3 ilustra o

cenário da plataforma empregada na cidade de Caxambu. Esses ruídos eram considerados prejudiciais ao bem-estar dos moradores, além de infringir a regulamentação de níveis sonoros impostos pelos motores. As configuração e operação da plataforma foram realizadas em estreita colaboração com o time da prefeitura de Caxambu. Logo, a plataforma, por ser agnóstica em termos de integração, permite funcionar com diversos fabricantes e dispositivos IoT diferentes. Essa característica foi crucial para a realização de uma operação conjunta que envolveu câmeras e lâmpadas inteligentes. As pré-definições necessárias para a configuração incluíram a seleção e integração de câmeras e sensores de ruído. Estes sensores foram configurados para detectar níveis



Figura 4.3: Cenário atual do município de Caxambu.

de ruído superiores a 81 dB, um valor predeterminado que indica a presença de ruídos excessivos. Quando esse nível é ultrapassado, as câmeras são automaticamente direcionadas para a localização do sensor que detectou o ruído, permitindo a identificação visual do infrator. A operação conjunta entre câmeras e lâmpadas não apenas facilita a localização dos infratores, mas também possibilita a iluminação adequada das áreas monitoradas, melhorando a visibilidade e a segurança durante a fiscalização.

Para extrair as informações necessárias das lâmpadas na cidade de Caxambu, foi desenvolvida uma aplicação no *backend*, a qual realiza todas as requisições necessárias. Devido à ausência de um broker MQTT para operação, o acesso aos dados das lâmpadas é feito diretamente através de suas APIs. Essa abordagem permite acessar diversas informações importantes, como o limiar atual do sensor de ruído e o estado das luminárias. Além disso, a aplicação *backend* possibilita realizar ações como ligar ou desligar as lâmpadas e ajustar sua dimerização conforme necessário. O processo de captação de dados começa com a aplicação *backend* enviando requisições às APIs das lâmpadas. As informações recebidas, incluindo o estado atual e as configurações dos sensores, são então armazenadas em um banco de dados específico, permitindo uma

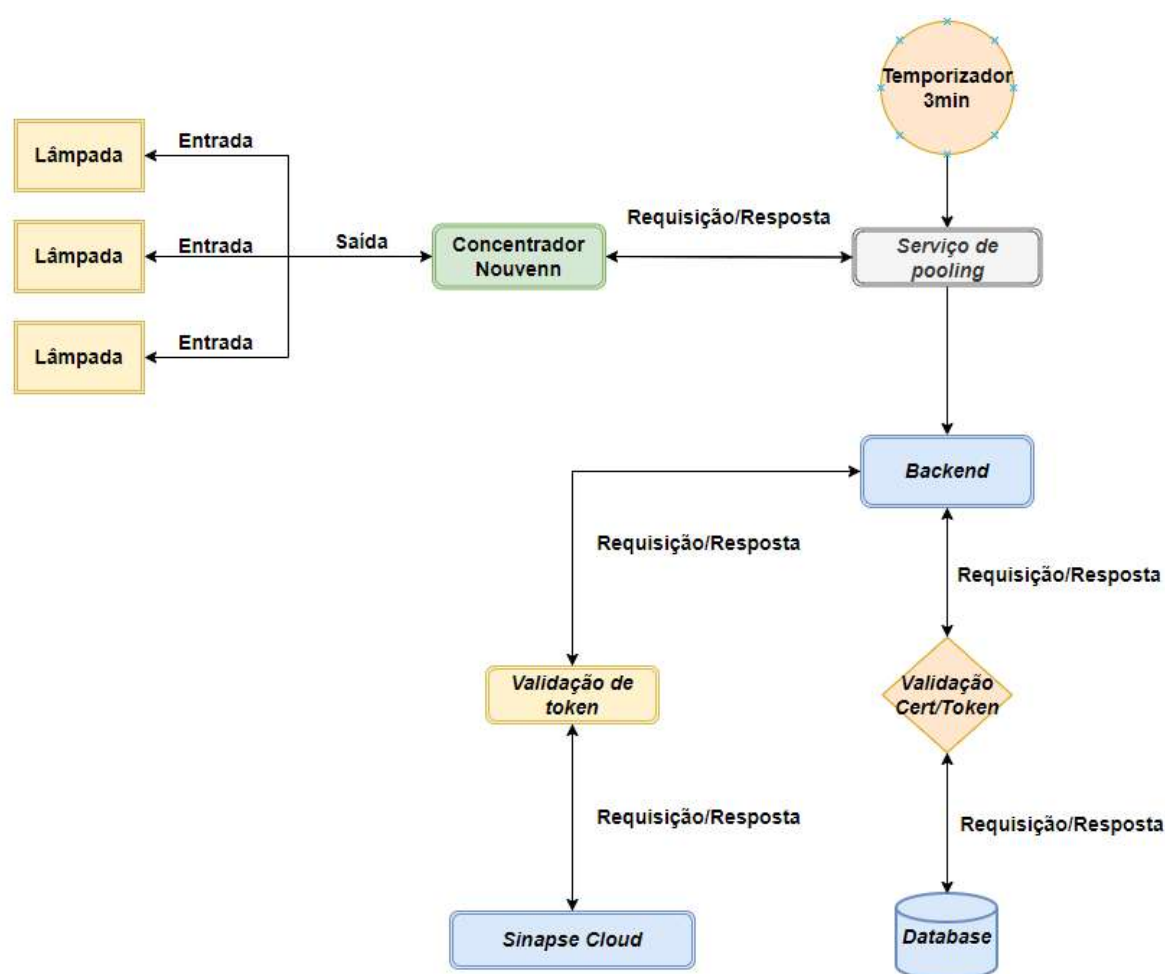


Figura 4.4: Fluxo demonstrando o funcionamento das lâmpadas.

gestão eficiente e organizada dos dados, facilitando o monitoramento e o controle das luminárias. A Figura 4.4 ilustra todo o processo, desde a realização das requisições pela aplicação do *backend*, o concentrado da empre Novenn, serviço de *pooling* e a configuração do temporizador. Esse fluxo garante que todas as informações relevantes das lâmpadas sejam capturadas e gerenciadas de forma eficiente, permitindo um controle preciso e uma resposta rápida a quaisquer necessidades de ajuste ou manutenção das luminárias na cidade de Caxambu. A integração e controle eficazes são cruciais para o sucesso do projeto, permitindo não apenas a mitigação do problema de ruídos excessivos, mas também a manutenção de uma infraestrutura de iluminação pública eficiente e responsiva.

A Figura 4.5 ilustra as etapas da aplicação das câmeras, mostrando desde a captura do vídeo pelo NVR, passando pelo tratamento de dados pela aplicação Python, até a apresentação das imagens como vídeo no *frontend*. Esse fluxo integrado garante uma

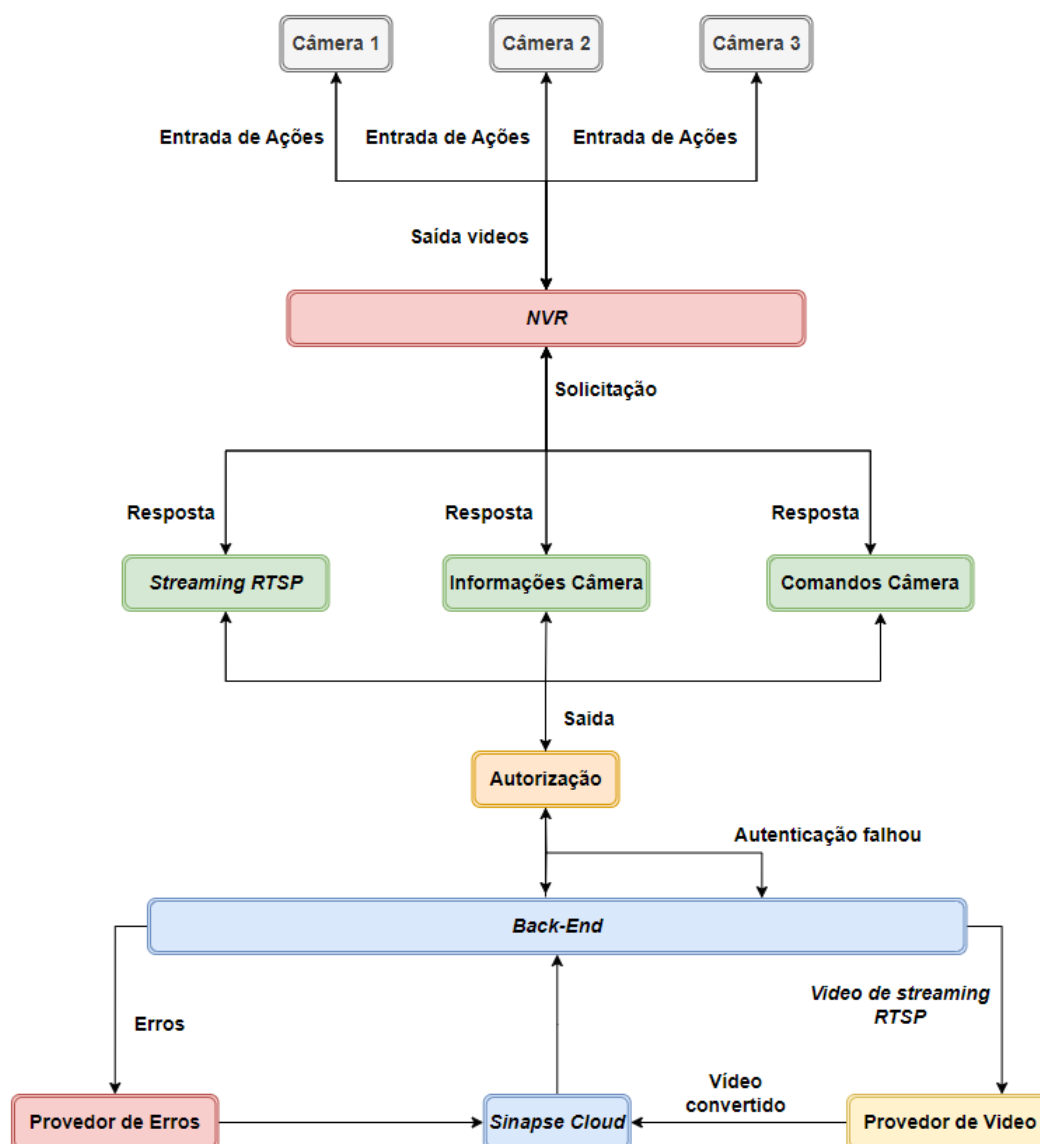


Figura 4.5: Fluxo demonstrando o funcionamento das câmeras.

experiência de monitoramento mais fluida e responsiva para o usuário final, permitindo uma gestão eficaz da vigilância urbana em Caxambu. A aplicação referente às câmeras é executada em um servidor próprio localizado na sede da VS Telecom, responsável pelo tratamento do vídeo capturado. As câmeras estão conectadas a um *Network Video Recorder* (NVR), o qual disponibiliza APIs, um endereço IP para acesso e vídeo via *Real Time Streaming Protocol* (RTSP). A captura de vídeo é realizada por uma segunda aplicação desenvolvida em Python pela VS Telecom. Esta aplicação recebe o vídeo do NVR e disponibiliza os dados para uma terceira aplicação que operada no *frontend* da solução. O processo de captura e tratamento de vídeo começa com a execução de uma requisição RTSP direta no NVR. O vídeo é captado e seus dados são convertidos para o formato adequado ao navegador em uso. Ao invés vez de transmitir o vídeo completo, a aplicação envia milhares de imagens consecutivas que são exibidas como um vídeo para o usuário final. Este método reduz significativamente o *delay* de transmissão de 2 minutos para o vídeo completo para aproximadamente 3 segundos nessa configuração. Essa abordagem não só melhora a eficiência da transmissão ao vivo, mas também proporciona um controle mais ágil das câmeras. Com o acesso a todas essas informações, os operadores podem controlar as câmeras em tempo real, tirar fotos e gravar vídeos conforme necessário.

A Figura 4.6 ilustra integração completa das lâmpadas e câmeras. Essa integração foi essencial para atender à principal demanda da prefeitura de Caxambu: que todos os equipamentos adquiridos por eles previamente funcionassem como um único sistema de segurança para o município. A cidade de Caxambu, como muitas outras, realiza licitações distintas para a aquisição de equipamentos destinados ao monitoramento e operação da cidade, dado que a verba sempre é específica além de ser extremamente arduo encontrar um fornecedor que tenha todos os dispositivos necessários. Isso resulta em um ecossistema diversificado de dispositivos de diferentes fornecedores, cada um com suas próprias especificações e métodos de comunicação. Assim, essa demanda foi plenamente atendida com a implementação da plataforma unificada SinapseCloud para integrar esses diversos equipamentos de maneira transparente. A integração dessas tecnologias na plataforma unificada SinapseCloud permite que os dispositivos de segurança adquiridos pela prefeitura de Caxambu funcionem de maneira coordenada e eficiente. A plataforma centraliza o controle e monitoramento de todos os dispositivos, proporcionando uma resposta rápida e eficaz a incidentes por meio de *logs* quando ocorrem ruídos excessivos.

A solução implementada em Caxambu integra de forma eficiente sensores de ruído e câmeras para monitorar e registrar infrações relacionadas a ruídos excessivos de veículos. Atualmente, o sistema funciona da seguinte maneira: um grupo de 4 a 5 sensores de ruído, instalados em lâmpadas inteligentes, é interligado a uma câmera específica. Esses sensores têm um limiar aceitável de ruído definido pelo cliente, como apresentado na Figura 4.7. Quando o nível de ruído ultrapassa esse limiar, no caso 81 dB, ocorre um processamento para identificar a posição da maior emissão do ruído e

direciona o apontamento da câmera para a posição correta, a fim de registrar a placa do veículo infrator.

Além do registro visual, o sistema mantém um log detalhado das ações em um banco de dados acessível aos usuários. Esse log inclui informações cruciais como a localização do evento, o limiar de ruído definido, o sensor específico que fez a detecção, o nível de ruído detectado, e a data e hora da ocorrência. Esse registro permite aos usuários verificar todas as ocorrências dentro de um intervalo de tempo específico. A Figura 4.8 ilustra o formato de apresentação dos logs. Os dados armazenados no banco de dados podem ser baixados, proporcionando uma visão detalhada dos eventos, facilitando a análise e o acompanhamento das infrações. Isso não só melhora a eficiência na gestão do monitoramento urbano, mas também ajuda na aplicação de medidas corretivas, contribuindo para um ambiente mais silencioso e seguro para os moradores de Caxambu.

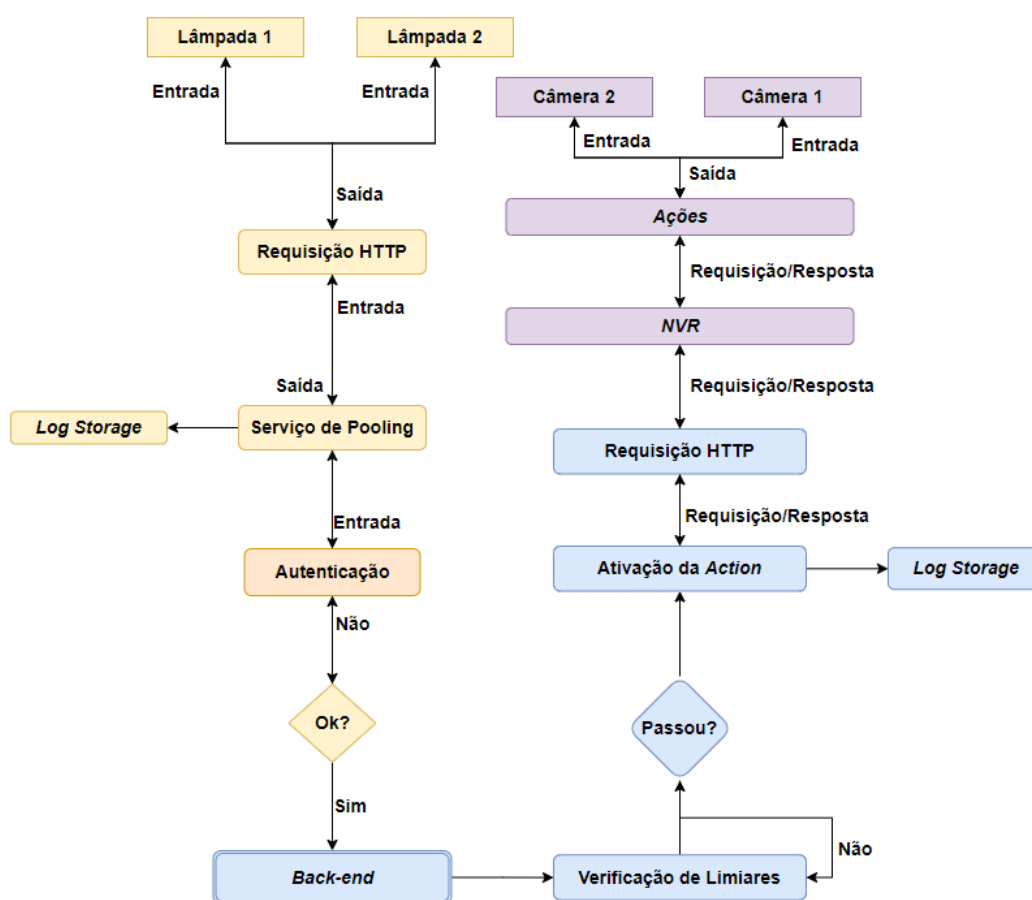


Figura 4.6: Fluxo demonstrando a integração entre as lâmpadas e as câmeras da cidade.

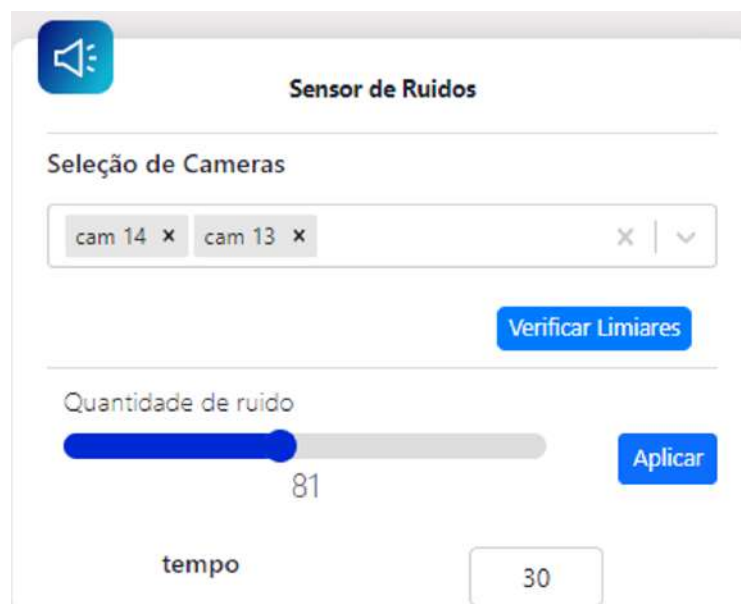


Figura 4.7: Limiar de ruído aceitável definido em 2 grupos de câmeras.

Câmera	Limiar Definido	Sensor	Ruído	Data e hora
Igreja	85	p03	85	20/06/2024 18:46
Calçadão	85	p61	88	19/06/2024 02:28
Calçadão	85	p62	86	16/06/2024 23:55
Travessa	90	p42	93	16/06/2024 12:14
Igreja	85	p07	93	10/06/2024 22:10
Travessa	80	p80	81	09/06/2024 19:02
Realce	88	p12	89	09/06/2024 04:52
Realce	88	p12	90	08/06/2024 16:25
Igreja	85	p07	89	07/06/2024 01:10
Travessa	80	p80	81	05/06/2024 19:45
Realce	90	p11	91	04/06/2024 13:22
Calçadão	85	p56	86	28/05/2024 21:12
Travessa	80	p42	83	27/05/2024 15:18
Realce	90	p12	92	27/05/2024 15:12

Figura 4.8: Informações dos *logs* gerados pela plataforma SinapseCloud.

Capítulo 5

Desafios de implementação

A implementação de uma plataforma Big Data para integrar as iniciativas de Cidades Inteligentes é uma tarefa que requer planejamento para atingir os resultados esperados. É preciso considerar os desafios técnicos, operacionais, regulatórios e de expectativas da população, tais como:

- **Privacidade e segurança dos dados:** os dados coletados pelo sistema devem ser tratados, armazenados e analisados de acordo com as normas de segurança de dados. Dessa maneira, é preciso tomar medidas de segurança para proteger os dados coletados e o sistema de potenciais ameaças e invasões;
- **Operação, manutenção e suporte:** a operação de um sistema inteligente requer capacitação especializada dos profissionais para que o sistema funcione corretamente, assim como, seja possível a manutenção e suporte contínuos para evitar problemas de segurança.
- **Disponibilização dos Dados dos Dispositivos:** a implementação de um sistema inteligente requer que os dispositivos implementados no município possuam acesso remoto por meio de protocolos de comunicação como API ou MQTT por exemplo, e que estes protocolos sejam disponibilizados pelo fabricante, de forma que possam ser incluídos na fase de coleta de dados da plataforma Big Data.

Referências Bibliográficas

- [1] (1988) CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 1988. [Online]. Available: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm
- [2] (2017) Produto 7A: Aprofundamento de Verticais - Cidades. [Online]. Available: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/776017fa-7c4a-43db-908f-c054639f1b88/relatorio-aprofundamento+das+verticais-cidades-produto-7A.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m3rPg5Q>
- [3] (2018) Produto 9a: Relatório Final do Estudo. [Online]. Available: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/d22e7598-55f5-4ed5-b9e5-543d1e5c6dec/produto-9A-relatorio-final-estudo-de-iot.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m5WVlld>
- [4] (2017) Produto 8: Relatório do Plano de Ação. [Online]. Available: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/269bc780-8cdb-4b9b-a297-53955103d4c5/relatorio-final-plano-de-acao-produto-8-alterado.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m0jDUok>
- [5] (2022) Nova Plataforma de Videomonitoramento Smart Sampa. [Online]. Available: <https://participemais.prefeitura.sp.gov.br/legislation/processes/209/topics>
- [6] (2024) PLATAFORMA COLABORATIVA BELO HORIZONTE MAIS SEGURA. [Online]. Available: <https://prefeitura.pbh.gov.br/seguranca/bh-mais-segura>
- [7] BNDES. BNDES Pilotos IoT - Internet das Coisas. [Online]. Available: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/onde-atuamos/inovacao/internet-das-coisas/bndes-projetos-piloto-internet-das-coisas/bndes-pilotos-iot-internet-das-coisas>
- [8] IBGE. Cidades e Estados. [Online]. Available: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/santa-rita-do-sapucai.html>
- [9] Google. (2022) *Google Earth*. [Online]. Available: <https://earth.google.com/web/@-22.2481203,-45.69771196,891.26221225a,12999.80446118d,35y,0h,0t,0r>

-
- [10] IBGE. Cidades e Estados. [Online]. Available: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/caxambu.html>
- [11] *Google*. (2021) *Google Earth*. [Online]. Available: https://earth.google.com/web/search/Caxambu,+MG/@-21.98459963,-44.93253246,930.91344124a,12991.18165254d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCTA3_ABtNTbAEU85juCYSTbAGQzJqvTm00bAIUXBiEu23kbA
- [12] IBGE. Cidades e Estados. [Online]. Available: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/pirai.html>
- [13] *Google*. *Google Earth*. [Online]. Available: https://earth.google.com/web/search/Pira%C3%AD,+RJ/@-22.62736872,-43.90356159,368.07216204a,17946.77045051d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCVd5Sp7x8TXAEY69TAcpBjbAGcmUnln1cUbAIVWcPK_FfEbA
- [14] VS Telecom. VS Telecom. [Online]. Available: <https://www.vstelecom.com.br/>
- [15] (2018) LEI Nº 13.709, DE 14 DE AGOSTO DE 2018. [Online]. Available: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm