

Análise de cobertura de RF em um sistema GSM/EDGE utilizando o plugdata MG100

Diego Fernandes Sales & Alfredo Gomes Neto

Abstract— This work aims to analyze the RF coverage of a GSM/EDGE network located in João Pessoa, PB, Brazil. It was used *PlugData* MG100, a low cost GSM/EDGE modem, as an alternative mobile measurement tool. From the *Mobile Measurement Reports* (MMRs) RF coverage and the handover process are analyzed. This work analyzes only data referent to the serving cell and the two closest neighboring cells. The results were analyzed according to inter and intra-cell handover. It was identified quality of service issues related to the serving cell in the suburban areas. The signal level behavior was satisfactory in the open rural area outstanding the frequency planning aspect.

Index Terms— GSM/EDGE, handover, MMRs, *PlugData* MG100.

Resumo—Este trabalho tem o objetivo de analisar a cobertura de RF de uma rede GSM/EDGE na cidade de João Pessoa, PB, Brasil. Foi utilizado o *PlugData* MG100, um modem GSM/EDGE de baixo custo, como ferramenta alternativa para medições em ambiente móvel. A partir do *Mobile Measurement Reports* (MMRs) são analisados tanto a cobertura de RF como handovers. Aqui serão analisados apenas dados referentes à célula servidora e as duas células vizinhas mais próximas. Os resultados foram analisados de acordo com o handover inter e intra-célula. Foram identificadas questões relativas à qualidade de serviço em relação à célula servidora nas áreas suburbanas. O nível do sinal mostrou-se satisfatório na região rural destacando-se o planejamento de frequências.

Palavras chave— GSM/EDGE, handover, MMRs. *PlugData* MG100.

I. INTRODUÇÃO

Os sistemas móveis celulares atuais são compostos segundo uma estrutura de células hierárquicas com células de diferentes raios de cobertura e capacidade, em que células grandes e pequenas cobrem uma mesma região.

Os primeiros sistemas de telefonia móvel se caracterizavam por cobrir vastas regiões onde a potência de seus transmissores era elevada, sendo impossível fazer o reuso de frequências, pois resultava em problemas de interferência [1]-[2]. Os sistemas baseados em células utilizam reuso de frequências fazendo uso de vários transmissores de baixa potência. O primeiro sistema celular, predominantemente analógico, surgiu na Escandinávia, chamado de *Nordic Mobile Telephone* (NMT) no início da década de 80. Este sistema

trabalhava em duas frequências distintas: 450 MHz e 900 MHz. Mais tarde, nos Estados Unidos, surgiu o padrão AMPS (*Advanced Mobile Phone Service*) utilizando a banda de 800 MHz. Ainda, na mesma década, surgiu o ETACS (*European Total Access Communications System*) na Europa, baseado no protocolo AMPS, mas trabalhando na frequência de 900 MHz com canais de largura de banda de 25 KHz. O AMPS possuía canais de 30 KHz [1]. Possuíam também baixa capacidade e utilizavam o espectro de frequências de forma ineficiente. Em seguida, surgiu o sistema de segunda geração, denominado 2G, chamado de NA-TDMA (*North American Time Division Multiple Access*) também chamado de D-AMPS (*Digital Advanced Mobile Phone Service*) que mantinha compatibilidade com a arquitetura e canalização do sistema AMPS. Mais tarde o D-AMPS foi padronizado pela EIA (*Electronics Industries Alliance*) e pela TIA (*Telecommunications Industry Association*). O padrão passou a se chamar IS-54 e mais tarde, com a adoção de novos serviços, foi intitulado IS-136, sendo amplamente adotado no Brasil até o início dos anos 2000. A partir de 1991, surgiu o GSM (*Global System for Mobile Communication*) melhorando a capacidade e eficiência espectral em relação aos sistemas anteriores. Inicialmente a faixa de frequência atribuída ao sistema era de 900 MHz, mais tarde, foram incluídas as faixas de 1800 MHz e 1900 MHz, como também a faixa de 850 MHz. A tecnologia EDGE surgiu como uma evolução do padrão GSM/GPRS utilizando a mesma portadora de 200 KHz expandindo a capacidade de transmissão por dados nestas redes. Na mesma época, surge outro padrão de segunda geração denominada CDMA, utilizando a mesma frequência para todos os usuários localizados em uma célula, mas separando-os por códigos distintos. Com o advento dos sistemas 3G (WCDMA, HSPA e HSPA+), a capacidade do sistema celular sofre uma grande melhora e novos serviços são oferecidos aos usuários. Até 2013, a tecnologia LTE, considerada 4G, estará consolidada e oferecendo taxas de transmissão de até 100 Mbits/s [3]. Salienta-se ainda a principal tecnologia concorrente das operadoras móveis: o WiMAX móvel, lançado em 2005, que também é baseado em células. É necessário, pois, ferramentas para realizar a predição da área de cobertura destes sistemas, cada vez mais complexos e que coexistem entre si. É preciso, também, conhecer os mecanismos ligados à propagação das ondas eletromagnéticas que são a reflexão, a difração e o espalhamento os quais influenciam diretamente o sinal recebido pelas estações móveis. Por exemplo, em áreas urbanas o efeito da difração é marcante devido à presença de edifícios. Em áreas rurais, devido à predominância de linha de

Manuscrito recebido em 28 de dezembro de 2010; aceito em 20 de fevereiro de 2011.

D.F.Sales (diegosal81@yahoo.com.br) pertence à Universidade Federal da Paraíba, Cidade Universitária, João Pessoa - PB - 58051-900. A.G.Netto (alfredogomesjpa@gmail.com) pertence ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, IFPB. Av. 1º de Maio, 720 - João Pessoa - PB - 58.015-430.

visada, os efeitos da difração são menos severos. Tanto para um sistema móvel instalado em uma área urbana como em uma área rural são empregados modelos específicos de propagação com o intuito de quantificar a intensidade de sinal recebida a uma dada distância do transmissor. Estes modelos, chamados de modelos de propagação *outdoor* estimam a perda de percurso – atenuação do sinal medida em dB – em uma determinada área. Geralmente, para se determinar a área de cobertura de um setor qualquer, utilizam-se os modelos de propagação consagrados (Okomura, Hata, COST-231 etc) como referência. O levantamento da cobertura de RF é feito por um equipamento específico visualizando-se a potência recebida neste a uma dada distância do transmissor. Existem também programas criados especialmente para análise de cobertura de uma dada região. Nestes sistemas o planejamento dos níveis de interferência é crucial. Há ferramentas computacionais destinadas ao planejamento de sistemas de segunda geração, mais simples em relação aos sistemas de terceira geração, fortemente concentradas no planejamento da cobertura e menos em aspectos de interferência. Ressalta-se então a importância de alternativas diferentes para se planejar um sistema móvel. Tudo vai depender da necessidade de cada usuário responsável pelo levantamento da cobertura ou projeto do sistema.

Assim, este trabalho tem o objetivo de analisar a cobertura de RF de um sistema GSM/EDGE em algumas regiões situadas na cidade de João Pessoa, Brasil, através de uma ferramenta alternativa simples e de baixo custo, o *PlugData* MG100, tendo como foco a análise do *handover* inter e intra-célula.

II. MEDIÇÃO DE POTÊNCIA DE SINAIS

O *PlugData* MG100 é um modulador/demodulador portátil que permite ao usuário fazer experimentos práticos envolvendo comunicações móveis e telemetria utilizando tecnologia GSM/EDGE [4]. Há um módulo celular embutido no equipamento onde é inserido um SIM card podendo assim, receber o sinal apropriado da rede celular. O modem foi criado originalmente para ambientes fixos. Foi necessário, então, fazer uma adaptação para que o mesmo pudesse receber o sinal advindo das estações transceptoras (BTSs) conhecidas como sites [5]. Como o *PlugData* possui tensão de alimentação de saída de 12V, basta inseri-lo na saída de mesma tensão nos acendedores de cigarro de veículos automotivos. A tabela I exibe as principais características do modelo. A Fig.1 exibe o modem *PlugData*:

TABELA I
CARACTERÍSTICAS DO PLUGDATA.

Tipo de Interface	Serial RS232
Conector da Interface	DB9
Dimensões	110x55x25 mm
Peso	140 g
Banda GSM	850/900/1800/1900 MHz (Quadriband)
Conector da Antena	SMA / Macho
Impedância da Antena	50 ohms



Fig. 1. Modem *PlugData* posicionado na parte superior do veículo.

Em seguida conecta-se o modem em um computador pessoal para visualização dos resultados usando o *Hyperterminal*. Para verificação do nível de potência do sinal que chega ao equipamento usa-se o comando AT, que diz respeito a uma linguagem de comandos criada para modems [6], [7]. Através destes comandos é possível, também, requisitar à rede a taxa de erro de bits, a identificação do modelo usado, a classe e a estação móvel GPRS, perfil de qualidade de serviço entre outras funções.

Outra forma de verificação do nível do sinal é por meio do MMRs (*Mobile Measurement Reports*). De acordo com as especificações do padrão GSM [8], o MMRs é uma grande fonte de informações para medição de sinais. Essas informações são enviadas à BTS a cada 480 ms e contém o nível de sinal da célula servidora e os seis canais mais fortes das células vizinhas mais próximas, [8], [10], [13]. O alcance do *Mobile Measurement Reports* está limitado para os valores compreendidos entre -47 dbm e -110 dbm [10], [11]. Para acionar o MMRs, basta digitar o comando AT + CENG. As informações são exibidas da seguinte forma:

```
+CENG: 0,"0515,50,0,724,31,61,afeb,08,00"
+CENG: 1,"0517,40,61"
+CENG: 2,"0524,37,61"
```

Descrição de cada parâmetro da esquerda para direita: <célula>, <canal de frequência>, <nível recebido>, <qualidade recebida>, <código do móvel do país>, <código da rede móvel>, <código da identidade da estação base>, <identidade da célula>, <acesso mínimo de nível recebido>, <máxima potência transmitida>".

De acordo com [9], para se obter o nível de potência sem o uso de um comando AT específico utiliza-se a equação abaixo:

$$\text{Nível de Recepção} = P_{\text{nível de recepção(dBm)}} + 110 \quad (1)$$

Através do MMRs é possível a observação do processo de *handover*. Neste trabalho são observados os dois tipos de *handover*: inter e intra-célula. O *handover* inter-célula ocorre da célula servidora para outra vizinha mais próxima quando o nível de recepção e/ou a qualidade de recepção são baixas na célula servidora e um melhor nível de recepção na célula vizinha, ou quando uma célula vizinha permite a comunicação

com um nível de potência menor do transmissor. Esta situação pode ocorrer quando o parâmetro qualidade recebida (RXQUAL) é baixo na célula que serve o móvel e quando este se encontra exatamente na borda da célula [8]. O parâmetro qualidade recebida representa a taxa de erro de bit (BER) num período de 0,5s. Os valores variam de 0 a 7 onde o valor 0 representa uma pequena ou nenhuma deterioração na qualidade do sinal recebido e o valor 7, uma grande probabilidade de queda de ligação[9]. Em todos os ambientes de medição utilizando o *PlugData MG100*, o valor de qualidade recebida foi sempre zero. O *handover* intra-célula ocorre de um canal/*timeslot* na célula servidora para outro canal/*timeslot* na mesma célula quando há uma baixa qualidade do sinal, mas com um nível de intensidade de sinal alta [8]. Isso mostra uma degradação causada por interferências. Este tipo de *handover* deve fornecer um canal com nível de interferência mais baixo. A seguir, serão analisadas três regiões distintas com suas respectivas ocorrências de *handover*.

III. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

A Fig.2 exibe a cobertura de uma região tipicamente suburbana:

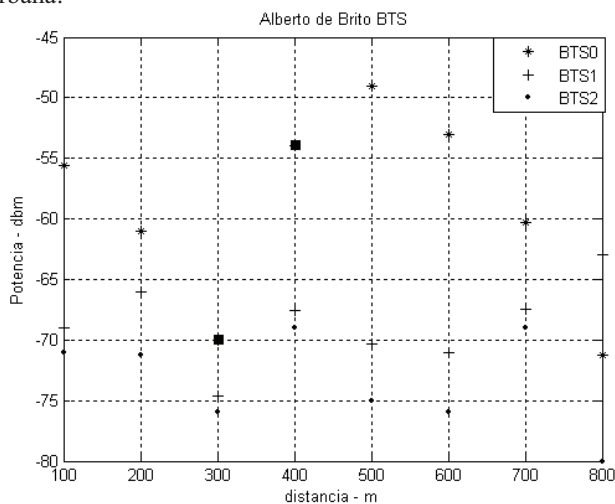


Fig. 2. Cobertura celular em região suburbana.

O gráfico da Fig.2 exibe os sinais recebidos da BTS servidora designada por BTS0 na legenda e das duas BTS vizinhas mais próximas designadas pelos símbolos BTS1 e BTS2 respectivamente. O trajeto percorrido segue em direção à cobertura da BTS vizinha mais próxima (BTS1). O símbolo ■ é utilizado para indicar que há uma mudança de canal de frequência executada pela BTS que serve o móvel. O processo de *handover* tem início a 300 metros da BTS0. Há uma queda de aproximadamente 14db de potência em relação ao primeiro valor medido onde o canal alocado à BTS servidora é o mesmo que servia a célula vizinha BTS1. Neste trecho há uma região de sombra formada por uma edificação representada pela Fig.3. Possivelmente neste trecho, há uma modificação de setor. Salienta-se que este canal da BTS1 vizinha possuía qualidade inferior [5]. Nos próximos 100 metros há novamente outra mudança de canal, desta vez com uma

melhora significativa na qualidade do sinal. Outra análise vale a pena ser destacada: à medida que a potência do sinal recebido decresce no canal de frequência que serve o móvel, percebe-se um aumento de potência no canal adjacente da BTS1 vizinha recebida no móvel (a partir de 600 metros). Esse é o momento em que ocorrerá o *handover* inter – célula.



Fig.3. Região de cobertura da BTS Alberto de Brito. A seta representa a edificação como área de sombra.

Em seguida escolheu-se um caminho alternativo em direção à mesma BTS1 vizinha para análise de qualidade de serviço, onde o móvel está sendo servido pela mesma BTS servidora da Fig.2. A Fig.4 exibe a região de cobertura:

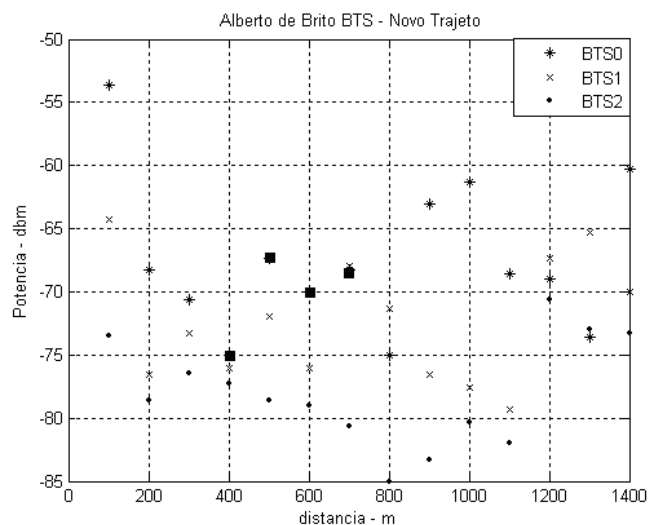


Fig. 4. Cobertura de região suburbana alternativa.

A partir de 700 metros da BTS0 ou 400 metros a partir do início do segundo trajeto, há uma troca de canal entre a servidora e a vizinha, apesar da potência que chega ao móvel oriunda da BTS1 vizinha ser menor do que a da BTS servidora. A mesma situação ocorre nos próximos *handovers*. Esta ocorrência indica a probabilidade de um cenário não otimizado para esta célula segundo [14]. Novamente, de acordo com [14], nem sempre a célula em que a unidade móvel está localizada é a melhor servidora com relação à qualidade. Isso se dá pela dificuldade de controle sobre as áreas de cobertura de uma determinada célula em conjunção

com suas vizinhas sob efeito de carga. Isto pode ser observado em alguns trechos do gráfico acima. Lembrando que o *handover* intra-célula ocorre quando a qualidade do sinal que serve o móvel é baixa devido a interferências. Conclui-se, a partir da análise dos gráficos acima exibidos, que o móvel ao percorrer o segundo trajeto possui uma pior qualidade de sinal em relação ao primeiro percurso. Percebe-se também que o nível de potência recebido pelo móvel oriundo das BTSs vizinhas é menor em relação ao trajeto original. Na Fig.5, a cobertura de RF de outra região é exibida. A BTS, denominada João Machado, corresponde à BTS1 da Fig. 2:

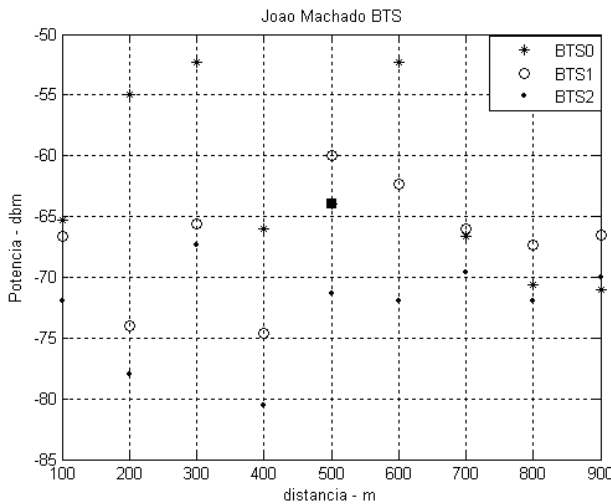


Fig.5. João Machado BTS.

O símbolo ■ indica a única ocorrência de *handover* da área de cobertura representado na Fig. 6. Os resultados mostram uma queda repentina do nível do sinal a 400 metros da BTS0. O equipamento móvel localizava-se em frente a uma edificação de altura média no momento do *handover*. A presença de vegetação contribui também para a atenuação do sinal na região [5]. Nota-se a partir do gráfico acima (500 metros da BTS0) que o nível do sinal da BTS1 é maior do que na BTS0, permanecendo desta maneira até o móvel atingir a borda da célula a 900 metros da BTS0. Nos próximos 100 metros ocorre o *handover* inter-célula.



Fig.6. Edificação próxima à estação móvel onde ocorre o *handover*.

A seguir a Fig.7 apresenta a cobertura de RF de uma região aberta:

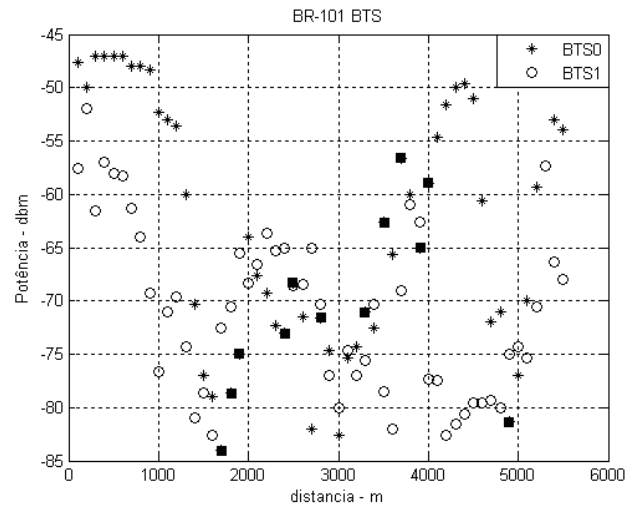


Fig.7. Cobertura de RF de uma área aberta.

Nesta área, não se buscou identificar o início de cobertura da BTS vizinha, limitando-se apenas à análise do sinal da BTS servidora e de sua vizinha mais próxima. Pelo gráfico acima é possível verificar que o nível de potência permanece constante no trecho que vai de 300 a 600 metros da BTS0, apresentando os melhores níveis de potência de região analisada. O móvel se mantém sintonizado num mesmo canal por um longo tempo. Nota-se que a partir de 900 metros da BTS0 o móvel sofre contínuas atenuações, em que estas começam a ocorrer a partir do momento em que o terreno começa a ficar inclinado. Pode-se verificar, por exemplo, um decréscimo de potência de aproximadamente 31 dB entre 900 e 1600 metros até a ocorrência do primeiro *handover* a 1700 metros da BTS servidora.

Uma observação que vale a pena ser feita diz respeito ao longo percurso em que a qualidade do sinal recebida da BTS1 vizinha é superior àquela recebida pela BTS servidora. Tem início no momento em que acontece o primeiro *handover* do trajeto de medição e continua por pouco mais de 1 km. Vale lembrar que as BTSs vizinhas são as candidatas ao *handover*. Mesmo assim, não há ocorrência de *handover* e a conexão com a BTS servidora é mantida [5]. O símbolo ■ representa ocorrência de *handover*. A Fig. 8 exibe parte do ambiente de medição 4000 metros a partir da BTS servidora:



Fig. 8. Ambiente aberto.

IV. CONCLUSÕES

Ao analisar a região suburbana, apesar do primeiro trajeto escolhido servir melhor um receptor móvel atravessando essa região, não significa dizer que os usuários que eventualmente possam trafegar pela nova rota escolhida, que é servida pela mesma BTS, terão problemas com relação à qualidade das ligações. Para análise de qualidade de serviço e do processo de *handover*, outro percurso alternativo poderia também ser escolhido em direção à BTS vizinha mais próxima.

A região aberta/rural apresentou alto índice de *handovers* intra-célula. Segundo [14], quanto mais extensas as áreas de cobertura, mais difícil a otimização do melhor servidor e sua respectiva lista de vizinhos. Canais de frequência alocados apresentavam níveis de potência inferiores em relação à BTS1 vizinha. A não otimização da rede, como citado anteriormente, ou estratégias relacionadas ao gerenciamento desta rede poderiam ser a razão destes *handovers*. O equilíbrio de carga entre as BTSs seria uma solução prática de acordo com [15]

A partir dos resultados obtidos comprova-se a aplicabilidade do modem *PlugData* quanto este se refere ao comportamento e análise de potência de sinais em casos específicos. Existem equipamentos no mercado, semelhantes ao *PlugData* MG100, que já vêm com um GPS acoplado, facilitando o processo de medição no que diz respeito às distâncias percorridas. Apesar de serem um pouco mais caros do que o *PlugData*, ainda são bem mais baratos do que os equipamentos usados em telecomunicações para análise de sinais

REFERÊNCIAS

- [1] T.S Rappaport , "Introduction to Wireless Communication Systems", Prentice Hall, 1996.
 [2] J. Korhonen, "Introduction to 3G Mobile Communications", Boston, London, Artech House, 2003.

- [3] H. Holma and A. Toskala, "WCDMA for UMTS - HSPA Evolution and LTE", fourth edition, John Wiley & Sons, 2007.
 [4] Guia Rápido de Instalação Plugdata MG 100, versão EP, 2007.
 [5] D. F. Sales, "Análise de *handover* inter e intra-célula em um sistema de telefonia celular através de método de medição simplificado", dissertação de mestrado, Dept. de Pós -Graduação em Eng. Elect. e Eng. da Computação Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009.
 [6] SIM300D AT Commands Set Software Specification, version 01.00, 2006.
 [7] GSM AT Commands Reference Guide, revision A, 2003.
 [8] Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio Subsystem Link Control (GSM 05.08 version 6.3.0 Release 1997).
 [9] A. Szarota, "Design and Evaluation of an Automatic Adjacency Planning Algorithm used for IRATHO between UMTS and GSM Systems", master's thesis, School of Information and Communications Technology, 2007.
 [10] A. Kuurne, "Mobile Measurement based Frequency Planning in GSM Networks", master's thesis, Helsinki University, 2001.
 [11] R. Barco, F. J. Cañete, L. Diez, R. Ferrer, V. Wille, "Analysis of Mobile Measurement-Based Interference Matrices in GSM Networks", Universidad de Málaga, IEEE, 2001.
 [12] V. Wille, A. Kuurne, S. Burden, D. Greg, R. Barco, "Simulations and Trial Results for Mobile Measurement Based Frequency Planning in GERAN Networks", Universidad de Málaga, 2002.
 [13] H. Timo, R. Javier and M. Juan, "GSM, GPRS and EDGE Performance-Evolution Towards 3G/UMTS", second edition, John Wiley & Sons, 2003.
 [14] R.B.V.Oliveira, "Planejamento de Redes UMTS e Aspectos de Interoperabilidade com Redes GSM/GPRS/EDGE", Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio De Janeiro - PUC-RIO, 2007.
 [15] S. Jochen, "Mobile Communications", 2nd edition, Wesley, 1999.

Diego Fernandes Sales nasceu em João Pessoa, PB, em 28 de maio de 1981. Recebeu os títulos de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) em 2006 e Mestre em Engenharia Elétrica e de Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2009).

Trabalhou como professor efetivo do IFPB, Campina Grande, PB, nas áreas de Sistemas Digitais, Eletricidade e Eletrônica analógica (2010). Trabalhou como professor da Pós-Graduação em Desenvolvimento para Dispositivos Móveis e na Pós-Graduação em Segurança da Informação nas áreas de Técnicas de Transmissão em Redes Móveis e Segurança em Técnicas de Transmissão (2010). Atualmente é tecnólogo/analista de Tecnologia da Informação da Universidade Federal da Paraíba. Tem interesse nas áreas de Comunicações Móveis, Propagação de ondas e Comunicações Digitais.

Alfredo Gomes Neto nasceu em João Pessoa, PB, Brasil. Recebeu os títulos de Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande (atual UFCG), 1986, onde também fez o seu mestrado, M.Sc., 1989, e o seu doutorado, D.Sc., 1994, todos em engenharia elétrica e na área de micro-ondas. Em 1993, realizou parte do seu D.Sc. (doutorado) na ENSEIHT, INPT, Toulouse, França, para onde voltou em 2005, durante o pós-doutorado.

Desde 1989 é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, IFPB. Em 1994, onde foi um dos fundadores do Grupo de Telecomunicações e Eletromagnetismo Aplicado, GTEMA. Ele é membro da Sociedade Brasileira de Microondas e Optoeletrônica, SBMO, e do Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc IEEE. Seus interesses de investigação incluem a teoria eletromagnética, micro-ondas, propagação de ondas, antenas e métodos numéricos.