



Implantação da Rede LTE Privativa Multisserviço na Neoenergia Brasília

Tema: Tecnologias Emergentes

Autores: Alan Magalhães Macieira

Co-Autores: Marcos Pereira e Rômulo Lins

Empresa: Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia - Neoenergia Coelba

Resumo

Quando se trata de redes privadas a Neoenergia se destaca no cenário nacional com histórico de projetos e implantações pioneiras. Em 2020, o projeto Energia do Futuro implantou na região de Atibaia, cidade do interior de São Paulo, um novo modelo de rede elétrica inteligente, baseado na digitalização e na automação de rede com mais de 80 mil medidores inteligentes e esquema completo de *self-healing* em operação. A Infraestrutura está suportada pela primeira rede LTE privada (*Long Term Evolution*) do setor de energia na América Latina e licenciada na ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) na faixa de 700 Mega-hertz (MHz).

Em 2022, usando a infraestrutura básica desse projeto, a Neoenergia concluiu um piloto com resultados sustentáveis para a construção de redes LTE multisserviços nas faixas de frequências em 410MHz e 450MHz, que está viabilizando a companhia a alcançar novos patamares de conectividade e produtividade para a expansão eficiente das *smart grids* (redes elétricas inteligentes) nas cinco distribuidoras do grupo no Brasil.

Em 2024, como parte do plano de expansão das redes privadas, a Neoenergia Brasília iniciou a implantação de uma rede LTE privada multisserviço, na faixa de 450MHz, para atender aos serviços operativos da distribuidora em toda sua área de concessão, sendo novamente pioneira na aplicação desta tecnologia no setor de energia.

1. Introdução

A Neoenergia avança no processo de modernização do sistema elétrico da Neoenergia Brasília através do programa Digitaliza Brasília, que inclui diversas iniciativas de digitalização nos processos de automação, telecomunicações, sistemas de operação e medição inteligente. Dentro deste programa está inserida a implantação da rede LTE privada multisserviço em 450MHz, que irá suportar as aplicações de medição inteligente e automação, com potencial para agregar outras aplicações como voz e vídeo. O projeto contemplou em 2024 a instalação de quatro estações rádio-base na região de Taguatinga, no Distrito Federal, com expansão planejada para outras regiões a partir de 2025. O licenciamento das estações para uso de

rádio frequência está autorizado pela ANATEL pelo prazo de 15 anos e é o primeiro caso de autorização de uso desta frequência no país.

Além de oferecer uma infraestrutura de comunicação confiável e com alta capacidade de conexão, as redes LTE privadas impulsionam a inovação e capacitam as empresas a explorar novas oportunidades, como por exemplo o IoT (Internet das Coisas). Nesse quesito, a Neoenergia investiu no desenvolvimento de um ecossistema de equipamentos IoT combinada as redes 4G/LTE multisserviços. A companhia fechou parcerias com fornecedores para desenvolvimento de novas soluções de comunicação híbridas para diferentes tipos de aplicações, automatismo e sensoramento da rede elétrica inteligente, comunicação por voz (missão-crítica) e medição inteligente com medidores comunicando 4G/LTE em frequência sub-giga (<1 Giga-hertz), o que é uma evolução no modelo de aplicação e permitirá no futuro, em larga escala, acelerar a implantação com investimento otimizado, levando benefícios para os nossos clientes em todas as distribuidoras.

2. Desenvolvimento

A Rede LTE privada multisserviço em 450MHz já está em operação na distribuidora Neoenergia Brasília. Em 2024 foram instaladas quatro estações rádio-base e, ao longo de 2025, irão prover conectividade para 5 mil medidores inteligentes, religadores e outros dispositivos de automação de rede. Na medição inteligente a rede privada possibilita a leitura remota em tempo real e um processo automatizado de restabelecimento de energia aos clientes. Os processos que antes eram feitos de forma manual e presencial passarão a ser realizados de maneira remota, de modo que a atividade ocorrerá com maior velocidade, assertividade e segurança. Na automação, um sistema integrado envolvendo os equipamentos conectados à rede LTE realiza diversas manobras e ajustes na rede elétrica de forma automática, garantindo maior qualidade e continuidade do fornecimento de energia.

Com um crescimento escalável planejado, a companhia tem o objetivo de cobrir toda a área de concessão da Neoenergia Brasília com LTE privado nos próximos anos, oportunizando a inclusão de novos serviços como a comunicação por voz e dados que dependem de uma ampla cobertura de rede.

Para concretizar a visão estratégica da Neoenergia, ao longo dos últimos dois anos, a companhia atuou junto ao regulador para a liberação e destinação das faixas de frequências em 410 e 450MHz ao Serviço Limitado Privado (SLP), além de contribuir com o mercado no desenvolvimento de um ecossistema robusto de equipamentos. No Brasil já temos um ecossistema relevante de fornecedores de medidores inteligentes, religadores e sensores, que se adaptam a diferentes meios de comunicação. Trabalhamos com a maioria desses fornecedores para o desenvolvimento de melhorias e novas tecnologias para as aplicações de 4G/LTE e IoT em 450MHz, em parceria com a Nokia, GE Grid Solutions, Qualcomm Technologies, M2M Telemetria, CAS Tecnologia, Instituto Constanta/Nepen, HartBR, Tecsys e Novus.

a. Integração com IoT

A digitalização torna-se cada vez mais a base para novos modelos de negócios e para aplicações críticas. Juntamente com tendências subjacentes como inteligência artificial e computação de borda, a Internet das Coisas (IoT) é um elo importante na cadeia digital, com as seguintes características:

- Troca de dados entre dispositivos digitais sem interação humana (comunicação máquina a máquina);
- Massificação de dispositivos móveis ou fixos com centenas ou até milhares por km²;
- Baixo volume de dados;

- Comunicação bidirecional;

A Neoenergia reconhece a importância dessas tecnologias de rádio que suportam IoT e buscou, através de parcerias com fornecedores, desenvolver módulos de comunicação aplicadas as variadas aplicações da Neoenergia, segmentando os diferentes tipos de tráfego e garantindo uma qualidade de serviço (QoS) adequada para cada aplicação. Tais desenvolvimentos envolveram os respectivos padrões:

- Cat-4: Ideal para aplicações de mobilidade da Neoenergia, sendo indicado para comunicação por voz de missão-crítica, tais como serviço de PTT (*push-to-talk*) e PTV (*push-to-video*). No estudo preditivo de RF (Rádio Frequência), as quatro estações rádio-base LTE representam 7% de toda a área de cobertura da área de concessão da Neoenergia Brasília, entregando um *throughput* de *uplink* de 128kbps na borda da célula, conforme figura 1.

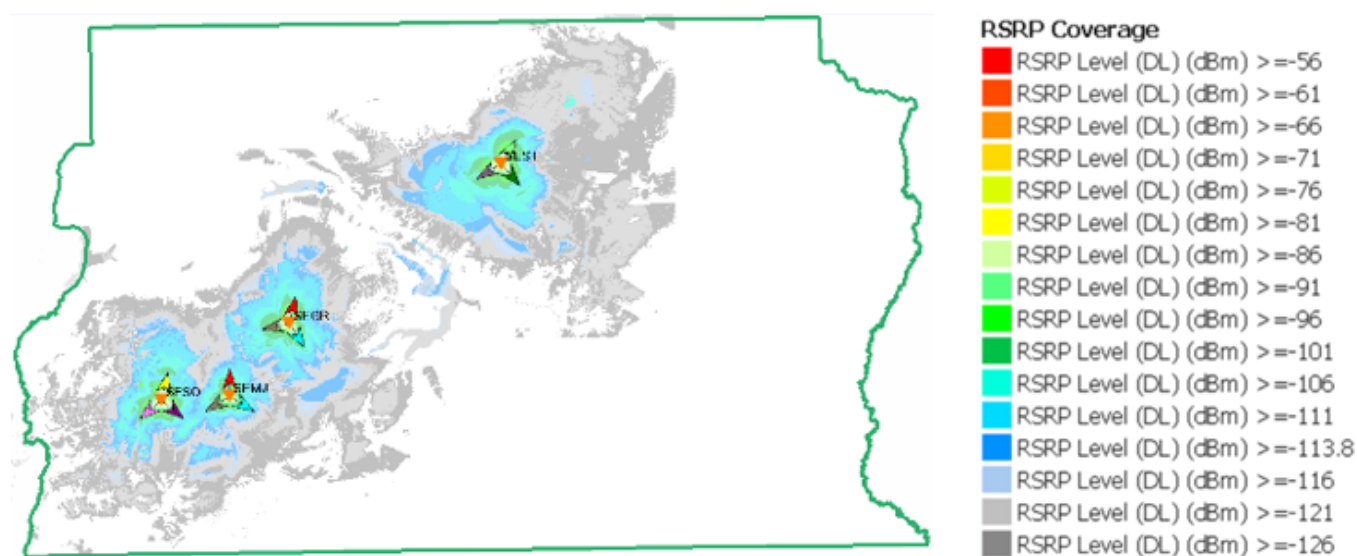


Figura 1 – Estudo preditivo de cobertura em Cat-4 (nível -113.8 com UL Throughput de 128kbps na borda de célula)

- Cat-M: otimizado para serviços críticos da Neoenergia que demandam baixa latência e fluxo de comunicação próximo a tempo real, o Cat-M está presente na comunicação com dispositivos de automação de rede (religadores) e medidores inteligentes. A cobertura ampliada é uma característica da tecnologia Cat-M. Sob cobertura das mesmas estações rádio-base, o Cat-M representa 15% de toda a área de cobertura da Neoenergia Brasília, com *throughput* em *uplink* de 128kbps na borda da célula, conforme figura 2.

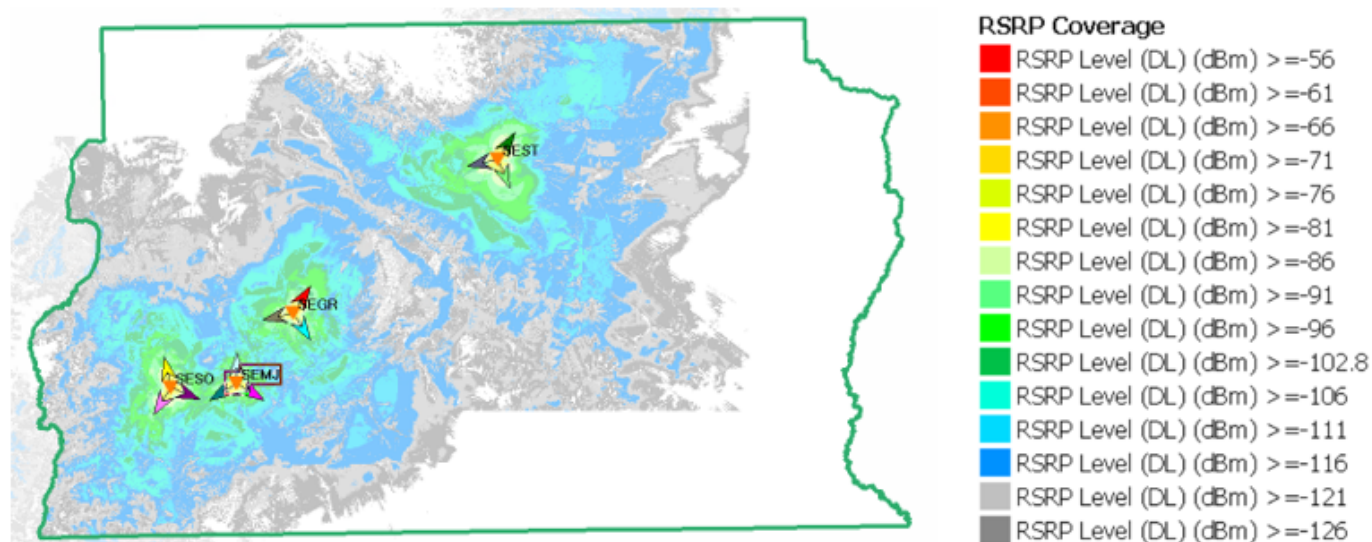


Figura 2 – Estudo preditivo de cobertura em Cat-M (Nível -109 com UL Throughput de 128kbps na borda de célula)

• NB-IoT: otimizado para aplicações da Neoenergia que demandam baixo tráfego de dados e se adaptam a variação da latência, o NB-IoT foi idealizado para comunicação em medidores inteligentes e sensoria-mento de rede. As principais características dessa tecnologia é o baixo consumo de energia e a altíssima cobertura, representando cerca de 60% de toda a área de cobertura da Neoenergia Brasília com apenas quatro estações rádio-base. Para atender as demandas de sensoriamento de rede, o cálculo de *link Budget* prevê *throughput* em *uplink* de 4.8kbps na borda da célula, conforme figura 3.

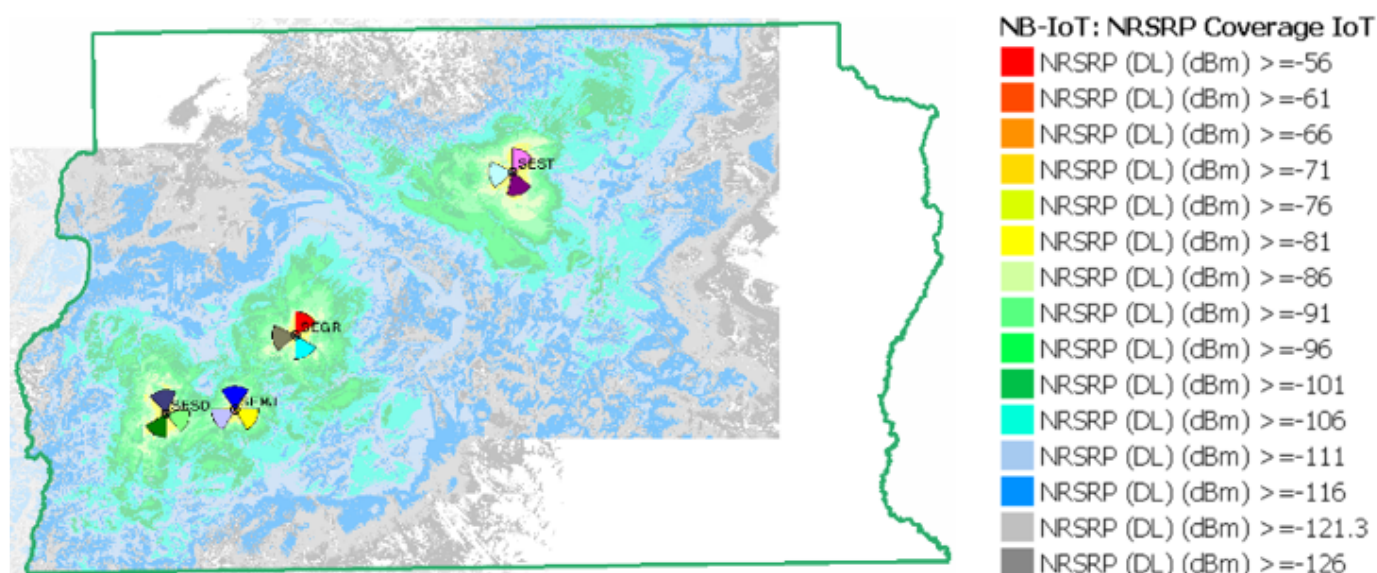


Figura 3 – Estudo preditivo de cobertura em Nb-IoT (Nível -121.3 com UL Throughput de 4.8kbps na borda de célula)

Todas as três tecnologias, Cat-M, NB-IoT e Cat-4 operaram simultaneamente dentro da canalização de 5+5 MHz FDD (*Frequency-division duplexing*) compreendida nas faixas de 452,5 - 457,5MHz e 462,5 -

467,5MHz, banda 31 do 3GPP (3rd Generation Partnership Project) e licenciada na ANATEL através do ATO 169522023. Essa combinação de tecnologias torna a faixa de frequência ainda mais atrativa, pois permite agregar tráfegos multiserviços.

b. Aplicação na Medição Inteligente

A tecnologia LTE desempenha um papel essencial na medição inteligente devido a sua capacidade de oferecer uma infraestrutura de comunicação robusta, segura e escalável. Como parte do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), a Neoenergia buscou desenvolver um concentrador de dados de medição, GODEL Multilink, capaz de conectar medidores e sensores inteligentes através de uma rede *mesh* utilizando a tecnologia Wi-SUN FAN (*Field Area Network*), que por sua vez transporta os dados do concentrador Multilink até os sistemas de gerenciamento de sensores e medidores por múltiplos canais de comunicação, dentre eles a rede LTE privativa em 450MHz.

Com a infraestrutura de rede de 6 concentradores, 20 sensores inteligentes, 41 injetores de dados e 12 repetidores de sinal já instalados e operacionais, o projeto prevê, em 2025, a substituição de medidores de 5 mil clientes na região de Taguatinga/DF por medidores inteligentes. Essa rede permitirá monitorar remotamente o consumo de energia, antecipar melhorias no fornecimento, atender rapidamente a solicitações de serviços e identificar falhas na rede, aumentando a eficiência, segurança e qualidade do fornecimento de energia.

A diversidade de situações (regiões urbanas/rurais, densidade de clientes, padrão das edificações) exige diferentes soluções de comunicação para atender os clientes da Neoenergia distribuídos ao longo da área de concessão das distribuidoras. Nesse sentido, a Neoenergia desenvolveu uma iniciativa complementar com medidores comunicando 4G/LTE em frequência sub-giga (<1 Giga-hertz) permitindo a expansão da medição inteligente de forma descentralizada e bastante ágil. Dado as características de propagação e boa penetração do sinal de RF (radiofrequência) em faixas mais baixas, a frequência 450 MHz se torna um grande potencial para ser usada na medição inteligente reduzindo a necessidade de outras tecnologias de acesso ou equipamentos, simplificando a arquitetura de rede e facilitando a gestão operacional.

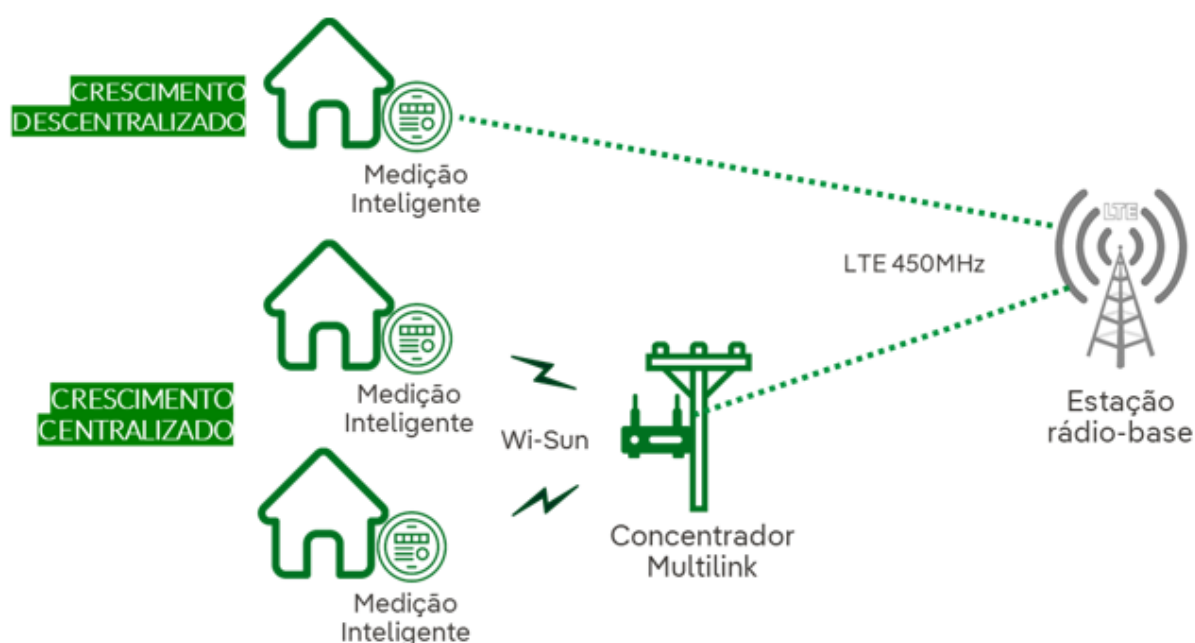


Figura 4 – Modelo híbrido de comunicação com o medidor inteligente

Os módulos de comunicação do medidor inteligente (*NIC – network Interface Card*) desenvolvidos pela Neoenergia suportam as comunicações em frequências públicas e privadas de interesse da Neoenergia (410MHz, 450MHz e 700MHz), permitindo uma implantação ágil nas cinco distribuidoras que integram a companhia, podendo funcionar tanto onde há a rede LTE própria quanto em regiões onde a empresa não possui rede privada, através da parceria com operadoras.



Figura 5 – NIC IoT híbrido desenvolvido para a Neoenergia

Tecnologias de baixo consumo de dados e baixo custo, como NB-IoT (*Narrowband-IoT*) e Cat-M, também estão presentes no NIC IoT híbrido da Neoenergia e abrem oportunidades para comunicação com a internet das coisas (IoT) dando ainda mais robustez ao sistema. A escolha da tecnologia empregada fica a critério da periodicidade da coleta de dados aplicada à cada grupo de clientes. Os resultados dos testes com Cat-M por exemplo, demonstrou taxa de transmissão de dados suficiente para suportar a demanda de coleta de medidores no padrão do Grupo A, inclusive permitindo a atualização de firmware do medidor e NIC remotamente. Enquanto a rede NB-IoT apresentou baixa capacidade de transmissão de dados e é, portanto, adequado para aplicações que demandam poucos dados e baixa periodicidade, como por exemplo clientes do Grupo B que não necessitam de informações complexas e coleta de dados várias vezes ao dia.

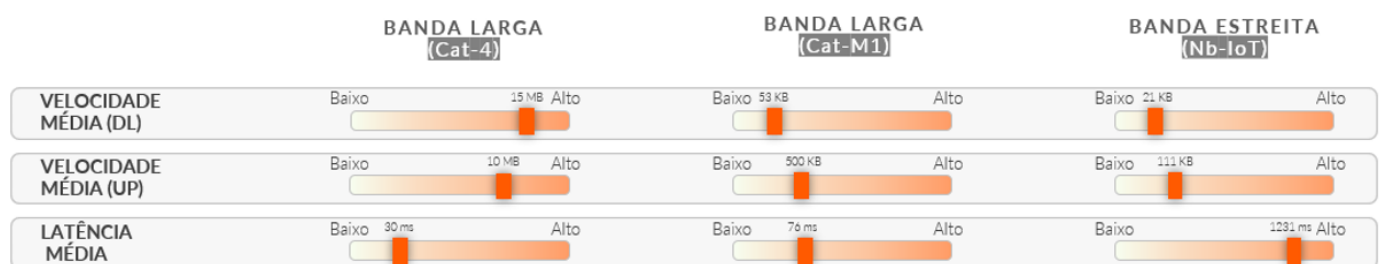


Figura 6 – Resultado técnico da tecnologia IoT obtido nas aplicações da Neoenergia

Ambas as tecnologias permitem dentro de um padrão de coleta atender a demanda de faturamento, corte e religamento, coleta de dados de eventos e alarmes dos medidores. Elas utilizam a mesma infraestrutura da rede 4G/LTE, mas com tratamentos diferenciados.

c. Aplicação na Automação e Sensoriamento de Rede

O automatismo de rede já é uma realidade na Neoenergia Brasília tendo grande relevância na melhoria da qualidade de energia fornecida aos clientes, além de proporcionar mais eficiência energética e redução de perdas técnicas. Os módulos de comunicação IoT híbridos desenvolvidos pela Neoenergia foram implementados nesse projeto para tornar a comunicação ainda mais eficiente através de uma gestão de dados otimizada. Com um hardware mais simples, avaliou-se a eficiência em CAPEX de 10% comparado a remota celular 3G/4G convencional, e 16% de eficiência em OPEX dado o fluxo de comunicação de dados otimizado.

Além disso, o desenvolvimento das remotas IoT híbridas permitem operação em redes públicas e privadas, sendo adequado para a estratégia de crescimento escalável da rede LTE privativa multisserviço da Neoenergia Brasília. Com custos de conexões mais baixos, dispositivos IoT abrem oportunidades para a ampla aplicação em redes elétricas inteligentes, tais como sistemas de *Self-healing*, AIR (Automação Inteligente de Rede), Volt/VAR, Religadores. Em parceria com fornecedores, a Neoenergia também está desenvolvendo módulos de comunicação IoT visando um amplo sensoriamento de rede elétrica (sensores de detecção de falta de energia, inclinação, temperatura, entre outros) e que serão futuramente adicionados a rede LTE privativa multisserviço da Neoenergia Brasília. O adensamento de sensores na rede elétrica é uma oportunidade para monitorar e gerenciar a energia de forma mais eficaz, reduzindo o desperdício de energia e, por fim, melhorando a segurança, proatividade em resolução de falhas, qualidade de fornecimento e a eficiência operacional da rede elétrica.

d. Cobertura e Redes Multisserviços

A faixa de frequência em 450MHz é de interesse da Neoenergia porque oferece uma boa relação entre cobertura e capacidade. As características de propagação nesta faixa de frequência permitem ampla cobertura a custos mais baixos associados a infraestrutura de estações rádio-base quando comparado a outras faixas de frequências, o que otimiza potencialmente os custos de implantação. Além disso, o sinal também penetra melhor em paredes densas e outras barreiras. Como resultado, o número de sites necessários para fornecer uma boa cobertura para a rede privativa da Neoenergia Brasília é significativamente menor do que o observado em redes celulares de frequências elevadas.

Do ponto de vista de investimento em infraestrutura, avaliou-se a expansão da rede privativa em 450MHz com investimento 40% menor comparado a faixa de frequência em 2,3GHz, por exemplo. Isso proporciona a Neoenergia um crescimento de rede mais sustentável e uma gestão eficiente dos recursos, tanto em áreas rurais, onde o longo alcance das faixas sub-giga favorece a cobertura de sinal, quanto em áreas urbanas com maior densidade de equipamentos. É importante que as soluções de telecomunicações que irão suportar a continuidade da digitalização das redes, sejam não só tecnicamente, mas também financeiramente viáveis, levando ainda em consideração o panorama regulatório em que as distribuidoras de energia estão inseridas.

A figura a seguir representa o estudo preditivo de RF realizado em uma estação-radio base da Neoenergia Brasília comparando as principais faixas de frequências destinadas ao serviço SLP (Serviço Limitado Pri-

vativo). As faixas 410MHz e 450MHz apresentam raio de cobertura, expressa em quilômetros, superior a faixa de 2.3GHz, utilizado em projetos de redes privativas que demandam elevada capacidade de dados.

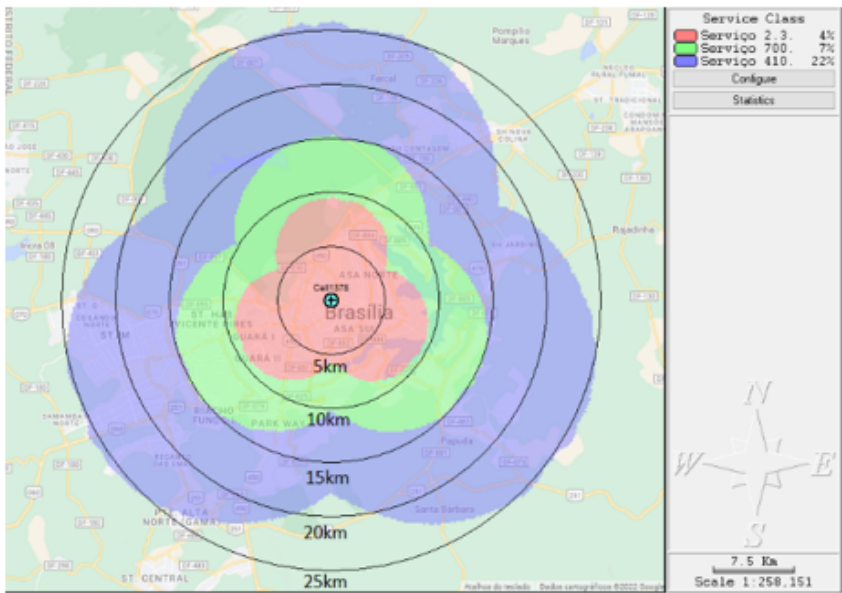


Figura 7 – Comparativo de cobertura entre as faixas de frequências do SLP

Da mesma forma, a capacidade da rede LTE em transportar tráfegos multisserviços proporcionou a expansão da rede LTE privativa da Neoenergia Brasília com menor investimento. Avaliou-se a eficiência de 44% das redes multisserviços frente as redes exclusivas, ou seja, redes operando de forma paralela e individual para suportar um determinado serviço. O estudo feito para Neoenergia Brasília considerou as tecnologias VHF para serviço de voz, rádios de banda estreita para serviços de automação e remota celular para medição inteligente para compor o termo “redes exclusivas”.

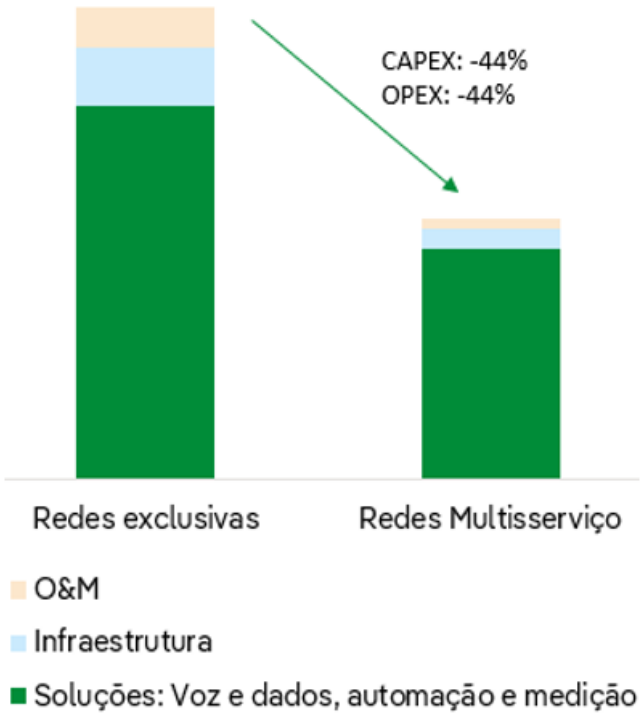


Figura 8 –Comparativo financeiro entre modelos de negócio

A rede multisserviço também contribui para a eficiência operacional ao centralizar a operação em uma única rede 4G/LTE, simplificando o gerenciamento da rede e diminuindo a dependência de múltiplos sistemas de comunicação.

3. Conclusão

A trajetória da Neoenergia nas implementações de redes LTE privadas demonstram o protagonismo e compromisso contínuo da companhia com a inovação e a eficiência operacional. Em um ambiente cada vez mais complexo e dinâmico, as soluções de comunicação desempenham um papel crucial para atender a demanda crescente das redes elétricas inteligentes. Pioneira no licenciamento da faixa 450MHz no país, a rede LTE privada multisserviço em operação na Neoenergia Brasília traz um novo modelo de comunicação adequado as necessidades e aplicações da companhia, potencializando a expansão da rede com crescimento escalável, eficiente e sustentável.

Além de buscar soluções eficientes, tanto do ponto de vista operacional quanto financeiro, a Neoenergia também atuou próximo ao regulador, representantes e associações das indústrias para impulsionar a adoção dessa nova faixa de frequência ao Serviço Limitado Privado (SLP).

O protagonismo da Neoenergia no desenvolvimento dos módulos de comunicação IoT híbrido para medição inteligente e automação de rede, trouxe inovação para o setor, que está carente de soluções escaláveis e interoperáveis, além de promover um ecossistema de fornecedores e equipamentos, reforçando o compromisso da companhia com a modernização do setor elétrico.

A massificação do sensoriamento nas redes elétricas é uma forte tendência que deverá impactar positivamente não só os indicadores de fornecimento de energia, mas também a inteligência urbana, gestão de recursos e o índice de satisfação dos clientes.

4. Referências bibliográficas

DAHLMAN ERIK, PARKVALL STEFAN, SKOLD JOHAN. 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband. Internacional, eBook Kindle, 2013.

HOSSAM FATTAH, LTE Cellular Narrowband Internet of Things (Nb-IoT). Internacional, CRC Press, 2021. Brasil. Padronização 3GPP. Desenvolvimento dos equipamentos baseado na especificação técnica do release 15 do 3GPP. Acesso em 04/12/2024, disponível em: <https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-15>.

Brasil. ANATEL. Deliberação sobre a faixa de 450MHz e outras faixas do SLP. Acesso em 04/12/2024, disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/atos-de-requisitos-tecnicos-de-gestao-do-espectro/2024/1920-ato-915>.

Brasil. IDATE. Report com as principais tendências do mercado industrial IoT global. Forecast com a quantidade de dispositivos IoT até 2030. Acesso em 30/03/2023, disponível em: <https://idate.fr/marches-mondiaux-deliot-industriel/>.