

# Aplicação de comunicação satélite de baixa órbita para despacho de equipes de campo

**Tema:** Sistemas de Controle, Automação e Proteção

**Autores:** Pedro Leone Navarro, Tiago Cicero Engroff

**Co-Autores:** -

**Empresa:** RGE Sul Distribuição de Energia S/A

## Resumo

Para garantir a qualidade e confiabilidade na distribuição de energia elétrica, a Rio Grande Energia - RGE, do grupo CPFL Energia, utiliza sistemas automatizados e telecomandados, necessitando de comunicação robusta para a operação remota de religadores, subestações e comunicação com equipes de campo.

A comunicação com equipes (Mobilidade) envia notas de manutenção e comerciais via rede de comunicação para os smartphones das equipes de campo, que por vezes se depara com ausência de comunicação em áreas remotas da área de concessão.

Diante dessa situação, a RGE investiu em novas soluções satelitais para melhorar a comunicação das equipes em áreas remotas, garantindo eficiência operacional, além de abrir possibilidade para agregação de novas funcionalidades ao sistema de Mobilidade.

Com isso, a RGE realizou o processo de transição tecnológica para uma solução que oferece conexão banda larga, reduzindo as restrições nos atendimentos de missão crítica.

A opção considerada e implantada foi a de satélite de baixa órbita (Starlink), tornando-se uma importante ferramenta de coordenação das equipes que atuam na recomposição do serviço de fornecimento de energia elétrica.

## 1. Introdução

Atualmente, para garantir um elevado nível de qualidade e confiabilidade na prestação do serviço de distribuição de energia, as Distribuidoras necessitam fortemente de apoiar sua operação em sistemas automatizados e telecomandados. Nesse sentido, um dos principais pilares para assegurar os requisitos desse sistema são meios de comunicação de alta robustez e confiabilidade.

A RGE – Rio Grande Energia, empresa de distribuição do grupo CPFL Energia que opera em 381 municípios do estado do Rio Grande do Sul se enquadra nesse contexto, e necessita destes canais de telecomunicações para suportar a operação remota de religadores e subestações, além da comunicação com equipes de campo. A alta disponibilidade destes sistemas de telecomunicações é fator preponderante para que estas atividades sejam feitas de forma segura, célere e eficaz.

Dentre os processos que necessitam de canais de telecomunicações, o sistema de despacho e comunicação de equipes de campo é o de maior abrangência territorial, sendo o foco deste trabalho e nomeado como "Mobilidade". Este processo é realizado automaticamente através do sistema padrão da RGE, que

envia notas de manutenção (equipes pesadas) e notas comerciais para as equipes. O envio ocorre durante todo o dia, em regime 24x7, para as equipes online em toda a área de concessão. O encaminhamento das notas se dá via rede de comunicação, para os *smartphones* das equipes de campo.

Para garantir que os dados cheguem ao destinatário final, desenvolveu-se o sistema de escalonamento, um método híbrido que utiliza três meios de comunicação. Caso o primeiro meio não esteja disponível, o sistema escalona o despacho via segundo meio de comunicação, e assim sucessivamente até a nota ser entregue para o *smartphone* da equipe.

O primeiro meio de comunicação é o *Wi-Fi*, disponível na base da equipe, e o segundo meio são os dados móveis do próprio *smartphone*. Por conta da boa taxa de transmissão, estes meios de comunicação são os mais utilizados, e possibilitam a utilização completa do sistema de Mobilidade, trafegando notas de manutenção e comerciais, emergenciais, fotos, vídeos e chat de texto.

Para a rede *Wi-Fi*, a equipe consegue utilizar a Mobilidade sem restrições nas centenas de bases operacionais distribuídas na área de concessão da distribuidora, pois todas possuem rede *Wi-Fi* para *smartphones*. Porém, esta característica se restringe apenas ao perímetro da base operacional. Quando a equipe se afasta, o sistema de despacho instalado no *smartphone* realiza o escalonamento para comunicação via dados móveis.

Os dados móveis possibilitam o mesmo desempenho da rede *Wi-Fi*, permitindo a utilização da Mobilidade sem restrições. No entanto, a limitação para este caso é a área de cobertura da operadora móvel. Como a rede elétrica extrapola as áreas de cobertura celular móvel, as equipes ficam impossibilitadas de utilizarem este meio em toda área de concessão da RGE.

A Figura 1 informa, na teoria, a área de abrangência da rede celular móvel em comparação à área de concessão da distribuidora RGE, ilustrando as limitações de cobertura na área de atuação da RGE.

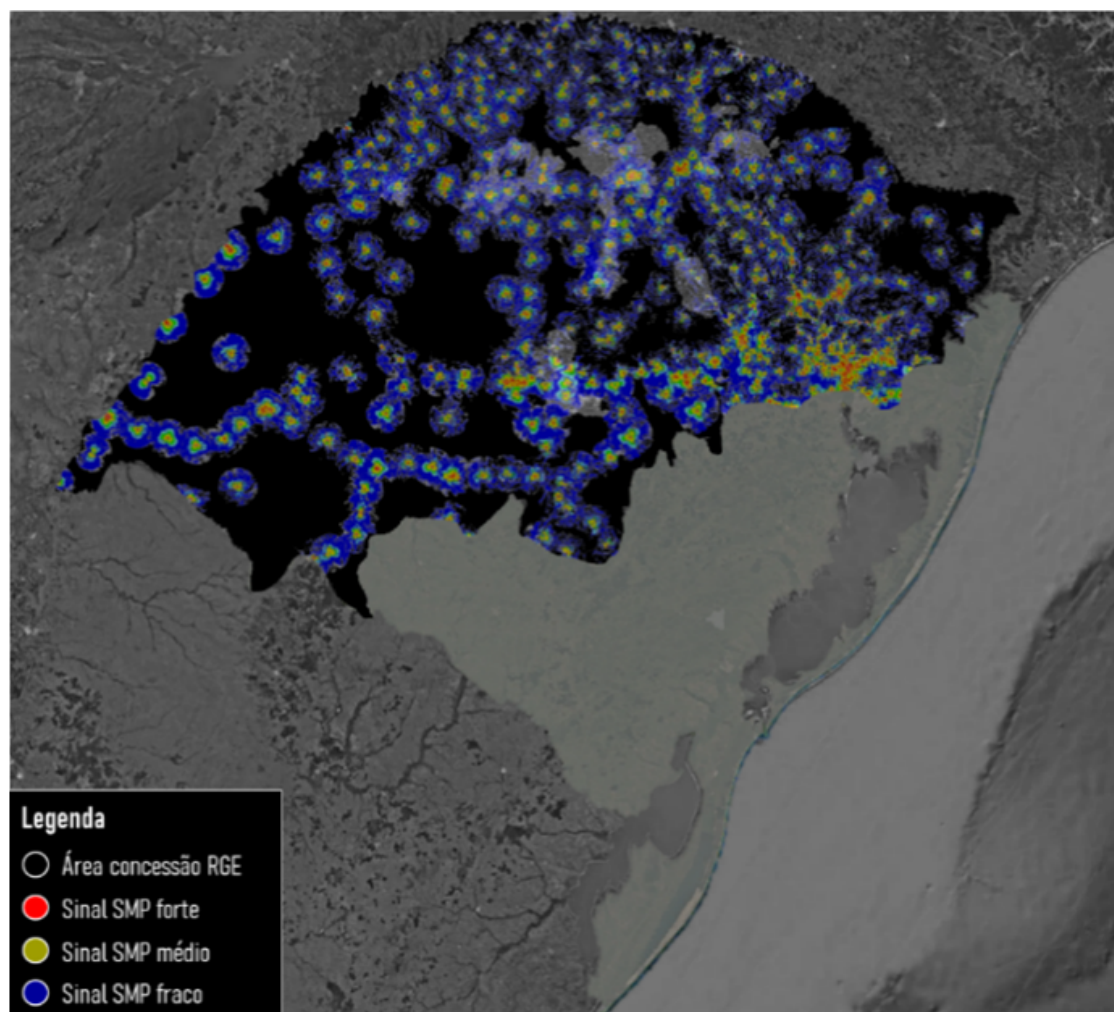


Figura 1: Cobertura celular simulada comparada com a área de concessão da RGE.

Os dados apresentados na Figura 1 foram obtidos através de simulações sistêmicas, através de *software* específico para predições, utilizando dados públicos dos cadastros das estações de telecomunicações na ANATEL, e complementado com registros das atividades em campo, que armazenam os *logs* de indisponibilidade de dados móveis do aplicativo de Mobilidade, possibilitando visualizar as regiões sem comunicação.

Como exemplo prático de operação de campo, utilizou-se a cidade de Uruguaiana, realizando a comparação da extensão da rede elétrica e a cobertura celular móvel, indicando na Figura 2 a dificuldade de comunicação em grande parte da área de operação da distribuidora, visto que grande parte da rede elétrica está presente em regiões rurais.

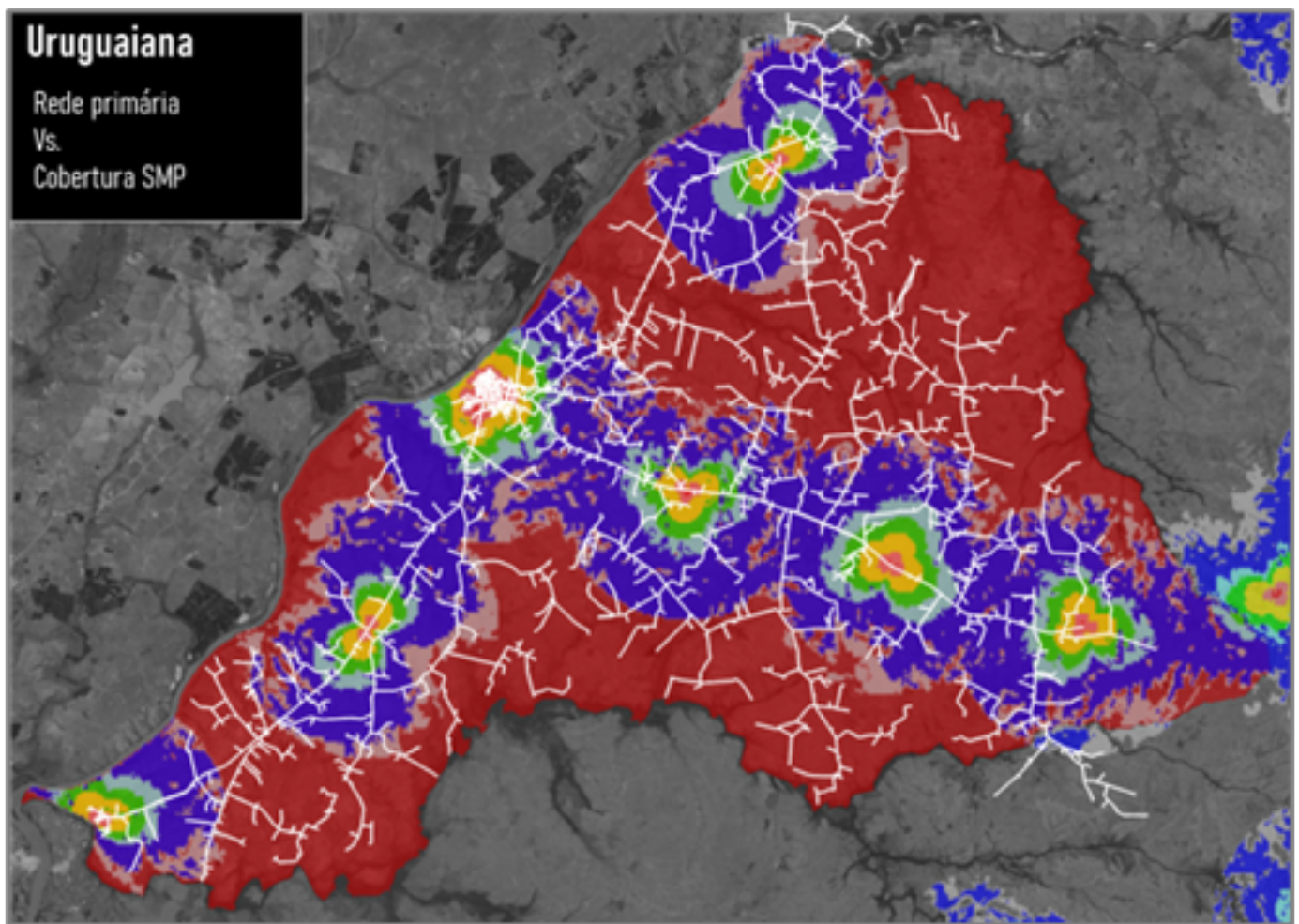


Figura 2: Rede primária RGE vs. cobertura celular.

Considerando o cenário informado, quando a conexão da rede de dados móveis do *smartphone* é perdida, o sistema de Mobilidade escala para o terceiro meio de comunicação: a tecnologia via satélite. A solução utilizada pela RGE até então é apoiada em banda Ku, com órbita fixa (GEO - *Geostationary Earth Orbit*), e transferência de dados através de mensageria. Embora possua boa cobertura, possui limitação de capacidade, impossibilitando, por exemplo, o envio de fotos, vídeos e notas comerciais, requisitos demandados pela evolução tecnológica. Além disso, devido ao posicionamento fixo do satélite, regiões montanhosas possuem grande restrição ao uso, justamente pela característica técnica da solução, pois a antena necessita de visada desobstruída para o Norte, posição do satélite (transponder) da solução.

Em áreas sem cobertura celular, a solução utilizada pela RGE possibilitava as equipes utilizarem chat de texto com o centro de operações e recebimento de notas que não demandam muitos dados, por conta das características técnicas da solução. Para realização do recebimento de notas que demandam mais dados, a equipe precisa deslocar-se para áreas com cobertura celular ou retornar para a base operacional, o que reflete diretamente no tempo de atividade das equipes e, consequentemente, na eficiência operacional da RGE.

## 2. Desenvolvimento



Diante dos desafios enfrentados pela RGE em garantir uma comunicação eficiente e constante em toda sua extensa área de concessão, adicionando novas funcionalidades e visando a evolução tecnológica, viu-se na necessidade de explorar novas soluções que pudessem mitigar as limitações enfrentadas, especialmente em áreas remotas, provendo comunicação completa e transparente para o sistema de Mobilidade, sem necessidade de escalonamento entre tecnologias. A preparação para uma transição tecnológica tornou-se imperativa, visando melhorar a qualidade e eficiência operacional, além de buscar uma solução que propiciasse agregar novas funcionalidades. Nesse contexto, a RGE prospectou diversas alternativas de soluções satelitais, realizando consulta ao mercado através de RFI (*Request for Information*), com o objetivo de encontrar a solução mais adequada que atenderia os requisitos da Mobilidade, oferecendo conexão banda larga.

A primeira opção apresentada foi a solução satélite em Banda L (1,5 GHz a 2 GHz), tecnologia não só utilizada para pontos fixos, mas também em veículos. Ela trabalha na órbita LEO (*Low Earth Orbit*) e possui uma banda estreita, em muitos casos permite envio de até 10.000 bytes, sendo a transmissão de dados em formato de mensageria. A latência também é um item em questão, permitindo de 15 a 60 segundos de tempo de envio/recebimento da mensagem. Esta solução é semelhante à já utilizada na RGE, oferecendo uma capacidade limitada em termos de volume de dados, embora ela permita conectividade limitada em áreas onde outros meios de comunicação não estão disponíveis e não necessite apontamento, não permite o funcionamento completo das funções da Mobilidade. É inadequada para envio de dados pesados, como imagens, o que não atende a todas as necessidades operacionais.

A segunda opção foi a solução satélite com antena eletrônica de baixa órbita (LEO) e alinhamento automático. Esta tecnologia trabalha em Banda Ku (10 GHz a 18 GHz) e Banda Ka (27 GHz a 40 GHz) com banda larga em torno de 195Mbps para download e 32Mbps para upload, devido à baixa órbita dos satélites, proporciona tempos de resposta mais rápidos em comparação com satélites estacionários. Trabalha de modo transparente com IP dedicado, proporciona implantar mecanismos de segurança de rede e cibersegurança. Ela é adequada para envio de dados pesados, permitindo que a operação trabalhe com todas as funcionalidades do sistema de Mobilidade, mas para proporcionar todas estas facilidades, a implementação desta tecnologia possui altos valores devido ao alto custo dos equipamentos e mensalidade, incluindo o fato de naquele momento a tecnologia ainda não estava disponível comercialmente no Brasil.

Paralelamente, a implantação de rede privativa também foi avaliada e estudada, com foco no LTE operando na faixa de 250MHz. A ideia desta aplicação é criar uma infraestrutura de comunicação proprietária e dedicada para a RGE, cobrindo toda a área de concessão sem depender de redes providas por terceiros. Esta rede atenderia não só a Mobilidade por meio de dados e voz, mas também agregaria na comunicação dos religadores automáticos e subestações, trazendo ganhos em disponibilidade, tempo de manutenção, aumento de capacidade e tempo de resposta baixo. Porém, para a abrangência necessária para a Mobilidade, a implantação desta rede exige um investimento significativo a longo prazo para atingir toda a área de concessão. Mesmo com uma cobertura densa, existiriam áreas de sombra que demandariam tecnologias complementares para possibilitar o pleno funcionamento da Mobilidade.

A terceira opção apresentada foi a solução Starlink para veículos, operando também em baixa órbita (LEO) na Banda Ku/Ka, proporcionando conexão em banda larga por volta de 220Mbps de *download* e 25Mbps de *upload*, e latência inferior a 99 ms. Dentre as opções apresentadas, esta foi a que melhor equilibrou custo, benefício e recursos técnicos, o que fez com que a RGE optasse por sua escolha, atendendo aos requisitos técnicos e propiciando a operação completa do sistema de Mobilidade.

## 2.1 Testes Iniciais e o Desafio Climático

Com a definição da solução, a RGE realizou teste iniciais com a tecnologia de baixa órbita Starlink. Em meados de abril de 2023, iniciou-se o primeiro teste com a equipe de eletricitas da cidade de Sobradinho

– RS, que utilizou a tecnologia nas atividades de operação de campo, realizando o uso do sistema de Mobilidade sem restrições, recebendo e fechando notas, enviando vídeos e fotos.

Os testes foram expandidos para outras regiões, com foco especialmente em divisas com outros Países (Argentina e Uruguai). Em maio de 2023 foi testado a segunda antena satélite de baixa órbita, desta vez na cidade de Santana do Livramento - RS. Novamente, utilização do sistema de Mobilidade sem limitações.

Setembro de 2023, chegava ao Rio Grande do Sul, Vale do Taquari, uma das maiores catástrofes climáticas dos últimos 100 anos, terceira maior da história. Milhares de desabrigados e desalojados, bairros inteiros totalmente destruídos e que provocava a morte de 47 pessoas. Este desastre que levou muitas vidas, histórias, estradas, casas e pontes também danificou toda a estrutura elétrica, água e de telefonia. Diversas cidades passaram vários dias totalmente incomunicáveis impactando todas as Forças de Segurança (Defesa Civil, Bombeiros, Polícia) e dificultando ainda mais a operação. Por três dias inteiros o único veículo da RGE que estava com comunicação em tempo integral era a equipe da cidade de Sobradinho-RS, deslocada para a região para prestar apoio com a antena piloto dos testes.

Novembro de 2023, nova enchente de grande proporção, quarta maior da história. As consequências são conhecidas por todos.

No dia 16 de janeiro de 2024 nova catástrofe climática atinge o RS. Desta vez na região metropolitana, mais precisamente na cidade de Canoas. Um Ciclone Bomba destruía a região e novamente causava um apagão de energia elétrica e telefonia.

Em maio de 2024 a maior enchente da história atinge o Rio Grande do Sul, elevando o Rio Taquari a incríveis 31,2 metros e causando como consequência a elevação do Rio Guaíba, rompimento de diques e também a maior enchente já ocorrida na Capital dos Gaúchos: Porto Alegre. As consequências da enchente foram gigantes, comprometendo mais de 200 km de rede elétrica, transformadores, postes, impactando 98,7% da área de concessão.

Neste mesmo momento eram adquiridas antenas satélites de baixa órbita para todos os veículos operacionais da RGE, com o intuito de garantir a operação da RGE no momento de maior impacto operacional na distribuição de energia elétrica no Estado.



Figura 3: Armazenamento das antenas para distribuição às equipes.

As cidades de Roca Sales e Muçum, duramente impactadas pela enchente estavam com suas subestações interditadas e as torres que realizavam as travessias sobre o Rio Taquari danificadas. Não havia meios

de comunicação, nem mesmo voz, e para apoiar a operação de restabelecimento da energia elétrica da região os equipamentos foram levados de helicóptero para as bases operacionais, com isso garantindo a comunicação das equipes com o Centro de Operações da RGE.



Figura 4: Transporte de antenas com apoio de helicóptero.

## 2.2 Resultados

Com a escolha da tecnologia satélite de baixa órbita, a RGE iniciou o *rollout*. Para a implementação, realizou-se o desenvolvimento de padrões elétricos e de instalação da antena em veículos operacionais, esta ação culminou em diversos estudos para viabilizar a elaboração da padronização dos procedimentos de instalação dos equipamentos nos veículos.

A Figura 5 representa o modelo desenvolvido especificamente para a instalação em veículo operacional (caminhonete com escada central).

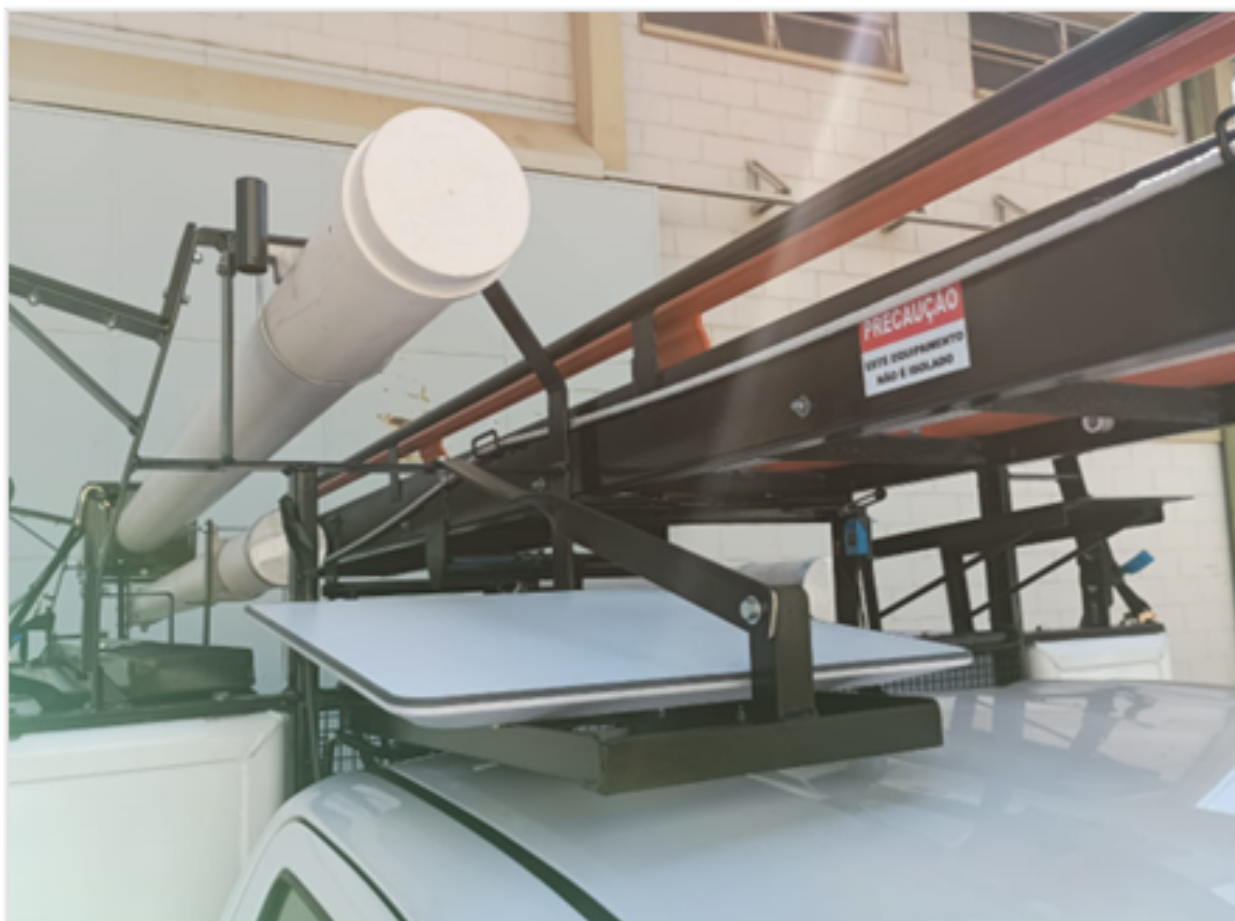


Figura 5: Suporte elaborado para fixação da antena.

Além da criação do padrão de suporte de instalação da antena, foi criado o padrão de instalação elétrico e periféricos necessários para o perfeito funcionamento. Como a antena opera em padrão elétrico AC, desenvolveu-se um padrão de sistema de energia veicular e ligações elétricas específicas para cada tipo de modelo de veículo.

De imediato foram observados diversos ganhos operacionais com a implantação da nova tecnologia, os seguintes resultados foram medidos durante as atividades da equipe e coletados através dos *logs* do sistema de Mobilidade. A Tabela 1 compara os tempos entre o sistema anterior e o novo sistema, considerando os tempos gastos pelo conjunto: aplicação, equipamento e meio de comunicação.

Tabela 1: Comparação entre sistemas.



<b>Item</b>	<b>Sistema anterior</b>	<b>Sistema novo</b>
Início de turno	5 minutos	4 segundos
Tempo de envio de mensagem texto	2,69 minutos	4 segundos

Com estes valores de tempo, considerando que a equipe trabalhe 21 dias no mês, em um período de 11 meses, podemos considerar que a diferença de tempo de “Início de turno” utilizando o sistema satélite anterior (órbita fixa) e o novo sistema (baixa órbita) consumia aproximadamente 8.628 horas das equipes da RGE. Para este cálculo, foi considerado a quantidade de equipes que utilizaram o início de turno pelo sistema satélite de órbita fixa (450 equipes) dentro do período de 11 meses.

O mesmo período foi utilizado para calcular o tempo gasto para o “Envio de mensagem de texto”. As equipes tiveram 22.903 horas empenhadas no aguardo dos envios de mensagens utilizando o sistema de órbita fixa. O cálculo considerou o tempo médio de todas as mensagens de texto enviadas dentro do período de 11 meses.

Como observação, os tempos medidos no sistema satélite anterior (órbita fixa) utilizaram o sistema padrão de Mobilidade da RGE, ou seja, o sistema possui a necessidade de parear o *smartphone* da equipe com a antena satélite em todo início de turno e possui todos fluxos e mecanismos de escalonamento de meios de comunicação, isso pode causar aumento no tempo dos itens medidos. Já o novo sistema satélite (baixa órbita) não necessita de todos mecanismos, como a antena satélite disponibiliza uma rede *Wi-Fi*, o *smartphone* recebe uma rede transparente, sem necessidade de pareamento com a antena e sem escalonamento.

Outro resultado importante é o tempo de deslocamento das equipes de campo. Como existem atividades em locais sem cobertura celular, como ilustrado na Figura 1, as equipes possuíam apenas comunicação via *chat* de texto com o Centro de Operações da RGE, e como informado na Tabela 1, o tempo de envio das mensagens era alto, e para fecharem as notas e/ou receberem novas notas, precisavam deslocar para regiões com cobertura celular. Estes deslocamentos consumiam muito tempo da jornada da equipe. A Figura 6 ilustra o tempo de deslocamento de uma equipe em atendimento em região afastada dos centros urbanos.

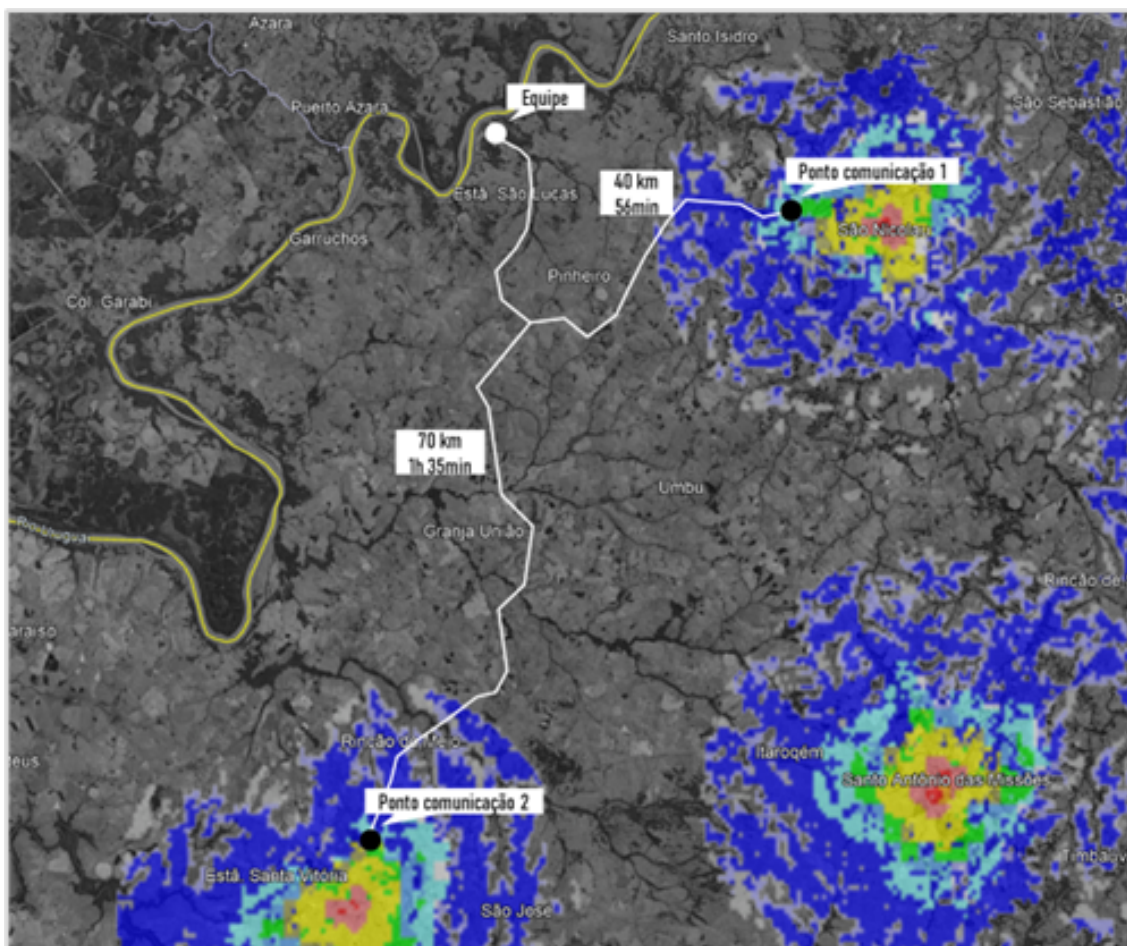


Figura 6: Tempo deslocamento para comunicação.

A Figura 6 demonstra a atividade real de uma equipe que utilizava o sistema de Mobilidade anterior e executava atividade na região de Garruchos-RS, nesta situação a equipe precisava se deslocar 56 minutos (ponto 1) para conseguir conexão de dados móveis para encerrar uma nota de manutenção completa, enviando fotos e detalhes da ocorrência, pois no local da ocorrência não possuía cobertura celular. Nesta situação o sistema de Mobilidade disponibilizava apenas comunicação via chat de texto e recebimento e encerramento de notas que não demandam muitos dados.

Com a migração de solução, utilizando antena satélite de baixa órbita e canal de comunicação transparente, realizando atividade na mesma região do exemplo, a equipe não precisa mais se deslocar para outra região para conseguir conexão de dados móveis. Com a nova solução, a equipe consegue realizar o fechamento da nota de manutenção e enviar fotos e detalhes da ocorrência no mesmo local, inclusive receber nova nota, e assim economizando tempo e aumentando a produtividade. O ganho propiciado pela redução do tempo é latente, pois o deslocamento é um dos maiores ofensores dos índices de produtividade.

Outro ponto relevante e observado foi a possibilidade de realização de chamadas de voz utilizando a comunicação Voz via rede *Wi-fi*. Locais que não possuem nenhuma cobertura permitem aos Eletricistas realizarem chamadas de voz pelo teclado de discagem nativo do aparelho, seja para o Centro de Operações ou para o apoio em sua Base Operacional afim de sanar alguma dúvida ou até mesmo para algum cliente onde irão realizar algum atendimento futuro.

### 3. Conclusão

As prospecções de novas tecnologias trouxeram visões complementares entre as tecnologias de comunicação satelital, embora todas proporcionavam o envio de dados em regiões remotas, muitas não cumpriam alguns dos requisitos para uma distribuidora de energia elétrica.

Com a escolha da nova tecnologia e comparando o desempenho do sistema de Mobilidade utilizando os dois sistemas de comunicação satélite, órbita fixa e baixa órbita, conclui-se que a expectativa de sucesso de uso foi atingida com resultados positivos e ganhos na operação de campo, inclusive apoiando nos eventos climáticos que atingiram o Estado do Rio Grande do Sul.

Desta forma, entende-se que a tecnologia satélite de baixa órbita propicia condições favoráveis para utilização nas aplicações empregadas pela RGE no despacho de equipes de campo, sendo uma das mídias que obtiveram a melhor performance de maneira geral sendo esta uma importante ferramenta no leque de soluções utilizadas nos diversos desafios que existem.

#### **4. Referências bibliográficas**

Starlink. Especificações. Acesso em 06/11/2024, disponível em: <https://www.starlink.com/br/specifications?spec=3>