



Mitigação de furtos de reguladores de tensão: Desenvolvimento de dispositivo para bloqueio de chave seccionadora by-pass da estrutura do banco de reguladores de tensão

Tema: Redes de Distribuição

Autores: Huederson Botura

Co-Autores: Márcio de Castro Mariano Silva; Diogo da Silva; Ednilson José Menatti; Renato Blatyta; Uziel Duarte

Empresa: Companhia Paulista de Força e Luz

Resumo

As distribuidoras de energia elétrica são responsáveis por fornecer energia elétrica a todos os consumidores, conforme a Resolução Normativa nº 1.000/2021 da ANEEL. Nos últimos 30 anos, o acesso à energia elétrica no Brasil aumentou 140%, atingindo 99,8% dos domicílios em 2023.

Devido às grandes dimensões territoriais do Brasil, as redes de distribuição enfrentam desafios significativos como manutenção, queda de tensão e perdas técnicas. Para solucionar a queda de tensão, é comum o uso de reguladores de tensão que são especificados pela ABNT NBR 11809.

No Brasil, os reguladores monofásicos são frequentemente usados devido ao custo e simplicidade, quando comparados aos trifásicos. Eles podem operar em circuitos monofásicos, bifásicos ou trifásicos, com diferentes tipos de ligação: delta aberto, delta fechado e estrela aterrada.

Assim como outras distribuidoras brasileiras, o Grupo CPFL Energia vem enfrentando furtos recorrentes desses equipamentos nas distribuidoras localizadas no estado de São Paulo, resultando em prejuízos financeiros e problemas na qualidade do fornecimento de energia.

Desde 2022, medidas têm sido adotadas para mitigar esses furtos, incluindo o desenvolvimento de dispositivos de bloqueio da chave by-pass que foi um projeto em parceria com a UAD Metalúrgica Imp Exp Ltda, visando aumentar a segurança e reduzir os prejuízos causados pelos furtos.

Este dispositivo foi instalado em campo e apresenta, até o momento, efetividade para mitigação dos furtos de reguladores de tensão.

1. Introdução

As distribuidoras de energia elétrica possuem a responsabilidade de fornecer energia elétrica a qualquer consumidor, conforme estabelecido na Resolução Normativa nº 1.000/2021 da ANEEL (ANEEL, 2021).

O Brasil registrou um aumento de 140% no acesso à energia elétrica nas últimas 3 décadas, saltando de 38,1 milhões de residências com acesso à rede elétrica em 1995 para 91,3 milhões de residências em 2023, número esse representando 99,8% dos domicílios brasileiros (PODER360, 2023).

Entretanto, como o Brasil possui dimensões continentais, aliado à obrigação das distribuidoras de enviar energia elétrica a qualquer consumidor, exige uma extensa e complexa rede de distribuição, pois os clientes

podem estar localizados próximos ou distantes do centro consumidor, urbano ou rural, perto ou longe da subestação de energia elétrica.

Quando existem redes de distribuição de longas distâncias, o que é comum no Brasil devido ao baixo consumo de cargas distantes do centro consumidor, essas redes apresentam vários problemas e dificuldades, tais como manutenção, queda de tensão, perdas técnicas, oscilações de tensão, interferência externa, etc. Para sanar o problema de queda de tensão, o equipamento mais utilizado é o regulador de tensão.

O regulador de tensão possui as características de um autotransformador imerso em óleo isolante, possuindo um enrolamento primário em paralelo e um enrolamento secundário em série com um circuito para o ajuste gradual da tensão que, conforme a ABNT NBR 11809, pode ser do tipo A ou tipo B, sendo a diferença o local onde o enrolamento comum está ligado. No Brasil, o mais comum é o tipo B que possui o enrolamento série do lado fonte e apresenta 33 derivações, sendo a posição neutra, 16 posições para cima e 16 posições para baixo, tendo uma faixa de regulação usualmente de mais ou menos 10%, representando passos de 0,625% da tensão nominal.

A ABNT NBR 11809 especifica as características elétricas, mecânica e de segurança para reguladores de tensão.

Devido ao custo e simplicidade de instalação e manutenção, no Brasil, são frequentemente utilizados reguladores de tensão monofásicos, que podem operar circuitos monofásicos, bifásicos ou trifásicos.

Para circuitos trifásicos existe a possibilidade de três tipos de ligação com os reguladores de tensão monofásicos ligados em banco, sendo:

- 2 reguladores de tensão ligados em delta aberto;
- 3 reguladores de tensão ligados em delta fechado;
- 3 reguladores de tensão ligados em estrela aterrada.

A Tabela 1 apresenta as particularidades de bancos de reguladores de tensão trifásicos montando com reguladores monofásicos.

Tabela 1. Particularidades de bancos de reguladores de tensão a três fios, ligação fase fase

Tipo	Quantidade de reguladores	Regulação máxima	Corrente medida	Defasagem entre tensão e corrente	Tensão nominal do regulador
Delta aberto	2	$\pm 10\%$	Em 2 das 3 fases	-30° para um dos reguladores e $+30^\circ$ para o outro regulador	Igual a tensão fase fase do sistema
Delta fechado	3	$\pm 15\%$	Nas 3 fases (podendo apresentar erro de até 5,35%)	Todos os reguladores podem apresentar -30° ou $+30^\circ$	Igual a tensão fase fase do sistema
Estrela aterrada	3	$\pm 10\%$	Nas 3 fases	0°	Igual a tensão fase neutro do sistema

Assim como outras distribuidoras, o Grupo CPFL Energia vem sofrendo com recorrência de furtos desses equipamentos nas distribuidoras localizadas no estado de São Paulo, sendo que, em setembro de 2024, possuía 288 bancos de reguladores de tensão ligados em delta aberto, 563 em delta fechado e 43 em estrela aterrada.

Esses furtos ocasionam prejuízos financeiros para a distribuidora e prejudicam a qualidade de energia fornecida aos consumidores, bem como a interrupção da energia elétrica.

O gráfico contido na Figura 1 apresenta o crescimento do número de furtos de reguladores de tensão nas distribuidoras localizadas no estado de São Paulo do Grupo CPFL Energia.

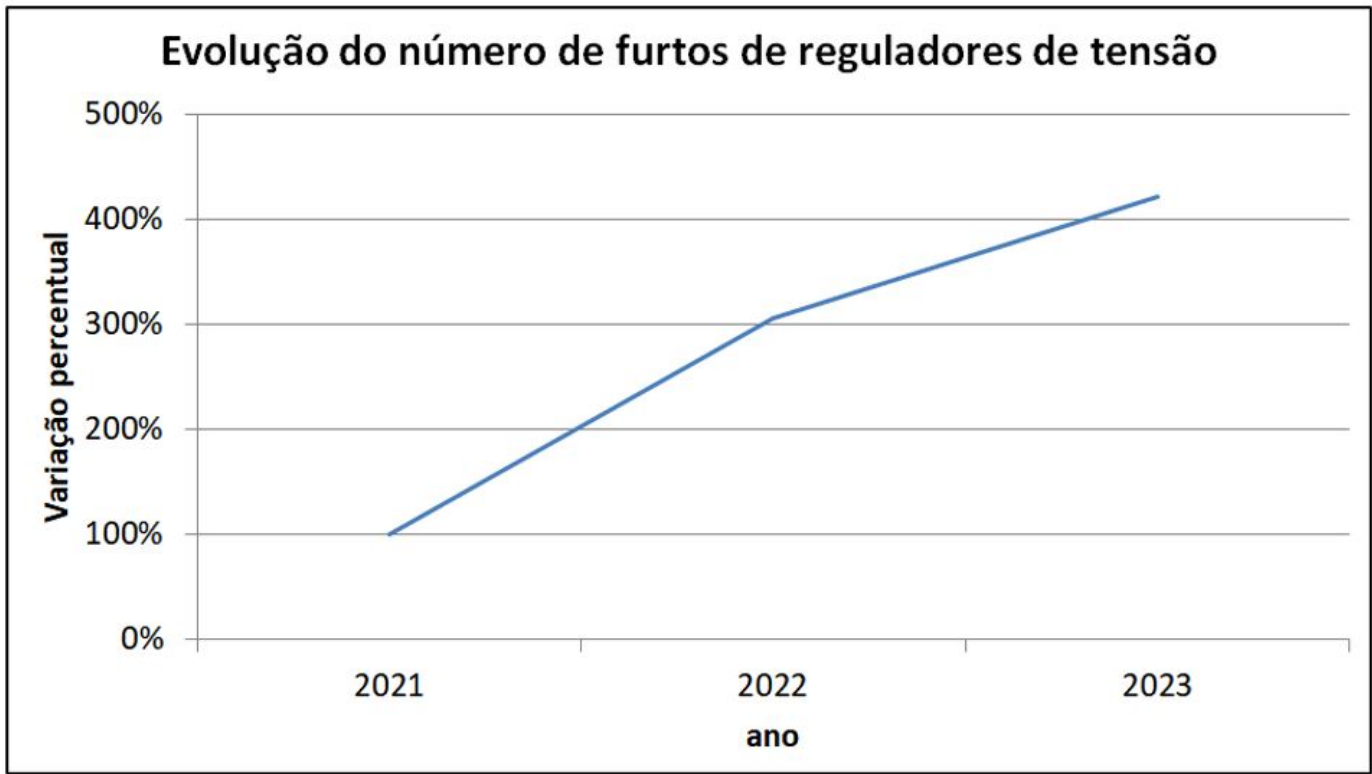


Figura 1. Gráfico da evolução do número de furtos de reguladores

O gráfico acima apresenta o crescimento percentual do número de reguladores de tensão nas distribuidoras localizadas no estado de São Paulo do Grupo CPFL Energia e foi construído tomando como base o ano de 2021. (Observação: Não foram inseridos os dados de 2024 devido o artigo ser redigido antes do fechamento do corrente ano).

Conforme descrito no Manual de Controle Patrimonial do Setor Elétrico (MCPSE) da ANEEL, a vida útil regulatória dos reguladores de tensão distribuição (inferior a 69 kV) é de 23 anos (ANEEL, 2015). Como a maioria dos equipamentos apresentam recorrência de furtos, a baixa desses ativos apresentam números elevados em virtudes de serem equipamentos novos. O gráfico contido na Figura 2 apresenta o valor financeiro das baixas desses ativos, totalizando em mais de 10 milhões nos anos entre os anos de 2021 e 2023.

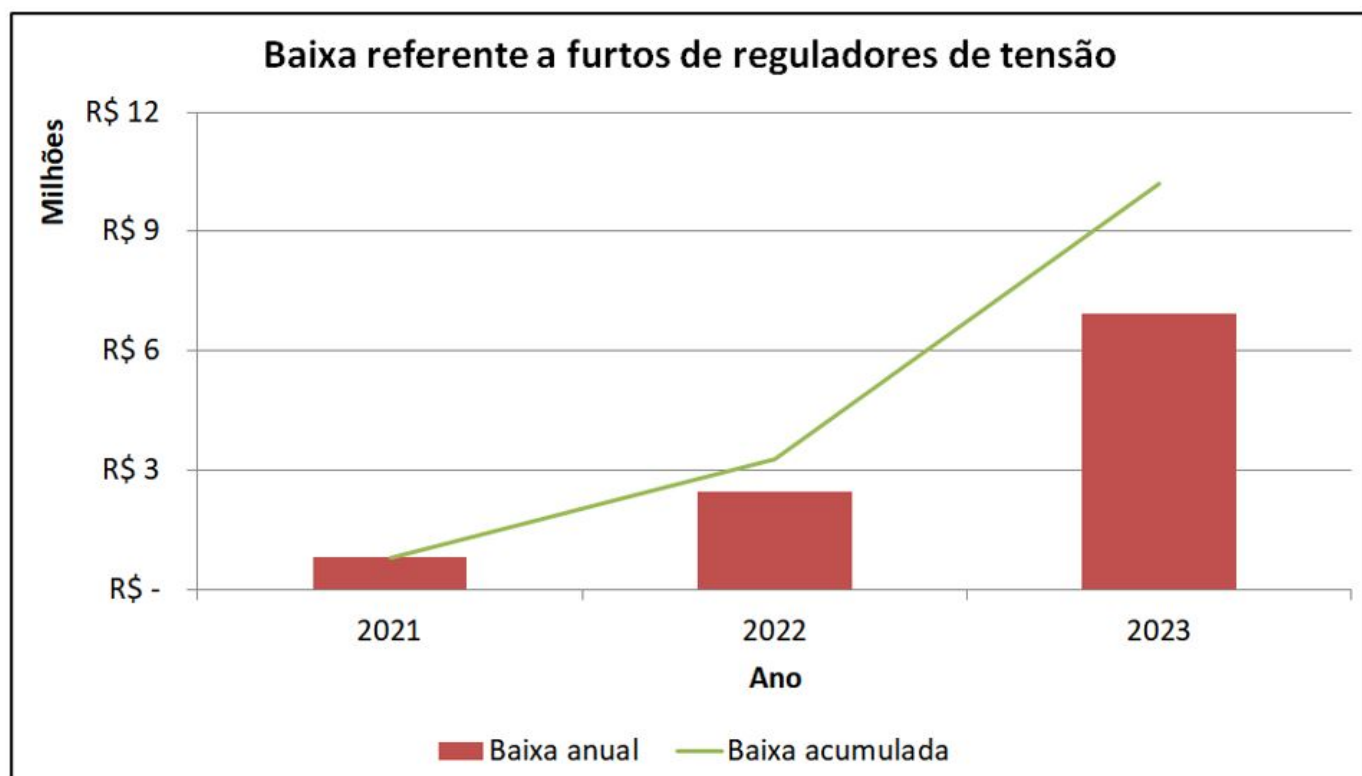


Figura 2. Gráfico da baixa dos ativos reguladores de tensão furtados

2. Desenvolvimento

Desde o ano de 2022, o Grupo CPFL Energia vem trabalhando fortemente em medidas para mitigação de furtos de reguladores de tensão, desenvolvendo vários dispositivos, bloqueios e melhorias nas estruturas para dificultar a ação dos vândalos. Uma dessas ações é o desenvolvimento do dispositivo para bloqueio de chave seccionadora by-pass da estrutura do banco de reguladores de tensão.

O reguladores, quando instalados em bancos, seja em plataforma ou em postes, requerem a instalação de diversos componentes e equipamentos adicionais, tais como cruzetas, para-raios, isoladores, cintas, parafusos, suportes, chave seccionadora unipolar ou chave seccionadora by-pass, etc.

A Figura 3 apresenta a ilustração de uma estrutura de banco de regulador de tensão instalado em plataforma.

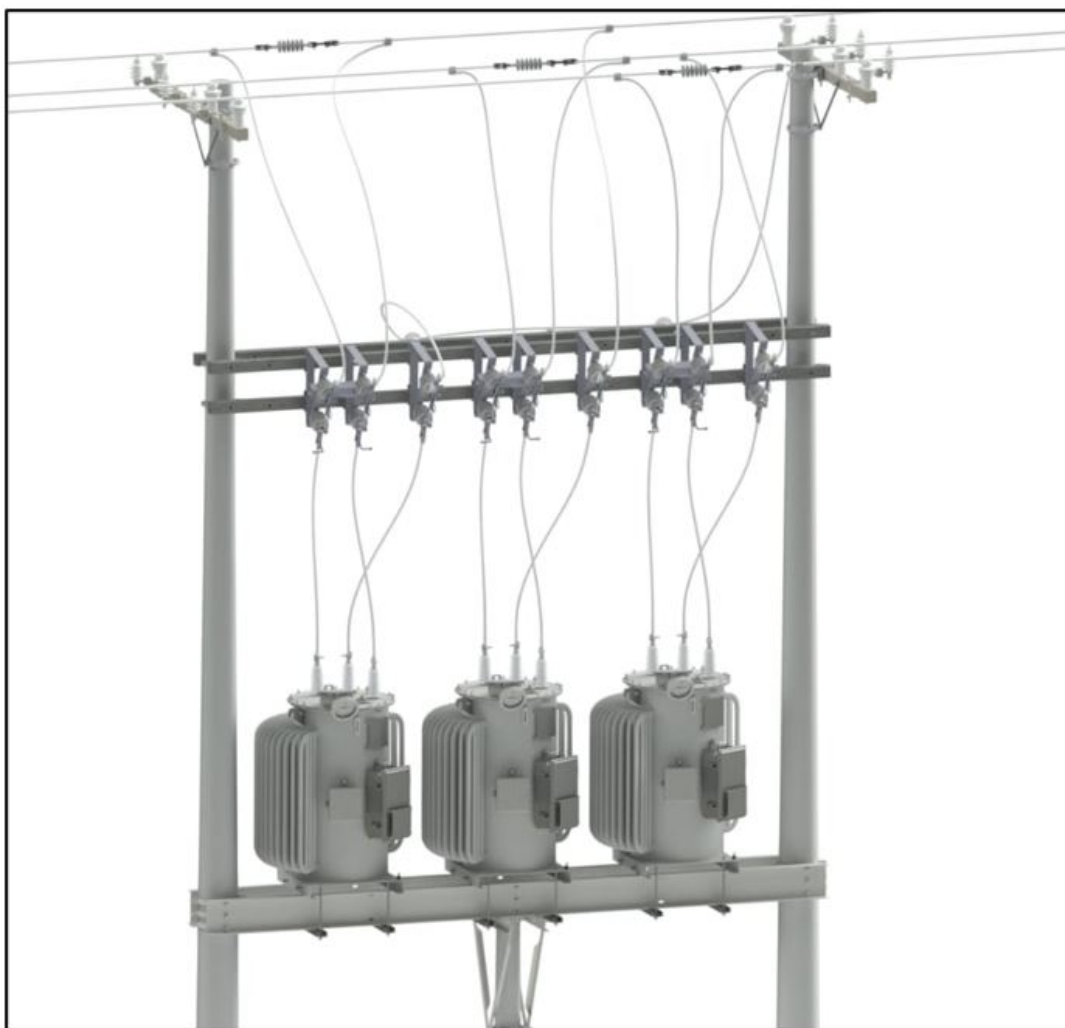


Figura 3. Ilustração de um banco de regulador de tensão instalado em plataforma

Os furtos de reguladores de tensão nas distribuidoras do Grupo CPFL Energia, localizadas no estado de São Paulo, não possuem um padrão específico de ação dos vândalos, na qual apresenta que os furtos ocorrem por diversas equipes, localidades diferentes e conhecimentos técnicos diferentes. Existem casos em que os equipamentos são colocados na posição neutra do comutador para realização de manobra de by-pass do banco de regulador de tensão e outros casos onde são abertas as chaves deixando o sistema a jusante sem fornecimento de energia elétrica, entretanto em ambos os casos é necessária a abertura da chave seccionadora unipolar ou chave seccionadora by-pass para desenergização do regulador de tensão. Ao analisar essa sistemática de furtos de reguladores de tensão, uma alternativa adotada foi a de realizar o bloqueio da chave seccionadora unipolar ou chave seccionadora by-pass, impedindo a desenergização dos reguladores de tensão e dificultando a ação dos vândalos para furto dos equipamentos. O desenvolvimento do dispositivo de bloqueio da chave seccionadora by-pass foi realizado em parceria com o fabricante UAD Metalúrgica Imp Exp Ltda e os principais marcos do projeto estão apresentados na Figura 4.

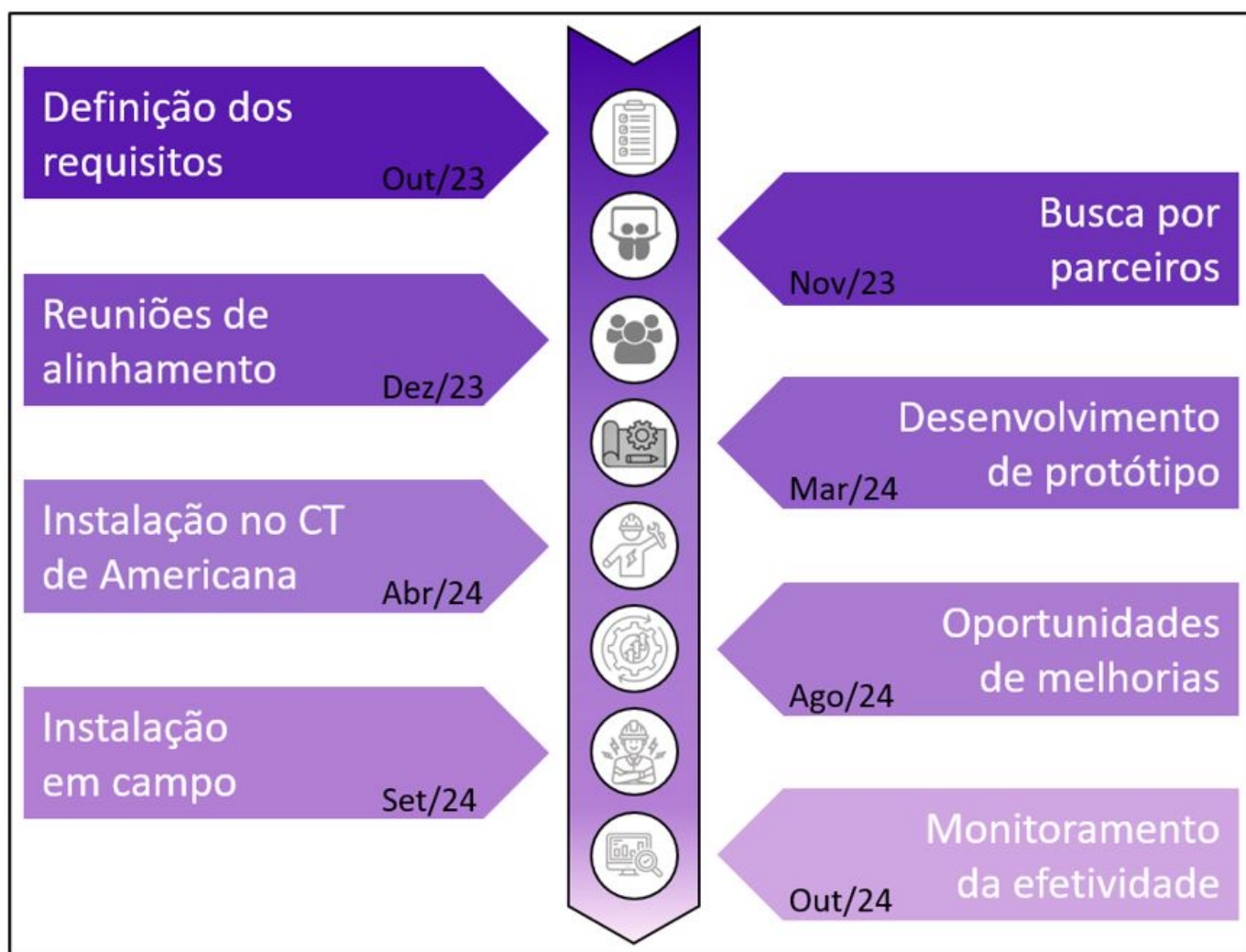


Figura 4. Linha do tempo do projeto

2.1 Definição dos requisitos

Na etapa de definição dos requisitos foram elencadas os itens necessários para o dispositivo de bloqueio da chave seccionadora by-pass, sendo:

- Fácil instalação;
- Sistema de bloqueio para abertura da lâmina da contato e fechamento da lâmina de by-pass da chave by-pass;
- Dispositivo contendo segredo para abertura;
- Abertura do dispositivo realizada a distância, não requerendo manuseio pela equipe de linha viva.

2.2 Busca por parceiros

Nesta etapa foram verificadas as potenciais empresas cadastradas no Grupo CPFL Energia que teriam condições no desenvolvimento desse tipo de dispositivo e a empresa UAD Metalúrgica Imp Exp Ltda foi a escolhida como parceira para este projeto devido ao seu histórico de sucesso de desenvolvimento de dispositivos e ferramentas especiais para o Grupo CPFL Energia.

A UAD é uma empresa do Grupo Duarte & Duarte que iniciou suas atividades em 2002 como serralheria e hoje é uma das principais companhias nacionais em produtos de segurança para sites de telefonia, serviços

metalúrgicos, subestação de energia e transportes rodoviários, atuando no processo de engenharia, projeto, montagem, transporte, instalação e manutenção em todo o país. Possui sede em Pinhais, há 10 km da capital paranaense, atualmente emprega mais de 100 profissionais.

2.3 Reuniões de alinhamento

As reuniões de alinhamento visaram o estreitamento entre as equipes técnicas da UAD e CPFL na finalidade do entendimento da necessidade do dispositivo, bem como nos requisitos solicitados e posteriormente análise crítica do desenvolvimento do dispositivo e oportunidades de melhorias.

Essas reuniões ocorreram durante toda a duração do projeto.

2.4 Desenvolvimento de protótipo

O protótipo desenvolvido é apresentado na Figura 5 e possui as seguintes características principais:

- Corpo fabricado em aço carbono com espessura de 1,55 mm;
- Sistema antifurto composto por parafuso e haste contendo codificação própria;
- Dispositivo com travamento por impacto e mola;
- Ângulo de abertura a 45°;
- Bloqueio da chave de manobra de abertura/fechamento e chave seccionadora by-pass;
- Fácil instalação.

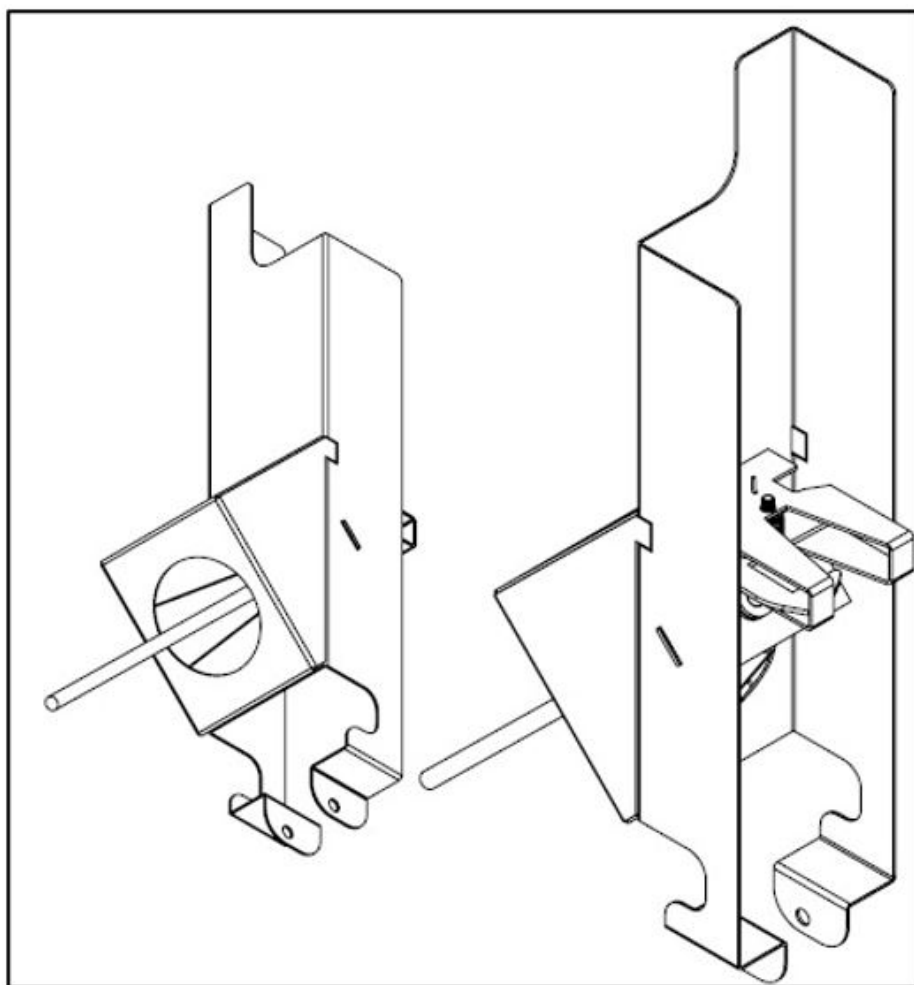


Figura 5. Desenho do protótipo desenvolvido

A chave contendo o dispositivo de bloqueio pode ser visualizado na Figura 6.

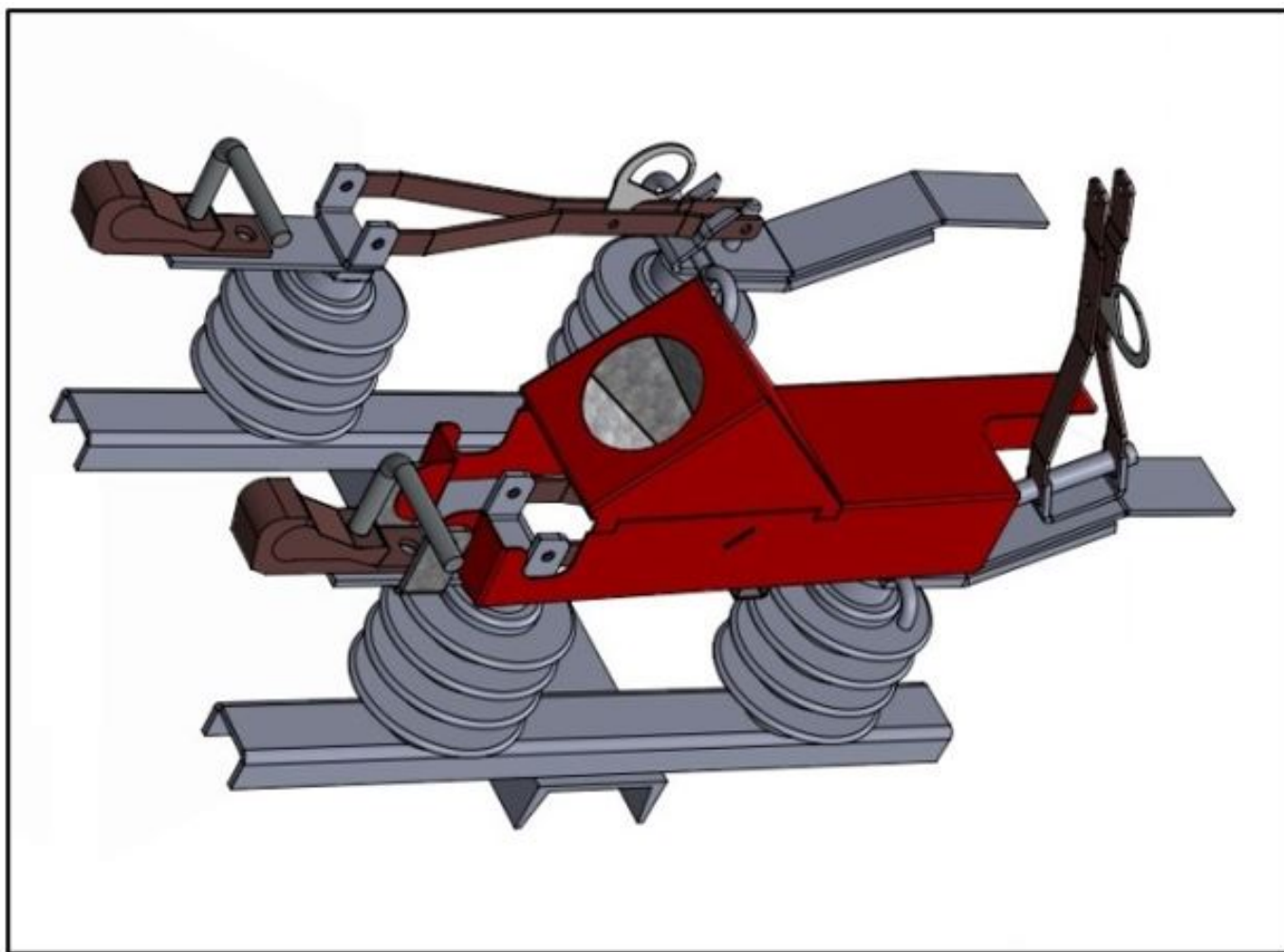


Figura 6. Chave contendo o dispositivo de bloqueio

2.5 Instalação de protótipo no CT de Americana

Os Centros de Treinamento do Grupo CPFL têm como objetivo capacitar seus colaboradores por meio do desenvolvimento contínuo, aprimorando suas habilidades e conhecimentos para promover um aumento na segurança, eficiência e produtividade. Nessas localidades, é possível instalar equipamentos para testes em um ambiente controlado, o que proporciona as condições necessárias para elaborar todos os procedimentos operacionais requeridos para suas instalações e manutenções.

Nesse contexto, o dispositivo de bloqueio foi instalado por uma equipe de linha viva, seguindo todos os cuidados e avaliações necessárias. O procedimento foi realizado com segurança, alcançando os resultados esperados com sucesso. Após a instalação, o dispositivo passou por testes de abertura e fechamento, conduzidos por uma equipe multifuncional, que não encontrou dificuldades na operação. Durante conversas com as equipes, foram levantadas sugestões de melhorias para o dispositivo.



Figura 7. Instalação do dispositivo no CT de Americana

2.6 Levantamento de oportunidades de melhorias do dispositivo

Durante a instalação no Centro de Treinamento foram observadas as oportunidades de melhorias listadas abaixo para ser aprimorado no dispositivo de bloqueio para instalação em campo.

- Fixação do dispositivo;
- Posicionamento da ferramenta antifurto com codificação própria instalada na vara de manobra;
- Sistema de travamento por impacto;
- Sistema de encaixe da ferramenta antifurto no dispositivo;
- Abertura do dispositivo;
- Dimensionamento do suporte para travamento da chave seccionadora by-pass.

2.7 Instalação em campo

A primeira instalação em campo do dispositivo de bloqueio da chave seccionadora by-pass ocorreu no dia 23 de setembro de 2024, no posto operativo D1164020, localizado na cidade de Fernando Prestes. A instalação foi realizada em linha viva, sem a necessidade de desligar a rede, embora tenha sido necessário retirar o banco de regulador de tensão do sistema elétrico, que ficou fora de serviço. A equipe foi composta de 02 (dois) eletricitas, com uma duração total de 1,5 horas.

O procedimento realizado em campo foi considerado adequado, conforme demonstrado nas práticas realizadas no Centro de Treinamento. As equipes não enfrentaram dificuldades durante a instalação e nas manobras das chaves e do dispositivo envolvidas no processo. Os demais dispositivos foram instalados nas cidades de Pindorama e Santa Adélia.



Figura 8. Instalação do dispositivo na cidade de Fernando Prestes



Figura 9. Dispositivo de bloqueio na posição aberta



Figura 10. Dispositivo de bloqueio na posição fechada

2.8 Monitoramento da efetividade

Através da ferramenta Power BI, o Grupo CPFL Energia monitora a quantidade de banco de reguladores de tensão furtados.

Na Figura 11 é ilustrado os dados de furtos de reguladores de tensão ocorridos no mês de setembro de 2024.

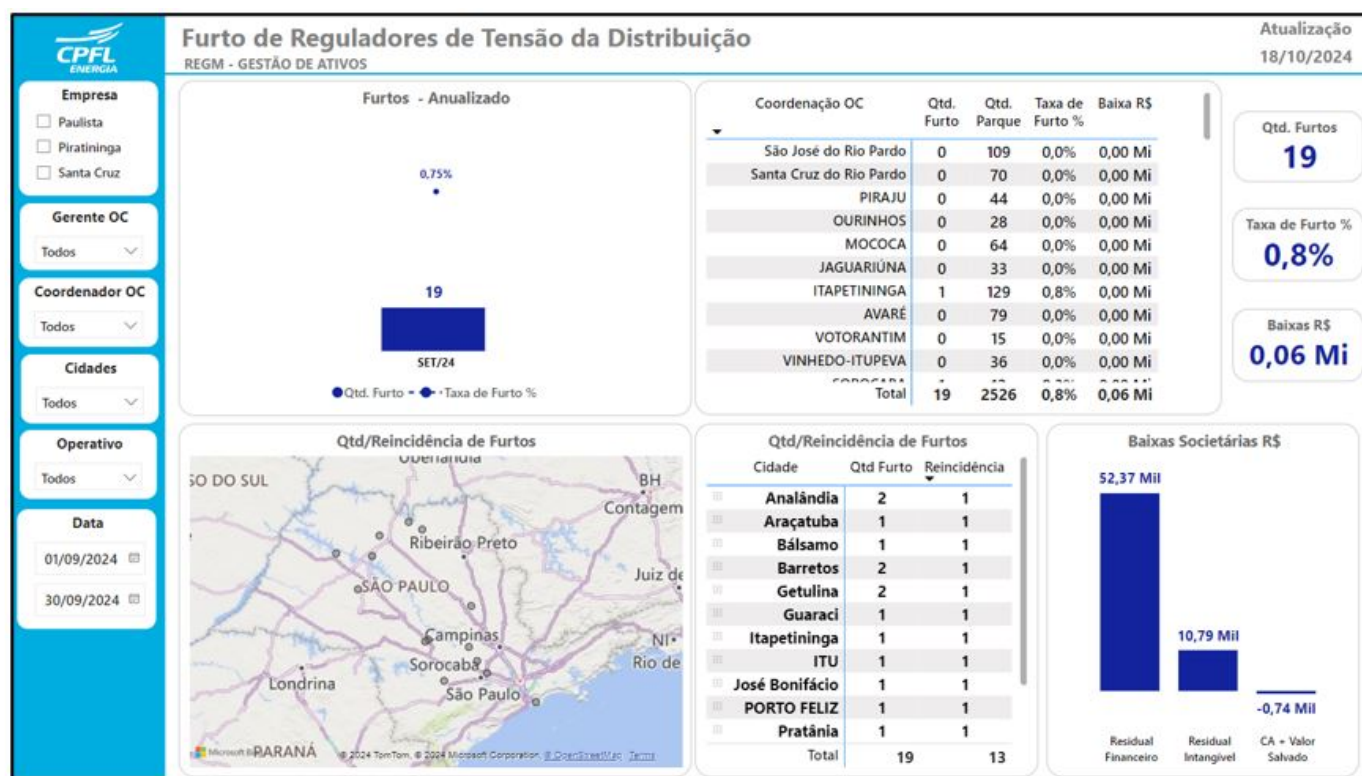


Figura 11. Power BI de controle de número furto de reguladores de tensão

Os dados de entrada para a visualização via Power BI, são retirados de notas do SAP (Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung) criadas pela equipe de campo em todo evento de furto de equipamentos.

A equipe de Gestão de Ativos do Grupo CPFL Energia possui o controle dos postos operativos onde foram instalados os dispositivos para bloqueio de chave seccionadora by-pass e com isso é possível realizar o monitoramento da efetividade para mitigação de furtos desses bancos de reguladores de tensão, visualizando se esses postos operativos aparecem no Power BI de furtos de reguladores de tensão, conforme ilustrado na Figura 11.

3. Conclusão

O desenvolvimento do dispositivo para bloqueio de chave seccionadora by-pass do banco de reguladores de tensão foi realizado em conjunto com a empresa UAD cumprindo com os requisitos iniciais solicitados pela CPFL.

A instalação do dispositivo é realizada sem a necessidade de desenergização dos reguladores de tensão de forma fácil e rápida.

O dispositivo pode ser manobrado por eletricitista posicionado do solo para abertura e fechamento utilizando vara de manobra contendo a ferramenta antifurto com codificação própria em sua extremidade.

O dispositivo tem apresentado eficácia para o problema de furtos de reguladores de tensão, no qual desde a instalação dos dispositivos os postos não apresentaram furtos.

A instalação dos dispositivos está ocorrendo de forma gradativa nas localidades com reincidência de furtos de reguladores de tensão.

4. Referências bibliográficas

ANEEL. Manual de Controle Patrimonial do Setor Elétrico – MCPSE. Brasília: ANEEL, 2015. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/MCPSE_texto_definitivo_resol_674_2015.pdf>. Acesso em: 11 out. 2024.

ANEEL. Resolução Normativa nº 1000, de 7 de dezembro de 2021. Brasília: ANEEL, 2021. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 11809: Reguladores de Tensão – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

PODER360. Distribuidoras de energia investirão R\$ 130 bi em 4 anos. Brasília: Poder360, 2023. Disponível em: <<https://www.poder360.com.br/conteudo-de-marca/distribuidoras-de-energia-investirao-r-130-bi-em-4-anos/>>. Acesso em: 10 out. 2023.