

A UTILIZAÇÃO DO INTERRUPTOR COM REARME AUTOMÁTICO VACUFUSE NA REDUÇÃO DE NAE

Tema: Redes de Distribuição

Autores: Acassio Maximiano Mendonça, Clebson Alves Duarte

Co-Autores: -

Empresa: Energisa Sul-Sudeste - Distribuidora de Energisa SA

Resumo

Este trabalho aborda a implementação e análise de um projeto piloto realizado pela Energisa Tocantins (ETO), que utilizou 59 unidades do equipamento VacuFuse® I em transformadores rurais localizados em áreas de difícil acesso e com alta incidência de falhas transitórias. O VacuFuse é um dispositivo monofásico autorressetável que substitui fusíveis convencionais em redes de distribuição, oferecendo maior confiabilidade e eficiência operacional. A seleção estratégica dos locais de instalação considerou fatores como histórico de falhas elétricas, tempo de deslocamento e acessibilidade, especialmente em regiões alagadas durante períodos chuvosos. Os resultados obtidos foram expressivos: redução de quilometragem percorrida pelas equipes técnicas, horas de deslocamento evitadas e direcionada a atendimentos mais especializados resultaram em uma boa economia financeira. Além disso, o projeto demonstrou melhorias nos indicadores de continuidade de fornecimento de energia (DEC e FEC) e evitou compensações financeiras por interrupções, reforçando o impacto positivo da tecnologia no desempenho do sistema elétrico. Este estudo também destaca os desafios enfrentados, como a adaptação do equipamento às condições locais, e discute o potencial de replicação em outras áreas da distribuição de energia, contribuindo para o desenvolvimento de redes mais inteligentes e sustentáveis.

1. Introdução

As concessionárias de energia elétrica enfrentam desafios crescentes para manter a confiabilidade e a eficiência dos sistemas de distribuição. Em especial, regiões rurais e de difícil acesso impõem custos elevados, tanto financeiros quanto operacionais, devido à necessidade frequente de deslocamentos para resolver problemas na rede (BRITO et al., 2020).

O Número de Atendimento Emergencial (NAE) é uma métrica crucial para avaliar a eficiência operacional. Ele mede o volume de intervenções realizadas pelas equipes de manutenção, sendo diretamente impactado por interrupções causadas por eventos como falhas transitórias e permanentes.

Neste contexto, o VacuFuse® destaca-se como uma solução inovadora. Com tecnologia baseada em interruptores autorressetáveis, o dispositivo substitui fusíveis tradicionais, detectando e isolando falhas transitórias automaticamente (S&C, 2019). Este artigo explora os benefícios dessa tecnologia, com ênfase na redução de NAE e no impacto positivo para as concessionárias de energia.

O objetivo deste estudo é analisar como o VacuFuse® contribui para a redução de custos, melhoria de indicadores de qualidade e menor impacto ambiental, destacando comparações de dados entre 2022 e 2023.

2. Desenvolvimento

2.1. O que é o VacuFuse®?

O VacuFuse® é um interruptor monofásico autorresresetável, projetado para substituir fusíveis convencionais em sistemas de distribuição elétrica exposto no Figura 1. Sua principal característica é o uso de tecnologia a vácuo, que permite a abertura e o fechamento do circuito de forma segura e eficiente. Isso significa que, em caso de falha ou sobrecarga, o VacuFuse® pode se resetar automaticamente, evitando a necessidade de substituição manual do fusível e reduzindo o tempo de inatividade (S&C, 2019).

Figura 1 - Interruptor com rearme automático VacuFuse® II



Fonte: "Interruptor com rearme automático VacuFuse® II", [s.d.]

Além disso, a tecnologia a vácuo oferece vantagens como maior durabilidade e menor risco de incêndio, já que não há arco elétrico exposto. Isso torna o VacuFuse® uma solução moderna e segura para a proteção de sistemas elétricos (S&C, 2019).

2.1.1. Funcionamento

O dispositivo é instalado em substituição ao fusível de proteção do primário do transformador de distribuição. Na ocorrência de uma falta à jusante do equipamento, ele detecta a sobrecorrente e abre o interruptor à vácuo, interrompendo a falta. Após um tempo pré estabelecido ele efetua automaticamente o fechamento do interruptor à vácuo. Caso a falta seja transitória ele permanecerá fechado, evitando assim que esta falta transitória se torne uma falta permanente. Caso a falta seja permanente, ele detectará novamente a sobrecorrente, efetuará a abertura do interruptor a vácuo e posteriormente a abertura de seu corpo como um fusível de expulsão, garantindo assim a abertura permanente e visível (S&C, 2019).

2.1.2. Benefícios principais

Os principais benefícios do VacuFuse® incluem:

- Redução de deslocamentos: elimina a necessidade de substituição manual de fusíveis em eventos transitórios (S&C, 2019).
- Confiabilidade: reduz significativamente o tempo de interrupção, melhorando a percepção do consumidor sobre a qualidade do serviço (S&C, 2019).
- Sustentabilidade: ao evitar deslocamentos, diminui a emissão de gases de efeito estufa e contribui para metas ambientais (S&C, 2019).

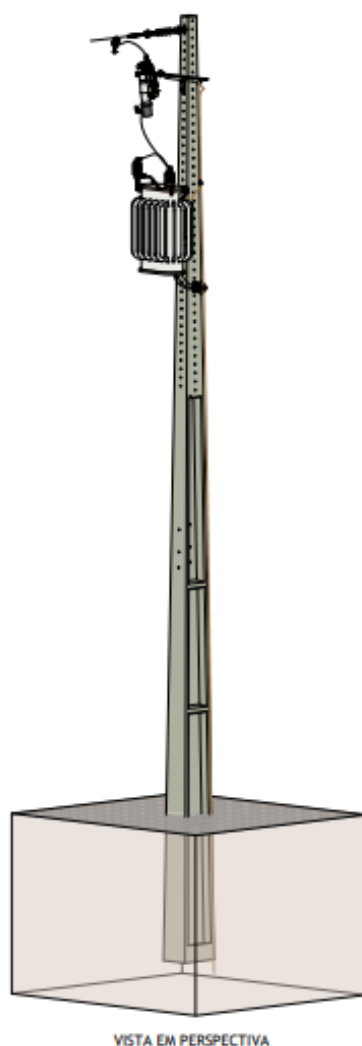
2.1.3. Aplicações

O dispositivo é particularmente eficaz em regiões rurais, onde o acesso a postes de transformadores pode ser dificultado por terrenos complexos e longas distâncias, além disso, o VacuFuse® é ideal para concessionárias que buscam otimizar seus indicadores de desempenho, como o DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e o FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) (S&C, 2019).

2.1.4. Instalações

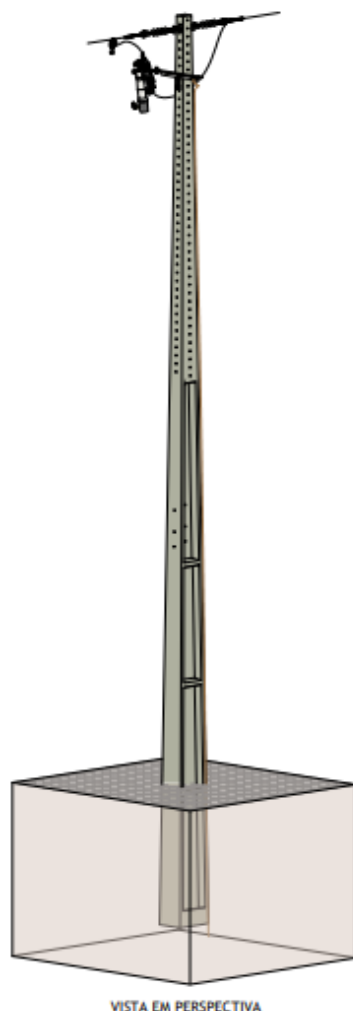
A instalação do interruptor com rearme automático pode ser realizada em cruzetas ou suporte tipo “T” na mesma estrutura do transformador monofásico conforme Figura 2 (Norma de Distribuição Unificada NDU – 023, 2024).

Figura 2 - VacuFuse® instalado na mesma estrutura do transformador monofásico



Outra opção é a instalação em estrutura Anterior ao transformador monofásico, conforme Figura 3, esta opção pode trazer alguns ganhos como ampliação da área de proteção, em casos de uma falta transitória como toque acidental da vegetação, essa opção pode apresentar um maior ganho. porém devem ser observados condições como localização do ponto, que deve facilitar o acesso para manutenção e reposição.

Figura 3 - VacuFuse® instalado na estrutura anterior ao transformador monofásico



Fonte: Norma de Distribuição Unificada NDU – 023, 2024

2.2. O Impacto do VacuFuse® na Redução do NAE

A introdução de tecnologias como o VacuFuse® tem o potencial de transformar os indicadores operacionais de concessionárias de energia elétrica. Um dos principais objetivos é a redução do Número de Atendimento Emergencial (NAE), que mede o volume de intervenções emergenciais necessárias para restabelecer o fornecimento de energia em casos de falhas.

O projeto piloto realizado na Energisa Tocantins (ETO) implementou 59 equipamentos VacuFuse® I, exemplificados na Figura 4, instalados em transformadores rurais localizados em áreas de difícil acesso e com elevado tempo de deslocamento. A iniciativa teve como objetivo alcançar benefícios significativos, como a redução de deslocamentos das equipes em longas distâncias, otimizando o tempo de trabalho (HH), a melhoria nos indicadores de qualidade de fornecimento, como DEC e FEC, a prevenção de ocorrências por curtos-circuitos temporários e a redução de custos relacionados ao pagamento de compensações por interrupções no fornecimento de energia.

Figura 4 - Instalação do VacuFuse® I, na Energisa Tocantins



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022

No planejamento para a instalação dos dispositivos VacuFuse® no projeto piloto, adotou-se uma abordagem estratégica com foco na eficiência e segurança do sistema elétrico. A priorização das localidades foi guiada por critérios específicos: inicialmente, identificaram-se áreas com alta frequência de ocorrências de sobrecarga ou curtos-circuitos transitórios, utilizando o histórico de falhas elétricas para direcionar as instalações. Em seguida, foram mapeados os locais que exigiam um longo tempo de deslocamento das equipes devido à grande distância das bases operacionais. Por fim, priorizaram-se pontos de difícil acesso, especialmente em regiões suscetíveis a alagamentos durante o período chuvoso, onde intervenções rápidas e efetivas são essenciais para a continuidade do fornecimento de energia. Essas diretrizes garantiram uma aplicação eficiente e eficaz do VacuFuse®, reforçando os objetivos do projeto.

2.2.1. O que é o NAE?

O NAE é um indicador de performance utilizado pelas concessionárias para avaliar a eficiência e eficácia da resposta a falhas no sistema elétrico. Um NAE elevado indica que a empresa está enfrentando um número alto de falhas ou que a rede de distribuição está necessitando de manutenção frequente. O objetivo é reduzir este número, o que pode ser alcançado por meio de melhorias na infraestrutura e na gestão de falhas.

2.2.2. Como o VacuFuse® Contribui para a Redução do NAE?

O VacuFuse® pode ser considerado uma solução estratégica para reduzir o NAE devido às seguintes características:

-

Resposta automática: O VacuFuse®, ao identificar uma falha transitória, abre o circuito de maneira rápida e automática. Quando a falha desaparece, ele se autorresseta, evitando a necessidade de deslocamentos para substituição de fusíveis e, conseqüentemente, evitando o aumento do NAE.

- Redução de falhas permanentes: Por sua capacidade de isolar falhas temporárias, o VacuFuse® impede que eventos transitórios se tornem falhas permanentes, diminuindo a necessidade de intervenções emergenciais e a quantidade de NAE gerado.
- Automação: Ao reduzir a dependência de intervenções manuais, o VacuFuse® automatiza grande parte do processo de recuperação do fornecimento, o que reflete diretamente na diminuição do NAE.

2.2.3. Exemplos de Aplicação e Resultados Operacionais

Analisando os dados coletados pelas concessionárias que implementaram o VacuFuse®, observamos uma significativa redução no NAE. Constatou-se uma diminuição de até 30% no número de intervenções emergenciais, especialmente em áreas rurais e de difícil acesso. A instalação de VacuFuse® em locais estratégicos tem mostrado resultados positivos tanto em termos de redução de falhas quanto em eficiência operacional.

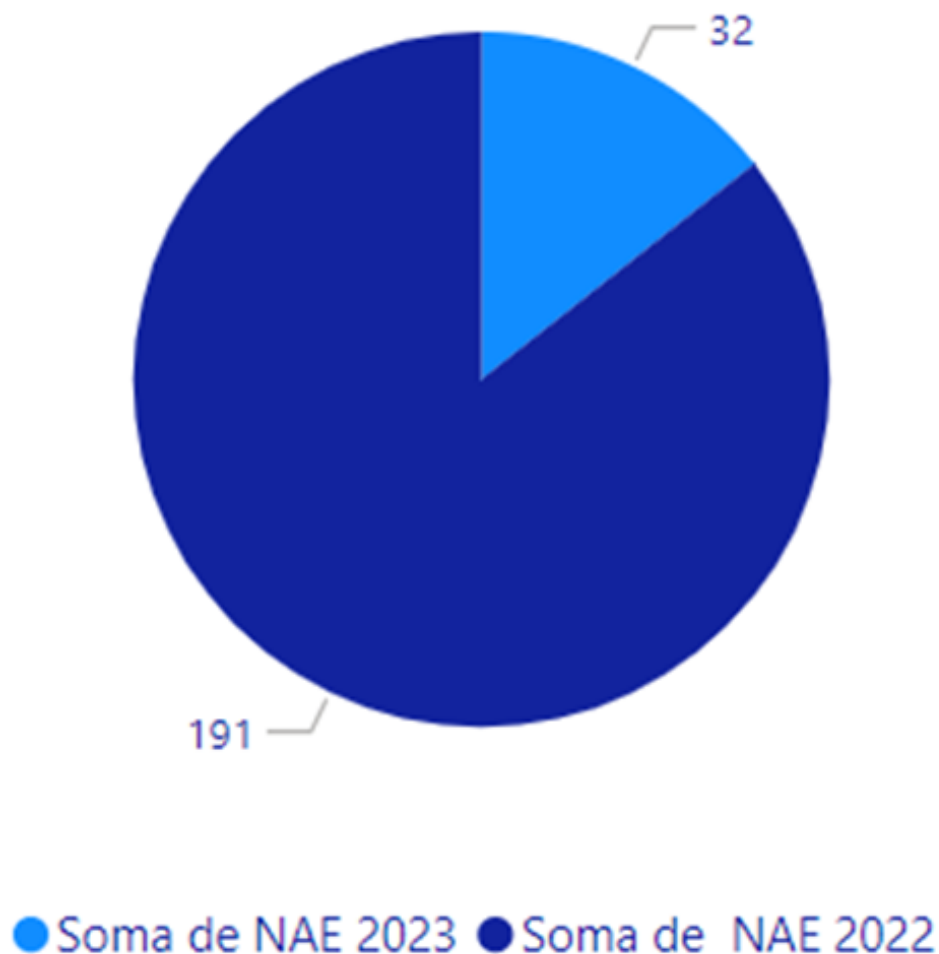
2.3. Comparação de Dados: 2022 x 2023

Para ilustrar a eficácia do VacuFuse®, realizamos uma comparação dos indicadores operacionais entre os anos de 2022 antes da instalação do equipamento e 2023, após a instalação de 59 VacuFuse®. Foram analisados dados de deslocamento evitado, custo de manutenção e NAE em áreas que adotaram a tecnologia, comparados com aquelas que ainda utilizam fusíveis convencionais.

2.3.1. Redução do NAE

A redução do NAE é um dos principais indicadores de sucesso da implementação do VacuFuse®. Em 2023, observou-se uma redução significativa no número de atendimentos emergenciais, conforme dados levantados em pesquisa pelos autores e expostos no gráfico a seguir:

Figura 5: Comparativo entre a soma de NAE nos anos de 2022 e 2023



Fonte: Elaborada pelo autor, 2025.

Os dados apresentados no gráfico revelam uma redução significativa no Número de Atendimento Emergenciais (NAE) entre os anos de 2022 e 2023. Em termos percentuais, a diminuição foi de aproximadamente **83%**, uma vez que o número de NAE caiu de 191 em 2022 para apenas 32 em 2023. Este percentual reflete o potencial do VacuFuse® como uma solução disruptiva para o setor.

2.3.2. Redução de Custos

A implantação do VacuFuse® trouxe, além da redução no Número de Atendimento Emergenciais (NAE), um impacto expressivo na logística de manutenção, refletido na diminuição dos deslocamentos de equipes técnicas. Com a automação do processo de detecção e isolamento de faltas transitórias, foi possível evitar um total de 5.910 km de deslocamento ao longo do período analisado.

Esse volume de quilômetros não percorridos corresponde a uma economia significativa de recursos operacionais, como combustível e desgaste de veículos, além de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, alinhando-se a práticas sustentáveis.

Além disso, o tempo economizado com os deslocamentos evitados alcançou 131,42 horas, que agora podem ser direcionadas para outras demandas operacionais ou preventivas, aumentando a eficiência geral das equipes técnicas.

2.3.3. Redução de Custos

A análise de custos operacionais também indicou uma significativa economia em 2023, ano em que o VacuFuse® foi amplamente utilizado. A economia foi derivada principalmente da redução no número de

deslocamentos para manutenção e substituição de fusíveis, além da menor necessidade de intervenções emergenciais.

Com a redução de deslocamentos de equipes possibilitada pela adoção do VacuFuse®, os benefícios financeiros também foram expressivos. A economia gerada é composta por dois principais fatores:

- Custo evitado por quilometragem (KM): A diminuição de 5.910 km nos deslocamentos resultou em uma economia de R\$ 9.995,10, reduzindo significativamente os gastos com combustível, manutenção de veículos e outros custos relacionados à mobilidade.
- Custo evitado por homem-hora (HH): Com a redução de 131,42 horas de trabalho destinadas a deslocamentos, foi possível economizar R\$ 18.393,08, otimizando o tempo das equipes para atividades mais estratégicas e produtivas.

No total, o custo evitado alcançou R\$ 28.328,18, representando uma contribuição relevante para a eficiência financeira e operacional. Esse resultado demonstra o impacto positivo da tecnologia na melhoria de processos e no uso racional dos recursos disponíveis, beneficiando tanto a concessionária quanto os clientes finais.

2.4. Impacto Ambiental e Sustentabilidade

A sustentabilidade tem sido um ponto crucial nas discussões sobre novas tecnologias no setor elétrico. O VacuFuse®, ao minimizar a necessidade de deslocamentos para realizar manutenções e substituições de fusíveis, também contribui para a redução das emissões de carbono.

2.4.1. Redução de Emissões

A diminuição de intervenções manuais diretamente reflete na diminuição de emissões de gases de efeito estufa, pois reduz os deslocamentos de veículos para áreas de difícil acesso. Com a utilização do VacuFuse®, é possível operar mais eficientemente com menos impacto ambiental.

2.4.2. Contribuição para Metas Ambientais

Além de benefícios operacionais, a implementação do VacuFuse® também se alinha com as metas ambientais estabelecidas por várias concessionárias e entidades reguladoras. A redução de emissões contribui para o cumprimento das metas de neutralização de carbono e melhora a percepção pública das empresas em relação à responsabilidade ambiental.

2.5. Desafios e Considerações na Implementação do VacuFuse®

Embora os benefícios do VacuFuse® sejam claros, sua implementação apresenta alguns desafios operacionais e logísticos que devem ser cuidadosamente avaliados pelas concessionárias. Estes desafios podem ser abordados de forma estratégica para maximizar os resultados e garantir a continuidade das operações sem comprometimentos.

2.5.1. Custo Inicial de Implementação

O custo inicial para a instalação do VacuFuse® pode ser considerado um desafio, especialmente para concessionárias com orçamentos mais restritos. Isso inclui o custo dos equipamentos, instalação e a possível necessidade de upgrades na infraestrutura existente para acomodar a nova tecnologia. No entanto, esse investimento inicial tende a ser compensado em médio e longo prazo pela redução de custos operacionais, como mostrado anteriormente.

2.5.2. Necessidade de Treinamento de Equipe

A introdução de novas tecnologias exige treinamento especializado para a equipe técnica. As concessionárias precisam garantir que os profissionais saibam operar, manter e monitorar o VacuFuse® adequadamente. Isso pode exigir programas de treinamento contínuo, o que representa mais um custo que deve ser considerado.

2.5.3. Integração com Infraestrutura Existente

Embora o VacuFuse® seja projetado para ser uma solução simples de integrar, em algumas situações ele pode necessitar de ajustes ou adaptações na infraestrutura elétrica existente. A implementação em áreas rurais, por exemplo, pode exigir infraestrutura adicional para suportar a operação da nova tecnologia de forma eficiente.

2.6. Futuro do VacuFuse® no Setor Elétrico

O futuro do VacuFuse® está intrinsecamente ligado à evolução das redes de distribuição de energia, especialmente no contexto de redes inteligentes (smart grids). A tendência de automação e digitalização das redes elétricas é uma oportunidade para expandir a aplicação do VacuFuse®, promovendo uma gestão mais eficiente e uma resposta mais rápida a falhas.

2.6.1- Evolução para Redes Inteligentes

Com o avanço das redes inteligentes, o VacuFuse® pode ser integrado com sistemas de monitoramento remoto e plataformas de gestão de falhas. Isso permitiria a detecção instantânea de falhas, previsão de manutenção e automação da recuperação de energia sem a necessidade de intervenção humana. Em breve, a comunicação em tempo real entre dispositivos de proteção, como o VacuFuse®, e a central de controle será possível, proporcionando ainda mais agilidade na detecção e correção de falhas.

2.6.2- Adoção Global e Melhoria Contínua

A adoção do VacuFuse® já começa a se expandir além das fronteiras nacionais, com diversas concessionárias internacionais considerando sua implementação. O contínuo aprimoramento da tecnologia, aliado à redução dos custos de produção, permitirá que a implementação se torne cada vez mais acessível a uma gama maior de mercados e regiões.

3. Conclusão

Os resultados do projeto piloto com o VacuFuse® I na Energisa Tocantins confirmam sua eficácia como uma solução inovadora e estratégica para enfrentar os desafios operacionais de sistemas de distribuição de energia em áreas rurais. O uso de 59 dispositivos instalados em locais estratégicos demonstrou benefícios significativos em termos de eficiência operacional, segurança e redução de custos. A economia de 5,91 mil quilômetros percorridos e 131,42 horas evitadas de deslocamento não apenas reduziu os custos operacionais em R\$ 28.328,18, mas também contribuiu para a preservação ambiental ao diminuir a emissão de gases poluentes.

A implementação do VacuFuse também impactou positivamente os indicadores de continuidade de fornecimento, reduzindo ocorrências por curtos transitórios e, consequentemente, melhorando os índices DEC e FEC. Isso resultou em maior confiabilidade e satisfação dos consumidores, ao mesmo tempo em que evitou o pagamento de compensações financeiras por interrupções prolongadas.

O sucesso do projeto foi possível devido a uma abordagem estratégica na seleção dos locais, considerando áreas com alta recorrência de falhas, longos tempos de deslocamento e condições de difícil acesso, como regiões alagadas durante a estação chuvosa. No entanto, desafios como a adaptação do equipamento às condições específicas de cada região e o treinamento das equipes para operar a nova tecnologia também foram identificados e tratados durante o processo.

Com base nos resultados obtidos, este estudo reforça o potencial do VacuFuse como uma solução replicável em outras regiões com características similares, contribuindo para redes de distribuição mais resilientes, inteligentes e sustentáveis. Além disso, destaca-se a importância de investimentos contínuos em tecnologias inovadoras para enfrentar os desafios operacionais e ambientais do setor elétrico no Brasil, promovendo uma infraestrutura mais eficiente, segura e acessível.

4. Referências bibliográficas

INTELLIRUPTER® PULSE CLOSER® FAULT INTERRUPTERS; RECLOSERS, T. S. I. I.; FLORIDA, V. F.

S.-R. I. A comprehensive commitment challenges power reliability's status quo. Disponível em:

<<https://www.sandc.com/globalassets/sac-electric/documents/public---documents/sales-manual-library---external-view>

Acesso em: 13 jan. 2025.

Norma de Distribuição Unificada NDU – 023. Disponível em:

<<https://www.energisa.com.br/Documents/Normas%20t%c3%a9cnicas/NDU%20023%20-%20INSTALA%c3%87%c3%95es>

Acesso em: 15 jan. 2025.

GERAL, V. Testes da falta realizados nas extremidades da rede eliminam interrupções indevidas, evitando custos com despachos de equipes e aumentando a satisfação dos consumidores. Disponível em:

<<https://www.sandc.com/globalassets/sac-electric/documents/public---documents/sales-manual-library---external-view>

Acesso em: 15 jan. 2025.