



# Unidade Supervisora de Energia em Subestações (USE-SE)

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

**Autores:** Renan de Mello Alves e João Batista de Alvarenga Filho

**Co-Autores:** Flavio Fernandes e Marcelo Scabora

**Empresa:** CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz

---

## Resumo

Dentre a enormidade de componentes, sistemas e circuitos que compõem uma subestação, a provisão de corrente contínua se torna primordial no que tange à necessidade de manter toda a disponibilidade da operação, supervisão e proteção das subestações. Embora existam algumas soluções no mercado, o trabalho consiste em utilizar soluções e métodos de medição já existentes nas subestações de energia para supervisionar todo o sistema de corrente contínua, fornecendo assim referência da condição, em tempo real, do nível da tensão contínua da subestação, trazendo assertividade para as indicações de falhas dos retificadores, bem como, acompanhamento da condição das baterias ao serem acionadas.

## 1. Introdução

Quando se trata de assegurar, de maneira contínua e ininterrupta, o fornecimento de energia elétrica, é amplamente reconhecida a necessidade premente de realizar um monitoramento constante e eficaz de diversos fatores críticos que possam, de alguma forma, gerar falhas no sistema. Tais falhas podem ser originadas por uma série de causas, incluindo a perda de supervisão operacional, defeitos ou inconsistências nas condições operativas, ou ainda, situações que possam comprometer a seletividade dos sistemas, o que afeta diretamente a proteção das subestações. Além disso, as condições que levam a falhas podem culminar em desligamentos do sistema, representando um risco significativo para a continuidade do fornecimento de energia, o que demanda uma gestão preventiva e assertiva para evitar interrupções. Também vale ressaltar a importância e necessidade da assertividade no acionamento (ou não) de uma equipe dentro ou até mesmo fora do horário de trabalho para verificar uma determinada falha (como por exemplo no conjunto de baterias, alvo do trabalho apresentado), evidenciando a necessidade de paralelamente gerenciar tanto os riscos operativos, quanto também destinar recursos de maneira eficaz, seja pela sinalização ou atuação devida, gerando acionamento, bem como por desconsiderar eficientemente um sinal indesejado e indevido.

Outro aspecto de relevância indiscutível diz respeito aos custos envolvidos na implementação de soluções tecnológicas e operacionais. Tais custos abrangem não apenas a aquisição de novos equipamentos, mas também a adequação, implementação e integração desses equipamentos ao sistema existente. Esse fator torna-se ainda mais crítico quando se considera que os custos podem impactar diretamente o planejamento e a gestão estratégica de recursos. Em muitos casos, a magnitude dos

custos pode tornar inviável a continuidade do desenvolvimento de um projeto ou de uma pesquisa, comprometendo o equilíbrio financeiro e a viabilidade a longo prazo das operações.

Diante dessas considerações, torna-se evidente a importância de identificar e explorar oportunidades para realizar o sensoriamento de grandezas dentro das subestações, com o objetivo primordial de garantir a continuidade e estabilidade do fornecimento de energia elétrica, assegurando que este seja realizado com a máxima qualidade possível. Contudo, é igualmente essencial que as soluções propostas sejam viáveis tanto em termos financeiros quanto operacionais, ao mesmo tempo em que possibilitem melhorias significativas na robustez e na confiabilidade do sistema como um todo. A utilização de mão de obra própria para a implementação dessas soluções representa uma estratégia eficaz para reduzir custos operacionais, ao mesmo tempo em que promove a ampliação da estabilidade e da eficiência global do sistema, criando um ciclo virtuoso de autossustentação e otimização contínua.

No intuito de aplicar esses princípios de maneira prática, o presente trabalho tem como foco central o monitoramento em tempo real do nível de tensão contínua nas subestações, uma variável fundamental para a manutenção da operabilidade do sistema. O objetivo é garantir que todos os sistemas adjacentes permaneçam operacionais, capazes de desempenhar suas funções de forma adequada e sem interrupções, e isso de maneira simplificada e eficaz. A abordagem proposta visa evitar a complexidade de integrar uma multiplicidade de equipamentos de sensoriamento, bem como reduzir a necessidade de intervenções excessivas nas Unidades Terminais Remotas, otimizando assim os recursos e melhorando a eficiência do sistema como um todo.

## **2. Desenvolvimento**

Neste capítulo, será profundamente explorado o processo tradicionalmente adotado para a supervisão dos sistemas de corrente contínua nas subestações, com foco nas práticas e metodologias que, embora amplamente estabelecidas, ainda são prevalentes no contexto atual. A análise abordará, de forma detalhada, o impacto dessas abordagens na interoperabilidade dos sistemas, considerando a interação entre os diversos componentes e subsistemas, além de examinar as implicações diretas na gestão de recursos humanos e materiais. Será realizado um comparativo extenso entre o modelo convencional de supervisão e o método proposto, avaliando as vantagens, desafios e potencial de aplicação das novas soluções em relação às opções atualmente previstas para implementação. Além disso, o capítulo buscará demonstrar, de maneira clara e precisa, a aplicação prática da solução desenvolvida, apresentando, com base em dados concretos, os resultados obtidos durante a operação dessa nova abordagem, destacando seus benefícios e a eficiência gerada ao longo do processo.

### **METODOLOGIA TRADICIONAL**

Tradicionalmente, a supervisão e o monitoramento dos sistemas de retificadores são realizados por meio de uma sinalização simplificada, que se utiliza de um ponto comum de alarme. Este alarme, ao ser acionado, pode indicar uma ampla gama de

falhas no equipamento, abrangendo desde problemas relacionados à falha de componentes específicos até a ausência de fornecimento de corrente alternada para o dispositivo em questão. Embora esse método tenha se mostrado eficaz ao longo do tempo e tenha desempenhado um papel crucial na prevenção de uma série de problemas causados por falhas nos retificadores, ele apresenta limitações consideráveis quando se analisa a precisão e a adequação da resposta diante de um possível problema.

Embora o sistema tradicional de alarme tenha sido responsável por evitar diversos contratempos operacionais, sua eficácia se torna questionável quando se trata da assertividade na identificação da natureza e

da gravidade do problema, bem como da correta alocação de recursos para uma solução rápida e eficaz. O uso desse alarme comum não permite uma análise aprofundada da criticidade de uma falha potencial, deixando obscuro o real impacto da situação. Consequentemente, essa lacuna informativa pode resultar na convocação indevida de uma equipe para atendimento, inclusive fora do horário de expediente, sem a certeza de que a falha é de fato crítica ou, em alguns casos, se a falha é real.

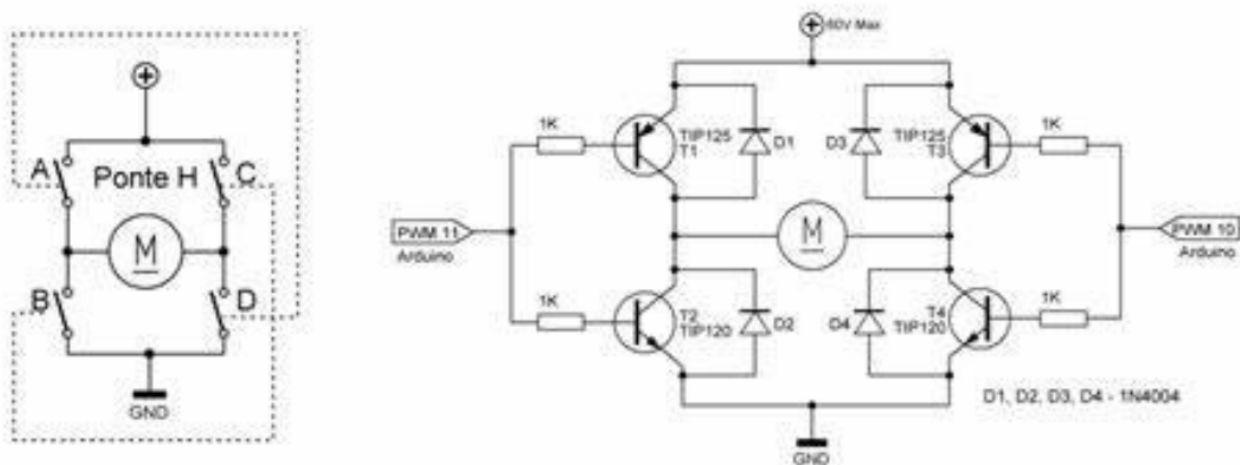
Além disso, a falta de informações claras sobre a gravidade da falha pode levar a um julgamento impreciso da importância do alarme. Isso, por sua vez, pode gerar respostas inadequadas, como o desligamento inadvertido de sistemas essenciais ou a interrupção da operabilidade de processos críticos, impactando negativamente a supervisão e a proteção do sistema. Tais falhas de julgamento podem comprometer a continuidade da operação, tornando o sistema vulnerável a falhas mais graves e afetando a estabilidade e segurança das instalações.



*Imagem 1 – alarme genérico de retificador*

## **METODOLOGIA PROPOSTA**

A metodologia proposta fundamenta-se na utilização de subestações que já passaram por um processo de digitalização, nas quais os pontos de medição foram devidamente integrados e disponibilizados nas Unidades Terminais Remotas (como, por exemplo, os sistemas SICAM e RTAC). Vale ressaltar que, em alguns casos específicos, certos relés de proteção – como os empregados como unidades de controle para transformadores, que recebem apenas sinais de comando para operar os respectivos disjuntores de transformador, sem a implementação de funções de proteção completas – não utilizam todos os canais de medição de tensão disponíveis. Um exemplo claro dessa situação é o canal de medição de tensão de sincronismo ou tensão de neutro, que muitas vezes permanecem inativos e não utilizados no sistema. Com base nessa análise, propõe-se a conversão direta, na proporção de 1/1, da tensão contínua presente na subestação para a corrente alternada. Esta conversão é necessária porque os canais de medição de tensão dos relés tradicionalmente recebem sinais de tensão em corrente alternada, sem a capacidade de lidar com sinais em corrente contínua. Para viabilizar essa conversão, foi desenvolvido um dispositivo inovador, baseado em um sistema de ponte H com oscilador, o qual permite a oscilação da polaridade da corrente contínua entre seus terminais centrais, realizando essa oscilação a uma frequência de 60 vezes por segundo, desta maneira gerando os requisitados 60 hertz para o relé realizar tal medição. Esse processo resulta na geração de uma corrente contínua convertida, que opera dentro da mesma escala de 1 V para a corrente alternada.



*Figura 2 – Exemplo de ponte H*

Ao direcionar essa referência de tensão convertida para um dos canais de medição de tensão não utilizados, é possível fazer com que esse ponto passe a receber o sinal de tensão contínua das subestações, já devidamente transformado em corrente alternada. Dessa forma, mesmo que o ponto de medição não tenha sido originalmente projetado para essa finalidade, ele pode ser integrado à Unidade Terminal Remota existente, sendo mapeado e configurado dentro do sistema para gerar uma referência precisa e útil. Essa referência pode, então, ser utilizada para o acompanhamento e monitoramento da subestação a partir do Centro de Operação do Sistema, garantindo a continuidade do processo de supervisão e controle de forma eficiente e automatizada.



*Imagem 3 – dispositivo instalado*

Seguem abaixo os resultados e ganhos obtidos com a implementação do dispositivo e integração da referência de tensão contínua das subestações

**Otimização de canais de medição subutilizados:** Ao utilizar canais de medição de tensão que, muitas vezes, ficam inativos (como o canal de tensão de sincronismo em relés de proteção), é possível maximizar a utilização dos recursos já disponíveis, sem a necessidade de novos investimentos em hardware adicional.

**Desenvolvimento de um dispositivo inovador:** O dispositivo, além de ser inovador por si só, viabiliza o desenvolvimento do time que irá atuar na sua implementação, agindo em vários níveis, tanto ao entender sua utilização, quanto ao intervir na sua integração.

**Acompanhamento e monitoramento contínuo:** A referência gerada pode ser utilizada para um acompanhamento e monitoramento mais preciso da subestação a partir do Centro de Operação do Sistema, garantindo um controle mais eficiente da operação da subestação reduzindo a necessidade de intervenção manual e aumentando a eficiência no gerenciamento e monitoramento das subestações.

**Redução de custos e otimização de recursos:** além de ajudar no direcionamento das decisões, trazendo eficiência na determinação da criticidade de um possível alarme, auxilia na tomada de decisão de acionar (ou não) uma equipe, principalmente fora do horário de trabalho, reduzindo encargos indevidos.

**Melhoria na confiabilidade e eficiência do sistema:** A integração eficiente e a utilização de soluções inovadoras resultam em uma melhoria contínua na confiabilidade e na eficiência operacional das subestações, aumentando a segurança e a estabilidade do sistema como um todo.

**Baixo custo de implementação:** Por utilizar mão de obra própria para implementação, integração e manutenção do dispositivo, bem como o próprio dispositivo não ter valor significativamente alto, viabiliza completamente a utilização do sistema.

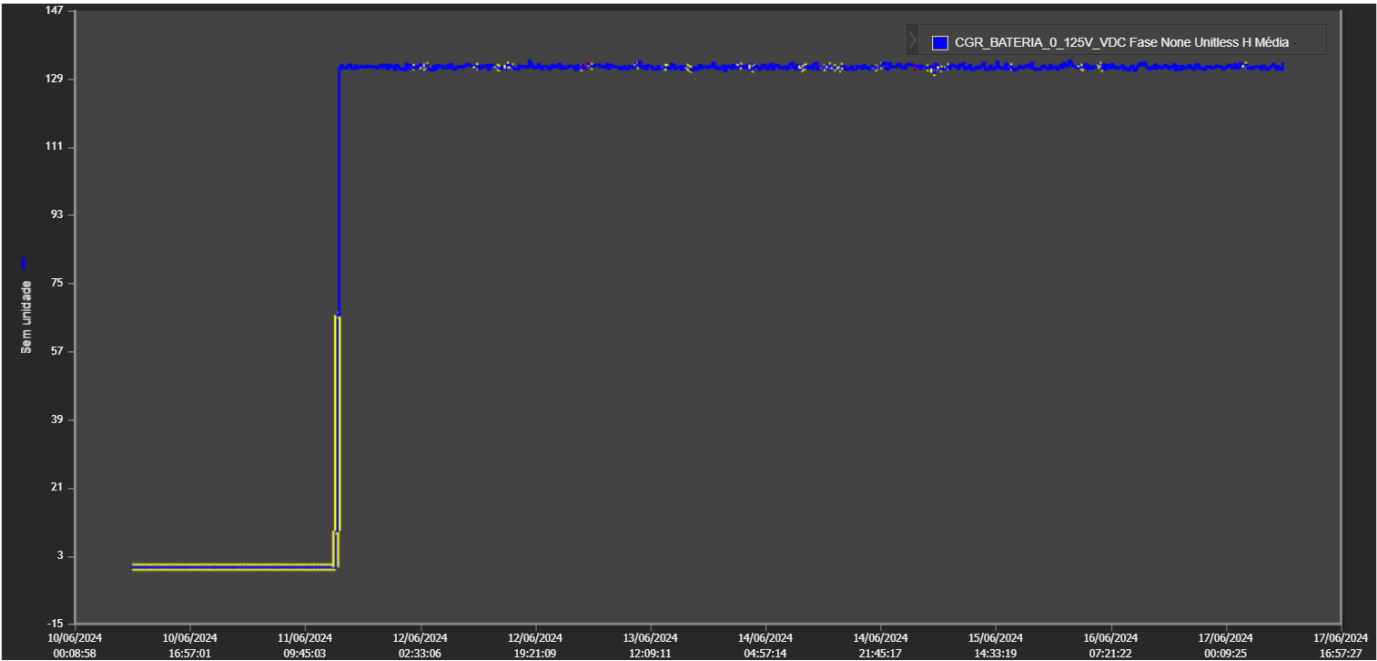


Imagem 4 - Gráfico de tendência, validação do funcionamento



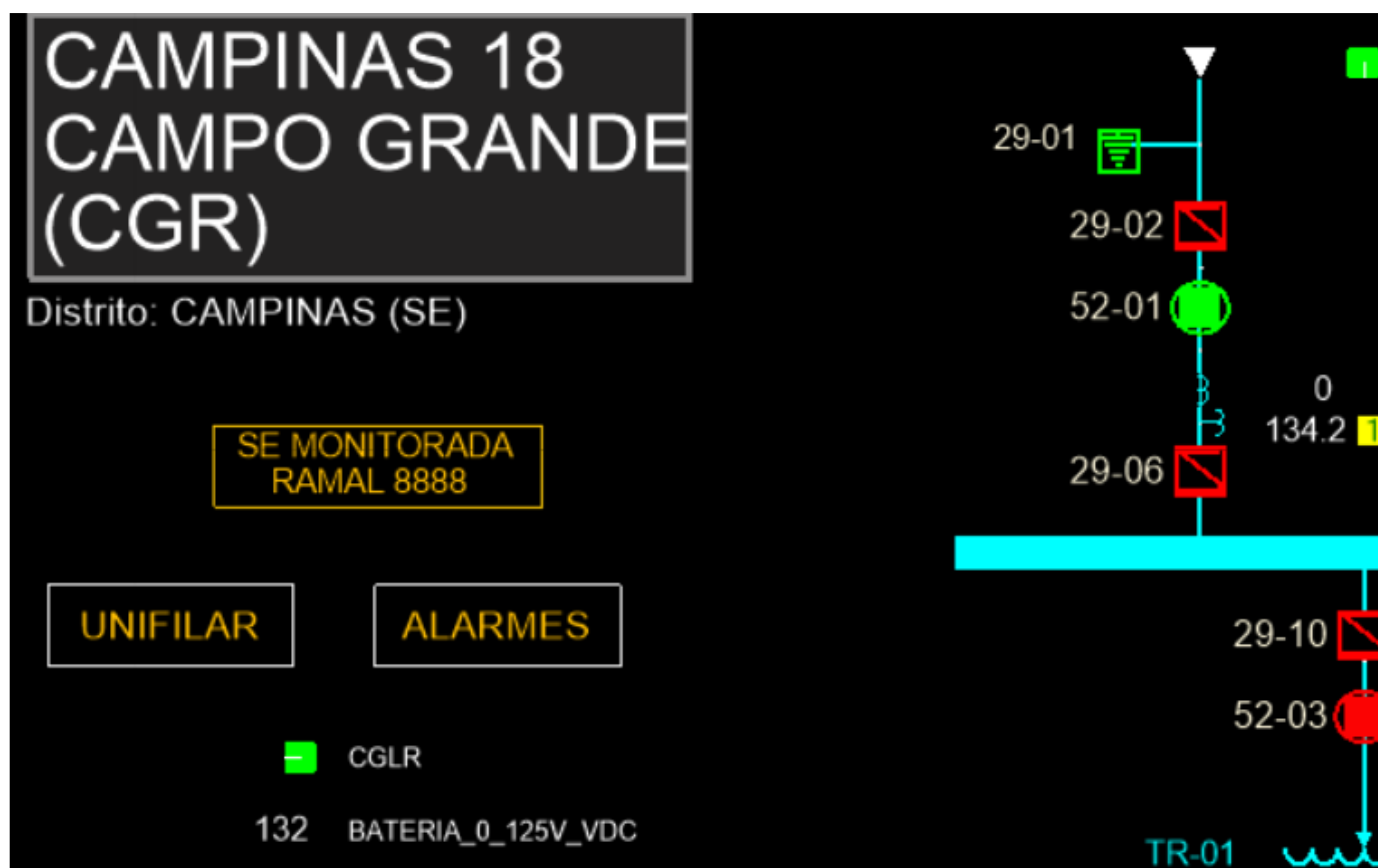


Imagem 5 - Referência de medição na tela do operador do COS

### 3. Conclusão

A solução inovadora desenvolvida para monitoramento em tempo real da condição da corrente contínua nas subestações de energia demonstrou resultados altamente positivos, contribuindo significativamente para a robustez e resiliência do sistema. Esta solução não apenas identificou alarmes indevidos, mas também teve a capacidade de indicar falhas reais no sistema, validando a eficácia do projeto. Essa capacidade de operar precisamente no momento de maior necessidade foi crucial, evitando desgastes operacionais desnecessários e assegurando a continuidade e estabilidade da operação das subestações. Dessa forma, a solução se mostrou eficaz em prevenir falhas antes que estas se manifestassem de maneira mais grave, garantindo uma resposta rápida e assertiva.

É importante destacar que, embora a implementação ainda não tenha sido amplamente expandida, os retornos observados até o momento foram suficientemente significativos para confirmar que, apesar de sua simplicidade, a solução oferece ganhos substanciais em diversos aspectos. Em particular, ela proporciona benefícios tangíveis no que diz respeito à continuidade do fornecimento de energia elétrica, bem como na gestão eficiente de recursos técnicos e humanos, os quais, em muitas situações, podem ser otimizados por meio da automação do processo de monitoramento.

Além disso, o sistema se revela vantajoso na medida em que simplifica a operação, ao mesmo tempo em que aprimora a capacidade de resposta do sistema, resultando em uma gestão mais ágil e eficiente de

falhas. Sua implementação não apenas representa um avanço tecnológico, mas também um exemplo claro de como a inovação, mesmo em sua forma mais simples, pode gerar soluções eficazes e seguras para desafios complexos. A solução contribui para uma maior segurança operacional, minimizando os riscos e os custos envolvidos, além de otimizar o uso de recursos já existentes.

Em conclusão, o estudo e a solução proposta conseguiram alinhar inovação com eficiência, proporcionando resultados palpáveis que corroboram a viabilidade do projeto. Este trabalho reforça a ideia de que, ao focar na simplicidade e eficiência, é possível atingir grandes avanços em sistemas altamente complexos, com impactos positivos não apenas na operação, mas também na sustentabilidade e na evolução das infraestruturas de monitoramento e supervisão. A segurança e os benefícios gerados pela solução validam o processo de inovação, garantindo uma melhoria contínua na gestão das subestações e no fornecimento de energia elétrica.

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

Não há referência bibliográfica