



## Capítulo VIII

# Monitoramento do desempenho de edificações no contexto dos smart buildings

Já dizia a boa filosofia de que uma boa gestão depende da boa capacidade de medir. A capacidade de medição e sua virtualização está no cerne do conceito de smart buildings, os chamados edifícios inteligentes. Essas edificações contam com um aparato de medição que estimula duplamente a implantação de medidas de eficiência, pois por um lado é com base nas medições que é possível identificar e mensurar o potencial de economia; e, por outro lado, é com base nelas que se realiza o processo de Medição e Verificação (M&V) de uma medida de eficiência.

Entre os insumos indispensáveis ao funcionamento de uma edificação brasileira, é evidente a importância do monitoramento de energia no conceito de um edifício inteligente, em especial em períodos de aumento generalizado de tarifa de energia elétrica. A gestão de energia permite a identificação de comportamentos típicos e hábitos perdulários de consumo de consumo de energia.

Além da medição direta do insumo, os edifícios inteligentes devem ser capazes de mensurar e transformar em dados aqueles parâmetros que influenciam a performance da edificação e, principalmente, aqueles parâmetros que interferem na percepção do conforto dos ocupantes. A partir destas medições é possível operar de maneira ótima os equipamentos, ou seja, sem prejudicar o conforto dos ocupantes nem o desempenho energético do prédio.

Com base neste preâmbulo, este texto tem como objetivo trazer as principais funcionalidades da automação predial no contexto dos smart buildings no que diz respeito à eficiência energética. Neste sentido, este trabalho dá ênfase nas principais capacidades de uma das mais importantes ferramentas de automação predial que é Building Management System; em seguida os desafios à operação das smart buildings; e, por fim, as perspectivas de evolução na área.

### BUILDING MANAGEMENT SYSTEM

Dentro de uma smart building, é essencial que os dados coletados pela rede de sensores estejam integrados a um software que permita a visualização dos dados. Este software é comumente referido em edificações como Building Management System (BMS), Building Energy Management System (BEMS) ou um Building Automation System (BAS). No contexto de utilização de BMS orientado à eficiência energética, é possível delimitar três principais funcionalidades do sistema:

- Supervisão;
- Controle;
- Armazenamento de dados.

Uma vez que os dados medidos estejam validados, a sua visualização através de uma tela de controle permite supervisionar o funcionamento dos sistemas consumidores de energia. A supervisão de equipamentos através de um BMS repercute em custo da mão de obra e aumento da qualidade do serviço operacional entregue. Estes ganhos se tornam claros se trazermos à luz a dificuldade de uma equipe de manutenção de ar condicionado, sem uma tela de BMS, identificar, por exemplo, que uma dezena de andares está com a temperatura mais elevada devido à falha de um equipamento.

Esta atividade é facilitada se os medidores integrados em um dashboard de BMS permitirem a leitura em tempo real da temperatura de todos os andares de um edifício inteligente. Apoiando a supervisão, o BMS pode contar com alarmes que permitam chamar a atenção da equipe técnica sobre comportamentos não esperados. A Figura 1 apresenta a tela de um DMS que exhibe as

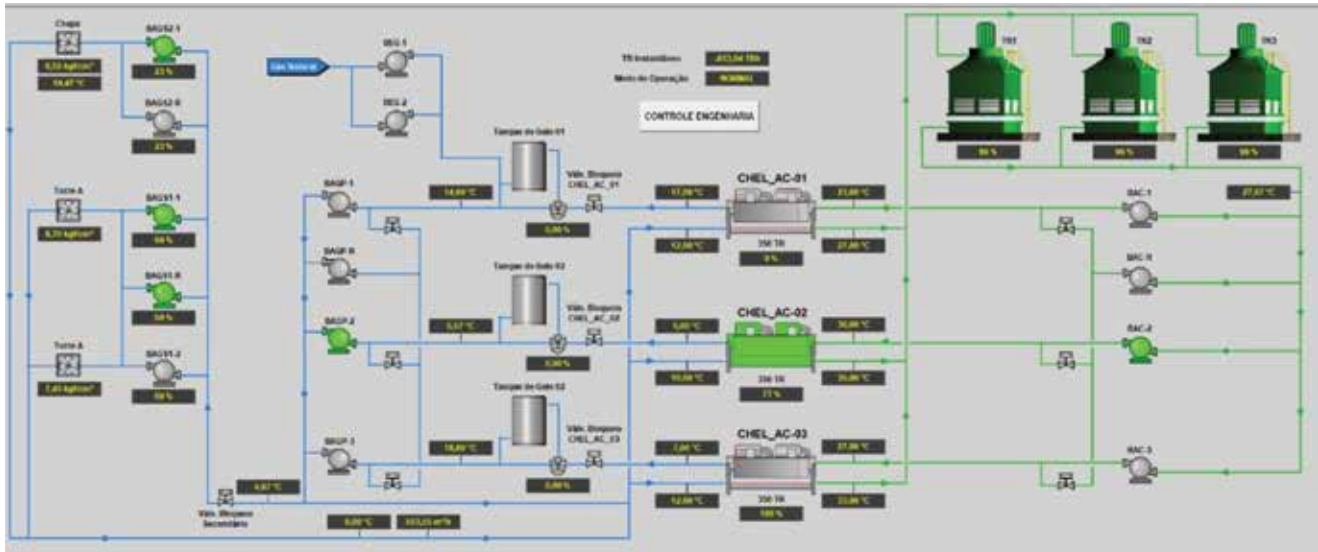


Figura 1 - Tela de um BMS exibindo os parâmetros de leitura de uma CAG.

leituras instantâneas dos parâmetros de operação de uma Central de Água Gelada (CAG).

O BMS também pode abarcar capacidade de controle, a segunda principal funcionalidade que o sistema pode ter. Assim, seus periféricos são dotados de atuadores que, a partir de uma lógica de controle, muitas vezes referida como lógica PID (Proporcional, Integral, Derivativo), é capaz de comandar dispositivos, permitindo, por exemplo, o fechamento de válvulas com base na temperatura do ar no ambiente, diminuição da rotação de um ventilador a partir da leitura de CO, desligamento de circuitos inteiros de iluminação devido à programação horária configurada, etc.

Por fim, o BMS pode ser configurado para armazenar os dados ao longo de um tempo. Essas informações, referidas pelo nome inglês trend, trazem informações valiosas sobre o funcionamento dos equipamentos. Os trends podem incluir medições de temperatura, pressão, status de funcionamento de equipamentos, consumo de energia, etc.

A partir da análise dos trends é possível identificar os padrões de operação dos diferentes sistemas consumidores de energia monitorados. Por exemplo, destas análises pode-se identificar que equipamentos permanecem ligados desnecessariamente ao longo do tempo. Tratando-se de equipamentos de uma Central de Água Gelada, por exemplo, a análise dos trends permite a identificação do tempo em que o sistema de ar condicionado leva para atingir o setpoint configurado e, a partir desta análise, estabelecer um horário de acionamento otimizado dos componentes do sistema.

A Figura 2 apresenta um gráfico com os trends de alguns parâmetros de uma CAG típica. Neste gráfico é possível verificar como a entrada e a saída das torres influenciam no consumo de energia da CAG (que inclui o consumo dos chillers + bombas). Além disso, é possível identificar como no começo e no final do dia

a temperatura de água gelada é influenciada pela entrada e saída dos componentes da CAG. O pico de consumo da CAG ocorre no início do dia onde a temperatura de retorno de água está mais elevada.

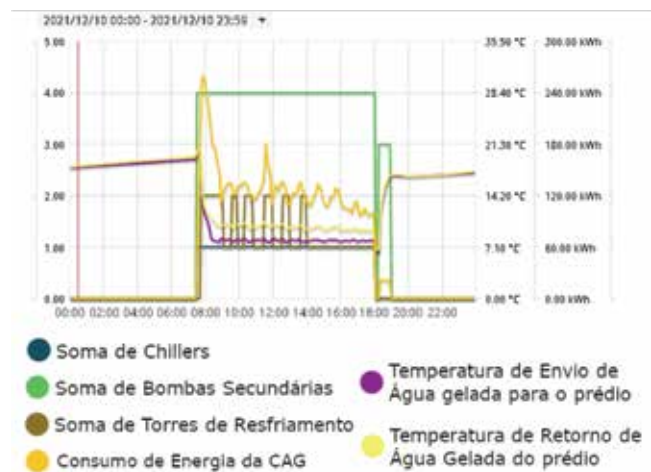


Figura 2 - Gráfico com trends de uma central de água gelada.

O BMS, no entanto, pode ir além, sendo dotado de inteligência artificial que permite tratar os dados brutos e dar uma resposta ótima e mais ágil de controle do que se este tivesse partido de um operador. Algoritmos de otimização permitem o controle da demanda em horários de pico a partir de desligamento de unidades de ar condicionado quando a demanda elétrica está alta, como aquele estudado por Marinakis et al. (2022).

A integração da medição direta do consumo de energia é a principal referência que qualquer BMS voltado à eficiência deve ter. A quantidade de medidores a ser instalada e integrada ao BMS deve seguir um critério de custo/benefício. O consumo de energia de um



**Figura 3 - Gráfico de consumo de energia de um edifício ao longo dos dias úteis de uma semana.**

edifício como um todo deve ser priorizado, pois é a partir desta medição básica é que se pode analisar a dinâmica de utilização dos equipamentos elétricos instalados. A Figura 3 apresenta o gráfico da medição histórica da energia elétrica consumida por uma edificação ao longo dos dias úteis de uma semana e a identificação de comportamentos de uso.

Se houver a possibilidade, a submedição é recomendada. Neste caso, devem-se procurar cargas que sejam importantes para o consumo total da edificação. Centrais de água gelada, data centers, ventiladores de exaustão, circuitos de iluminação são desejáveis. O critério de seleção também pode se basear na capacidade do sistema medido de ser gerido. Neste sentido, os elevadores, apesar de consumirem em média em torno de 4% do consumo total de uma edificação (PATRÃO et al., 2010), é pouco gerenciável, então, a sua medição pode ser preterida frente a uma central de água gelada no qual é possível gerenciar setpoints de equipamentos, horário de acionamento, etc.

## OS OBSTÁCULOS ÀS POTENCIALIDADE DOS EDIFÍCIOS INTELIGENTES

A infinidade de possibilidades permitidas com a virtualização dos parâmetros operativos de um edifício ainda é algo que mais cativa do que é realidade. Edifícios projetados como smart buildings acabam se tornando menos eficientes que edifícios típicos do portfólio brasileiro caso tenham uma operação não orientada à eficiência energética.

O principal desafio está na falta de preparação técnica adequada dos profissionais responsáveis pela operação do sistema de automação do prédio. Os sistemas normalmente são operados de maneira passiva, visando apenas diminuir as reclamações de conforto por parte dos usuários, mesmo que isto reflita em maior consumo de energia.

A falta de rotina de aferição física da rede de hardwares e dos dados coletados resulta em parâmetros equivocados sendo medidos e, por consequência, a perda do objetivo principal da medição que é trazer informações que sejam úteis e aplicáveis. A implementação de rotinas rígidas de aferição de medidores e dos dados que estão sendo medidos, bem como a contratação rotineira de serviços de auditoria operacional visam identificar divergências e implementar rotinas para correção.

Há, também, restrições de ordem técnica para a extração de toda a potencialidade de um smart buildings que é o limite de armazenamento de dados. Devido à grande quantidade de dados que um BMS pode gerar, a equipe de automação opta por ativar uma quantidade limitada de trends e por um período curto que não permita uma análise histórica da performance dos equipamentos ao longo de um período de tempo. Nesta seleção de qual trend a ser ativado, é comum deixar de lado uma importante importante para explicar o desempenho energético e até a garantia de conforto dos locatários.

Por fim, a maior conectividade das informações pode tornar os sistemas suscetíveis a invasões hackers e vazamentos de dados. Por isto, o fluxo de dados de um Smart Building deve ser dotado de rígidos protocolos de cybersecurity que garantam o sigilo dos dados coletados e disponibilizados pelo sistema.

## PERSPECTIVA DE EVOLUÇÃO NA ÁREA DE SMART BUILDINGS

Políticas de incentivo à automação predial já são perceptíveis. A palavra smart se torna cada vez mais comum nos principais editais públicos de promoção de eficiência energética no Brasil: o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e as chamadas de PEE (Programa de Eficiência Energética) e de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) da Agência Nacional de

Energia Elétrica (ANEEL). Estas chamadas possuem fins múltiplos, procurando financiar soluções para aprimorar os principais desafios encontrados na automação residencial, comercial e industrial. Pelo lado da iniciativa privada, a popularização do conceito de ESG (acrônimo inglês para o tripé Meio Ambiente, Social e Governança) valoriza o investimento em processos que tornem a automação dos edifícios mais robusta.

A incorporação de algoritmos de otimização permitirá uma operação cada vez mais autônoma e eficiente da edificação. A chamada otimização em tempo real, RTO (acrônimo em inglês para Real Time Optimization), permite a integração de medições com algoritmos de otimização que garantem uma resposta instantânea de dispositivos controle visando a performance ótima (MARCHETTI, 2016). Utilizando uma técnica de RTO, é possível implementar um algoritmo que otimize a operação de um portfólio de usinas geradoras de energia instaladas em um edifício Net Zero Energy Building (NZEB). Um exemplo de uma aplicação como esta é o estudo de Ferahtia et al. (2013) que desenvolveu um algoritmo de otimização para operar um sistema de geração fotovoltaica offgrid com a maior eficiência e maior vida útil das baterias.

Os dados coletados e disponibilizados por um smart building podem ser processados por ferramentas desenvolvidas para o processamento de um grande volume de dados com as ferramentas de Business Intelligence (BI). A partir do processamento destas ferramentas é possível cruzar diferentes fontes de informações e disponibilizá-las de uma maneira sintética, auxiliando a tomada de decisão por parte administração de um empreendimento ou mesmo um portfólio de empreendimentos.

O aprofundamento do IoT no contexto das edificações intensificará o fluxo de informações e maior agilidade na resposta dos operadores do sistema. Atualmente, o fluxo de informações está confinado no contexto da edificação e tipicamente está concentrado em um computador onde está instalado o BMS. Entretanto, com o avanço do IoT, será comum o cruzamento dos dados coletados em uma edificação com uma ampla base de dados disponível na nuvem. Além disso, o acesso remoto aos dados trará benefícios e comodidade à operação, facilitando a operação voltada à eficiência energética.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da discussão aqui apresentada procurou-se associar a eficiência energética com o conceito de smart building no contexto da operação das edificações. O ganho de gestão com a instalação de sensores e atuadores nos equipamentos consumidores de energia favorece a análise, implementação e aferição de medidas de eficiência energética.

O Brasil possui um grande potencial para a incorporação de

sensores inteligentes para a melhoria da performance energética de edifícios. De acordo com estimativas da EPE (2020) dos 196.094 edifícios do Poder Público (avaliados em 2016), 65% podem ser considerados como ineficientes; e dos 5.720.63 edifícios comerciais (avaliados em 2016), 50 % podem ser considerados como ineficientes.

Dos desafios apontados para a extração de todas as potencialidades dos smart buildings mostra que o investimento da formação de pessoal é algo relevante. O fortalecimento de bases de ensino de formação técnica para operadores de sistema de automação poderia auxiliar a formação de corpo técnico qualificado e sensível ao tema de economia de energia.

Alguns caminhos de desenvolvimento da área foram apresentados mas não exauridos uma vez que ainda é uma campo do conhecimento recente com emprego de tecnologia emergente, há avanços que ainda não podem ser vislumbrados. E os avanços não cessam no desempenho energético das edificações, mas se estende a outras questões que ocupam maior ou menor destaque no dia a dia das equipes de operação das edificações, como o desempenho hídrico, a segurança patrimonial, manutenção da vida útil dos equipamentos, entre outros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MARINAKIS, V.; DOUKAS, H.; KARAKOSTA, C.; PSARRAS, J. *An integrated system for buildings' energy-efficient automation: Application in the tertiary sector. Applied Energy*, 101, pp 6-14. 2022.

PATRÃO, C.; DE ALMEIDA, A.; FONG, J.; FERREIRA, F. *Elevators and escalators energy performance analysis. In ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*. 2010

MARCHETTI, A. G.; FRANÇOIS, G.; FAULWASSER, T.; BONVIN, D. *Modifier adaptation for real-time optimization—methods and applications. Processes*, 4(4), 55. 2016.

FERAHTIA, S.; REZK, H.; ABDELKAREEM, M. A.; OLABI, A. G. *Optimal techno-economic energy management strategy for building's microgrids based bald eagle search optimization algorithm. Applied Energy*, 306, 118069. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Nota Técnica: Ações para Promoção da Eficiência Energética nas Edificações Brasileiras: No Caminho da Transição Energética*. Brasília, 2020.

---

\*Pedro Paulo F. da Silva é Mestre em Energia pelo Instituto de Energia e Ambiente (IEE) da Universidade de São Paulo (USP). Possui graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) com um ano de graduação sanduíche na Université de Technologie de Compiègne (UTC), França, onde cursou Engenharia de Processos Industriais. Possui experiência com trabalhos de gestão de gases de efeito estufa, projetos de créditos de carbono e simulação energética de edifícios utilizando a ferramenta EnergyPlus. Atualmente trabalha como consultor na área de eficiência energética e hídrica com base em medições em tempo real de medidores de energia e água.



**Carlos Evangelista é presidente executivo da Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD).**



**Guilherme Chrispim é presidente do Conselho da Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD).**

## 2021 - O ano da guinada da Geração Distribuída no Brasil

O ano de 2021 ficará marcado pelo crescimento, sem precedentes, da Geração Distribuída (GD) no Brasil. Os proprietários de sistemas de minigeração e microgeração de energia elétrica entregaram ao país novos 3,8 gigawatts (GW) de potência instalada. No ano, a GD cresceu mais de 80%, totalizando cerca de 8,2 GW, contribuindo para o enfrentamento da crise hídrica, aliviando a demanda por energia de hidrelétricas e termelétricas e colaborando para a transição energética, por meio do uso de fontes renováveis e livres da emissão de gases do efeito estufa.

Contribuiu para esse resultado o avanço do Marco Legal da Geração Distribuída no Congresso Nacional. O texto aprovado na Câmara e no Senado Federal aglutina e equilibra as diferenças entre as demandas de agentes públicos e privados do setor, resultado de sucessivas reuniões, com a presença da ABGD, nos meses de junho e julho. Porém, para que o texto entre em vigor, falta ainda uma última etapa, a sanção do Executivo. O conteúdo do PL 5829/19 é imprescindível para que a GD continue a crescer e a entregar benefícios para o País. Dessa forma, é importante que a Presidência da República

encerre esse ciclo vitorioso o quanto antes.

O trabalho de defesa do setor, sempre conjugado com a busca por potencializar os benefícios da Geração Distribuída para a coletividade, marcou a atuação da Associação na elaboração do relatório GD+ 10 GW, entregue pela entidade ao Ministério de Minas e Energia (MME) no primeiro semestre. O documento técnico demonstrou a necessidade do crescimento acelerado da GD para enfrentar o período de dificuldades para as usinas hidrelétricas, com reservatórios em níveis baixos e pouca probabilidade de recuperação consistente no período úmido de 2021/2022.

Nosso corpo técnico aponta que, com as medidas regulatórias e de mercado adotadas, a GD pode atingir 15 GW de potência instalada até o fim de 2022, o que será suficiente para preservar, anualmente, cerca de 15% do atual volume armazenado nos reservatórios das hidrelétricas. Entre as medidas listadas no programa GD+ 10 GW estão a aprovação do PL 5829/19 e o cumprimento de decretos de contratação de novos projetos de GD local pelas empresas distribuidoras de energia.

Ao recapitular o ano, além das conquistas,



estudos e reivindicações em prol do setor de GD, é obrigatório ampliar o olhar para os impactos sociais e econômicos que o macro setor de energia elétrica impôs ao país, fruto das escolhas da administração pública nas últimas décadas e da estiagem severa. Em 2021, desembolsamos cerca de R\$ 13 bilhões extras na conta de luz para bancar as cobranças do sistema de bandeiras tarifárias, custeando o acionamento das usinas termelétricas, medida necessária para evitar racionamento ou apagões. Uma fatura cara para pagar e com impacto em praticamente todos os índices de medição da inflação.

Em decorrência disso, é correto afirmar que a profusão da Geração Distribuída está três ou quatro anos atrasada no Brasil;

deveríamos ter 15 GW de GD já ao fim de 2020, de modo planejado para evitar uma crise prevista por analistas do setor. Experimentamos as consequências de uma tônica cultural brasileira de somente fomentar o crescimento de soluções tecnológicas e econômicas a reboque das crises e das respectivas consequências. São raros os casos de medidas pensadas e implementadas preventivamente.

Falando em prevenção e planejamento, voltando o olhar para o futuro, a ABGD está preparada para reforçar a atuação institucional para consolidar a percepção – entre poder público e sociedade – do protagonismo que a geração distribuída tem diante das demandas de transição energética

e evolução tecnológica – redes 5G, Internet das Coisas (IoT) e veículos elétricos.

Com o emprego de fontes renováveis, GD é um meio chave de produção de energia limpa. A cada gigawatt operacional de Geração Distribuída, deixamos de emitir cerca de 406 mil toneladas de gases do efeito estufa em um ano, o que equivale ao plantio de mais de três milhões de árvores.

O Brasil tem potencial ímpar em quantidade e qualidade de fontes limpas e renováveis de energia e as projeções de mudança do patamar de consumo de eletricidade estão dadas. Há motivos razoáveis para que a GD repita ou amplie, nos próximos anos, o patamar de crescimento alcançado em 2021. Que venha 2022!



# Soluções para Linhas de Transmissão e Subestações de Energia.

Fale com um Especialista:



- Torres Treliçadas
- Postes Metálicos para Linhas de Transmissão e Distribuição
- Colunas, Vigas e Suportes para Subestação de Energia

Com **galvanização própria** e **mais de 45 anos** de existência, a Brametal é **líder nas Américas** no fornecimento de estruturas metálicas, confira nossas soluções!



**Rodrigo Sauaia**  
é presidente executivo da Absolar



**Ronaldo Koloszuk**  
é presidente do Conselho de Administração da Absolar



**Márcio Trannin** é vice-presidente do Conselho de Administração da Absolar

## O papel da fonte solar nas usinas híbridas

42

A recente regulamentação das usinas híbridas de geração centralizada, aprovada no final de novembro de 2021 pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), por meio da Resolução Normativa Aneel nº 954/2021, é um avanço importante para as fontes renováveis no Brasil. Ela permite a combinação de duas ou mais fontes de geração de energia elétrica em um mesmo complexo de geração, com infraestrutura compartilhada. Com isso, é possível combinar, em uma mesma usina, fontes como solar e eólica, ou solar e hidrelétrica, ou ainda solar e biomassa, ou até mesmo solar e termelétrica.

A medida está em linha com as propostas e recomendações apresentadas pela Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar) à Aneel. Trata-se de uma demanda antiga dos agentes do setor elétrico brasileiro e que já era realidade em mercados internacionais, representando uma grande tendência mundial para a transição energética. Ela proporciona a otimização dos investimentos em geração de energia elétrica, com a

redução de custos tanto de CAPEX quanto de OPEX. Também representa um novo sinal econômico favorável à ampliação da participação das fontes limpas e renováveis na matriz elétrica brasileira.

Atualmente, o Brasil possui 4,5 GW de potência instalada em usinas solares de grande porte, o equivalente a 2,4% da matriz elétrica do país. Desde 2012, esses empreendimentos já trouxeram mais de R\$ 23,5 bilhões em novos investimentos e mais de 135 mil empregos acumulados, além de proporcionarem uma arrecadação de R\$ 6,3 bilhões aos cofres públicos.

Com isso, as usinas solares de grande porte já são a sexta maior fonte do Brasil em potência operacional, com empreendimentos em nove estados brasileiros, nas regiões Nordeste (Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte), Sudeste (Minas Gerais e São Paulo) e Centro-Oeste (Tocantins).

Com definições e regras claras para a outorga de empreendimentos híbridos e para a contratação do uso dos sistemas de transmissão,

a nova medida vai contribuir para o crescimento da capacidade de geração, com menores investimentos em expansão das redes e melhor aproveitamento de sua capacidade remanescente de escoamento de energia elétrica. O normativo também define a forma pela qual estas usinas efetuarão o pagamento pelo uso da infraestrutura elétrica que utilizam, bem como a aplicação dos descontos legais nas tarifas de uso do sistema de transmissão.

Na prática, a proposta da hibridização é de aproveitar de forma mais otimizada a complementaridade das fontes. No caso da combinação entre as fontes solar e eólica, por exemplo, é possível despachar, com a mesma linha de transmissão, a usina solar fotovoltaica durante o dia e aproveitar os ventos noturnos para a geração eólica, reduzindo drasticamente a ociosidade das redes de alta tensão.

A regulamentação também deve estimular uma maior diversidade tecnológica e assim contribuir para a modernização do setor elétrico brasileiro. Uma das possibilidades é a maior

presença de usinas solares flutuantes em reservatórios hidrelétricos ou ainda usinas solares de solo ao lado destes reservatórios, em áreas de terreno de propriedade da usina hidrelétrica.

No caso de usinas flutuantes, o uso de sistemas solares em espelhos d'água, além de ajudar a reduzir a evaporação, transforma o reservatório hídrico em uma espécie de "bateria gigante" de armazenamento elétrico, para ser usado de maneira otimizada e inteligente, economizando a água em momentos de menor disponibilidade e aumentando a flexibilidade dos reservatórios hídricos para a prestação de serviços sistêmicos preciosos para a sociedade.

Vale destacar que o avanço da energia solar no país, seja a partir de empreendimentos únicos ou via usinas combinadas com outras fontes, é fundamental para o desenvolvimento social, econômico e ambiental do Brasil, pois ajuda a diversificar o suprimento de energia elétrica do país, reduzindo a pressão sobre os recursos hídricos e o risco de ainda mais aumentos na conta de luz da população.



*Elbia Gannoum é presidente executiva da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica)*

## COP26 e as energias renováveis

Cheguei à COP26 com uma informação muito importante em mãos. Duas semanas antes, o Conselho Global de Energia Eólica e mais de 90 líderes globais de eólica haviam lançado um alerta: as instalações de eólica precisam aumentar quatro vezes os níveis atuais para que a fonte possa fazer seu papel de ajudar os países a atingir o net zero até 2050 e as projeções que temos hoje de crescimento desta fonte oferecem menos da metade do necessário. Terminada a COP26, o alerta é ainda mais claro, não apenas do ponto de vista da eólica, mas de todas as renováveis: sim, estamos na direção correta, mas a transição energética precisa ser muito mais rápida. E, apesar de alguma crítica pontual ao acordo final, há razões para comemorar o resultado da COP, do ponto de vista das energias renováveis.

É bom contextualizar que, no caso do Brasil, já vínhamos num caminho positivo, não apenas porque temos abundância de recursos renováveis, mas porque o País, após a Crise Energética de 2001, começou a apostar fortemente numa matriz elétrica e energética mais diversificada, como forma de reduzir a dependência das hidrelétricas, e

novas fontes ganharam espaço, como é o caso da eólica, que hoje é a segunda fonte da matriz elétrica, ocupando 11% da matriz e chegando a abastecer 20% do País durante os meses da chamada "Safrá dos Ventos", no segundo semestre.

Esse nosso caminho positivo foi possível, em primeiro lugar, porque o avanço tecnológico significou redução de custos, algo que se nota com destaque nas fontes eólicas e solar. Como segundo ponto destaco o papel do financiamento do BNDES e de outros bancos de fomento. E cito ainda as recentes decisões de grandes fundos de investimentos e bancos de não mais financiarem combustíveis fósseis. Isso tem um impacto positivo muito forte para a transição energética, especialmente no caso de países que ainda dependem de fontes fósseis. E aí chegamos num ponto delicado da transição energética: a disparidade de níveis de desenvolvimento entre os países.

Uma das maiores dificuldades de se discutir transição energética vem da necessidade de se conjugar uma compreensão global do problema, mas sem perder as especificidades regionais. A conclusão é clara: os financiamentos precisam ser

facilitados para a transição para fontes renováveis nos países em desenvolvimento que não possuem condições de fazê-la com recursos internos. E isso deve ser prioridade. E é neste ponto que vejo um grande avanço porque terminamos a COP26 com a certeza de que os grandes financiadores não apenas estão convencidos que precisam destinar recursos para países menos avançados na transição energética, como deixaram muito claro que não seguirão financiando combustíveis fósseis.

No que se refere ao Acordo Final, há uma crítica considerável a fazer: na reta final, China e Índia pressionaram por uma mudança no texto. No trecho sobre abandono gradual do uso de carvão e subsídios a combustíveis fósseis, ao invés de se comprometer a acelerar a "eliminação", a versão final do acordo fala em acelerar a "redução gradual" dessas fontes altamente poluentes de energia. Entre eliminar e reduzir há muita diferença, mas avalio que o acordo firmado é um "divisor de águas" ao mencionar tão claramente os fósseis e indicar um caminho para isso.

Voltei da COP26 com uma certeza muito forte de

que temos a capacidade de aumentar a velocidade da transição energética, porque senti um envolvimento muito grande das empresas e das entidades de financiamento. Um outro assunto me faz comemorar: o avanço do mercado de carbono. Os países participantes da COP26 concordaram sobre como o comércio global de carbono funcionará para acelerar a ação climática. A regulamentação do mercado de carbono era um ponto em que eu estava bastante focada acompanhando, porque é um passo crucial e será uma ferramenta fundamental para a transição energética.

É, de fato, muito complexo conjugar interesse de países tão distintos, mas se a ideia é salvar o planeta para as próximas gerações, não há milagre: todos terão que se esforçar. Neste sentido, o acordo final da COP26 até pode ter tido um sabor agridoce com a mudança de última hora, mas o setor privado, os bancos e fundos de investimentos mostraram estar trabalhando com um engajamento cada vez maior para garantir uma transição energética numa velocidade mais rápida e também de forma mais justa.





# USO DE PADRÕES DE TRÁFEGO EM CIDADES INTELIGENTES PARA OTIMIZAR O CARREGAMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

Aproveitando tecnologias de cidades inteligentes para criar acesso mais eficiente e equitativo à infraestrutura de carregamento de EV

À medida que a eletrificação do transporte consolida sua aceitação e adoção em massa, novos desafios e oportunidades surgem para a cidade e seus habitantes. Uma delas é a necessidade de implantação de infraestrutura pública de carregamento de veículos elétricos (EV). Apesar da crescente autonomia entre os encargos, os veículos precisam ser recarregados com frequência, e não há estações de carregamento suficientes para garantir independência e confiabilidade para os proprietários de EV. Nesse sentido, as tecnologias smart city podem ser usadas para ajudar na integração perfeita da infraestrutura de veículos elétricos. Este artigo contém uma visão geral de como essas tecnologias podem otimizar o carregamento de veículos usando dados de padrões de tráfego.

### Gerenciamento de tráfego para cidades inteligentes

As tecnologias de cidades inteligentes são projetadas para melhorar a eficiência dos serviços da cidade, para aumentar a equidade entre seus habitantes e a capacidade de atrair negócios e empregos de alta remuneração, ao mesmo tempo em que garante que uma cidade esteja posicionada para enfrentar desafios futuros

e melhorar continuamente sua qualidade de vida e desenvolvimento sustentável. Cidades inteligentes ou conectadas usam dados para resolver problemas enfrentados pela vida urbana.

Os sistemas de monitoramento e gerenciamento de tráfego "maduros" já foram projetados para ajustar o tempo do sinal a partir de dados de tráfego em tempo real e são a base de abordagens de cidades inteligentes para o gerenciamento de tráfego. À medida que a adoção de EV aumenta, as tecnologias de cidades inteligentes criam oportunidades para incorporar requisitos de carregamento e acesso. Três fatores estão impulsionando essas oportunidades:

- Casos da Cidade Inteligente que se concentram no monitoramento do tráfego;
- Avanços em veículos conectados – V2X (conexão de veículo com diversos serviços e grids);
- Melhorias em aplicativos móveis que fornecem uma base para encontrar localizações de eletropostos.

Ao fornecer dados em tempo real para oferecer suporte a vários serviços, aplicativos de cidades inteligentes podem ser aproveitados para ajudar na integração do EV

e acesso eficiente a locais de carregamento de EV, melhorar a eficiência e direcionar veículos para estações de carregamento. Ele pode ajudar os motoristas a encontrar locais de carregamento funcionando e evitar deixar seus veículos desabastecidos. Os avanços de redes e aplicativos de telefonia móvel baseados em nuvem desempenham um papel crucial nesse cenário.

Em outras palavras, as tecnologias de cidades inteligentes, quando aliadas aos avanços na conectividade veicular e no desenvolvimento contínuo de aplicativos, permitirão acesso mais eficiente aos sites de carregamento, aproveitando dados de tráfego em tempo real mais acessíveis.

### Veículos conectados: veículo para "tudo" (V2X)

Os veículos estão se tornando mais conectados e abrindo oportunidades mais significativas para capturar dados e relatar dados. Vehicle to Everything (V2X) provavelmente será o futuro da mobilidade – este estado é descrito pela sigla em inglês CASE - Conectividade, Autonomia, Mobilidade Compartilhada e Eletrificação. Veículos conectados podem melhorar a gestão do tráfego e a segurança do veículo e agir como um braço essencial para melhorar

## Sistemas de Iluminação de Alta Eficiência Savan Iluminação



**LINHA HIGH BAY**  
150lm/W IP65 IK10



**LINHA HERMÉTICA**  
110lm/W IP65



**LINHA PÚBLICA**  
130lm/W IP66 IK09

ENTRE EM CONTATO

vendas@savanimports.com.br | www.savanimports.com.br

+55 (47) 30111064

+55 (48) 988011842

@savan.imports



a eficiência de carregamento de veículos.

O Veículo para Grid (V2G) também é uma solução relevante para melhorar a resiliência das cidades através do uso da eletricidade armazenada nos veículos como backup para determinados serviços e edifícios essenciais, em caso de falha catastrófica da rede elétrica.

### Aplicativos móveis para localizar eletropostos

Ter uma cidade replicando aplicativos que guiam os motoristas para sites de carregamento pareceria redundante dado o número de aplicativos de estação de carregamento móvel disponíveis hoje. Exemplos de alguns dos principais aplicativos móveis para encontrar carregadores de veículos são:

- PlugShare;
- Open Charge Map;
- Chargemap;
- ChargeHub;
- FLO.

Embora esses aplicativos possam informar sobre tipos e rotas de carregadores, muitos dependem de informações do usuário para identificar e localizar possíveis atrasos ou desvios. Consequentemente, os sistemas são benéficos, mas não necessariamente criam os caminhos mais eficientes para sites de carregamento.

### Novo caso para acesso de carregamento de EV

Com a crescente adoção de EVs, o acesso público às estações de carregamento é central. Cerca de 80% dos veículos leves devem ser carregados nas residências dos proprietários, geralmente no período noturno. Mas, à medida que o percentual de adoção e o número de EVs nas estradas e cidades aumentam, será necessário maior acesso ao carregamento diurno e público.

Apesar dos esforços contínuos para aumentar a disponibilidade de carregadores em espaços públicos para carregamento diurno, o tamanho da bateria está ficando maior, e as faixas de consumo estão aumentando. Além disso, o acesso fácil e eficiente ao carregamento público é essencial por várias razões, como engarrafamentos inesperados, dias extraordinariamente quentes potencialmente estressando o desempenho do veículo ou aumento de paralisações devido ao clima. Todas essas razões e muitas outras podem justificar a necessidade de acessar estações de carregamento públicas. Além disso, à medida que os veículos de passeio e táxi transitam para o transporte público elétrico, o carregamento público durante o dia será uma necessidade para garantir que as frotas de veículos elétricos possam atender sucessivamente o mercado.

Neste contexto, a tecnologia de cidades inteligentes pode ser aproveitada para tornar mais simples encontrar e acessar estações de carregamento públicas. Embora existam aplicativos que mostram onde as estações de carregamento estão, os motoristas podem não ser capazes de integrar padrões de tráfego em tempo real ao se direcionarem para a estação mais próxima. A disponibilidade em locais de carregamento populares também pode criar desafios. O número e o tamanho dos carregadores em locais, tipo conector e se a estação de carregamento está funcionando ou não são essenciais para ajudar os proprietários de veículos EV na busca de locais de carregamento em tempo hábil.

As cidades já começaram a incorporar monitoramento e análise de tráfego. Assim, levar os dados mais adiante em um cenário específico de carregamento de EV não exigiria tecnologias tão inovadoras, apenas aproveitar as tecnologias atuais seria suficiente. O aplicativo proposto apoiará os motoristas na tomada de uma decisão

informada ao buscar uma estação de carregamento usando essas tecnologias para prever o consumo de energia do veículo em tempo real e criar uma rota para o local mais próximo com base nos padrões de tráfego atuais, distância, acesso e tamanho do carregador.

### Como o acesso melhorado às estações de carregamento EV pode ser implementado?

A justificativa para ajudar os proprietários de EV a obter o acesso mais eficiente aos carregadores EV em toda uma cidade é simples e impactante para a imagem de uma cidade. No entanto, as cidades estão atualmente estressadas em sua capacidade de investir fora de serviços críticos e podem não ser capazes de direcionar o investimento em tecnologia de cidades inteligentes para um novo caso de uso devido a limitações de financiamento. Felizmente, as cidades podem abordar suas soluções de cidades inteligentes de forma incremental e cirúrgica para apoiar o carregamento público eficiente. Por meio de soluções de cidades inteligentes baseadas em mapas de geolocalização existentes, como vigilância por vídeo e análise de dados para monitoramento de tráfego disponível, novas abordagens podem criar acesso mais eficiente aos sites de carregamento da cidade, além dos aplicativos existentes para locais de carregador mencionados acima.

Além de fornecer localização, tamanho, tipos de carregamento, bem como revisões de sites, estes Apps com mapas para locais de carregamento mais próximos podem acessar monitoramento de tráfego em tempo real para permitir que as rotas mais próximas sejam desviadas se os padrões de tráfego mudarem repentinamente devido a engarrafamentos ou a outros eventos que possam criar barreiras às rotas. Além disso, os avanços tecnológicos nos EVs em breve serão capazes de cruzar os níveis

de bateria e os preços de energia com as características do local da estação de carregamento e dados de disponibilidade e padrão de tráfego, o que permitirá que os motoristas tomem uma decisão educada sobre quando e onde reabastecer seus veículos. Por fim, urbanistas, autoridades municipais e concessionárias de energia podem identificar as áreas que não possuem estações de carregamento, conduzindo suas decisões sobre áreas prioritárias a investir na provisão sobre essa infraestrutura cada vez mais crítica para atender às necessidades das novas tendências do sistema de transporte e aumentar a confiabilidade do sistema de energia, prevendo as cargas provenientes da eletrificação veicular em massa. Em vez de replicar sistemas atuais, as cidades devem pensar em fornecer dados que possam melhorar sistemas que já existem.

Mesmo com combinações de tecnologias de cidades inteligentes e aplicações de terceiros, barreiras ainda podem existir. Por exemplo, a interoperabilidade e o compartilhamento de dados de diferentes redes de carregamento podem fornecer desafios para uma cidade que busca maximizar o acesso de carregamento público em toda a sua cidade e em vários eletropostos. Esses desafios também podem ser superados por dados que uma cidade pode fornecer em locais ou se o local de cobrança é propriedade de entidades públicas ou privadas.

## Conclusões

Incentivar a eletrificação é mais do que apenas atender a uma classe de proprietários de veículos que optam por usar veículos elétricos. A eletrificação ajudará as cidades a reduzir as emissões de carbono e cumprir as metas de emissão zero, mas, mais importante, também reduzirá poluentes que podem ter efeitos nocivos sobre as pessoas dentro da cidade. Além disso, a adoção em

massa de EVs e provisões de infraestrutura deve ser democrática e incluir todos os grupos sociais à medida que o EV se torna mais acessível, e os impactos da poluição do ar e das vulnerabilidades relacionadas ao clima afetam mais severamente as comunidades desprivilegiadas.

Da mesma forma, aproveitar as tecnologias atuais de cidades inteligentes e todos os dados e aplicativos disponíveis para tornar o acesso aos recursos de carregamento o mais eficiente e equitativo possível é essencial para aumentar a adoção de veículos elétricos. Assim, permitindo que uma cidade esteja preparada para incorporar o aumento esperado na propriedade de veículos EV. Este esforço não precisa de sistemas atuais no mercado hoje. Em vez disso, essas soluções podem usar os dados disponíveis a partir de tecnologias de cidades inteligentes para melhorar os sistemas, ao mesmo tempo em que não oneram os orçamentos.

A adoção de veículos elétricos está aumentando exponencialmente e este é um momento crucial para as cidades ao redor do mundo investirem na infraestrutura necessária para acomodar essa demanda. A expectativa é que essa infraestrutura se torne mais eficiente e acessível, fazendo parcerias com sistemas atuais e fornecendo os dados para os aplicativos para atender às necessidades dos proprietários de EV, ao mesmo tempo em que garante que as cidades busquem iniciativas de cidades inteligentes.

*\*Larissa Paredes Muse é arquiteta e urbanista especializada em digitalização de cidades e mestre em Engenharia Urbana pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). É membro do IEEE e consultora na Quanta Technology | [lmuse@quanta-technology.com](mailto:lmuse@quanta-technology.com)*  
*Richard Fioravanti é engenheiro electricista e eletrônico com MBA em Finanças. Atualmente, é diretor de eletrificação de transporte e conselheiro executivo na Quanta Technology | [rfioravanti@quanta-technology.com](mailto:rfioravanti@quanta-technology.com)*

**PENSOU EM QUALIDADE,  
PENSOU**

**ação engenharia  
e instalações**

**DFR**



**G5DFR**

**Gravador Classe A modular, IEC 61850 Sincrofasores Classe M e P, COMTRADE.**

**QUALIDADE  
DE ENERGIA**

**G4400**

**Qualímetro Classe A com 01 ano de gravação sem trigger, 1024 amostras por ciclo.**



**COMPENSADORES**

**EQUALIZER/  
ACTIVAR**

**Compensadores estáticos de energia reativa com filtro de harmônicas. Alto desempenho.**



**SOLUÇÕES EM PROJETOS,  
PRODUTOS E SERVIÇOS**

**VENDA E LOCAÇÃO  
DE EQUIPAMENTOS**



**ação engenharia  
e instalações®**

**FALE  
CONOSCO**

**(11) 3883-6050**  
[orcamento@acaoenge.com.br](mailto:orcamento@acaoenge.com.br)



## Materiais para sistemas de aterramento: dimensionamento de condutores

A eficiência e a confiabilidade de operação de um sistema de aterramento e de proteção contra descargas atmosféricas estão diretamente ligadas não somente a um bom projeto, mas também à correta especificação de materiais que assegurem a qualidade da instalação. A utilização de materiais inadequados ou que não cumpram com as exigências técnicas das normas pertinentes pode colocar em risco o sistema de proteção.

A norma brasileira ABNT-NBR-16254 – Materiais para sistemas de aterramento foi publicada em 08.01.2014 e entrou em vigor a partir de 08.02.2014. Atualmente esta norma encontra-se em processo de revisão no âmbito da comissão ABNT/CB-003/CE 003 102 001 (Aterramentos Elétricos).

Como importantes referências para a revisão em curso, podemos citar as normas IEC-62305 e IEEE-80. A norma IEC-62305 é uma norma europeia para Proteção Contra Descargas Atmosféricas (PDA), sendo dividida em 4 partes. Ela remete às características que os materiais a serem utilizados no PDA à norma IEC-62561 (também dividida em partes).

A norma americana IEEE-80 constitui a principal referência para projetos de sistemas de aterramento em subestações

adotada em boa parte do mundo e inclusive no Brasil, onde serviu de base para a norma ABNT NBR 15751 – Sistemas de aterramento de subestações – Requisitos. A norma IEEE-80, no que se refere a conexões, remete à norma IEEE-837, que define os requisitos e os ensaios que este material deve cumprir para atender às exigências do projeto e à qualidade e eficiência pelo tempo de vida útil definido para o sistema

A nova ABNT NBR 16254 apresentará uma ampla classificação dos materiais que são utilizados em sistemas de aterramento, estabelecendo as características técnicas que estes materiais devem atender para garantir sua eficiência de operação ao longo do tempo. Os principais materiais utilizados em sistemas de aterramento e abordados pela norma são: condutores, hastes, conexões e tratamento do solo. Os requisitos e ensaios são definidos na norma para cada tipo de material em função da sua composição (cobre puro, aço cobreado, aço zincado etc.). Alguns elementos, como cabo de cobre, por exemplo, já são cobertos por normas específicas e, nestes casos, a ABNT NBR 16254 estabelece que estes materiais devem atender aos requisitos que constam nas normas específicas.

As normas específicas de materiais são, geralmente, normas de fabricação e a revisão da ABNT NBR 16254, além de estabelecer requisitos e ensaios para materiais não cobertos por normas específicas, deverá abordar as informações que são relevantes para os cálculos de projetos do sistema de aterramento como dimensionamento dos materiais, suportabilidade (térmica e mecânica), formas de instalação etc.

Os critérios básicos para escolha dos materiais se pautam em parâmetros elétricos (resistividade e resistência), e são baseados nos princípios da termodinâmica, onde o aquecimento produzido pela passagem de corrente determina a capacidade de condução e a durabilidade do material.

Os aspectos mecânicos também são importantes, sendo que a resistência mecânica do condutor está diretamente ligada aos processos de aquecimento e resfriamento sofridos pelo material ao longo da sua vida útil. As normas acima citadas, assim como a IEC-62305 e a ABNT NBR 5419, apresentam tabelas com as dimensões mínimas recomendadas para materiais a serem utilizados como eletrodos de aterramento, do ponto de vista elétrico e mecânico. Isto significa que, caso o cálculo de algum material resulte em seção menor das que constam na tabela de seções mínimas, deve-se seguir a tabela. No âmbito da revisão da ABNT NBR 16254, os aspectos de seção mínima em algumas aplicações específicas ainda são temas em discussão (como por exemplo contrapesos

de linhas de transmissão, aterramentos de redes de distribuição etc.).


A suportabilidade aos esforços térmicos previstos para uma dada aplicação do material está associada ao aquecimento que este material poderá suportar sem sofrer alterações em suas características físicas (elétricas ou mecânicas). O transporte de corrente resultará na elevação da temperatura do material, em função do tempo de duração e da magnitude da corrente transportada. O tempo e a corrente de falta para a terra são definidos em projeto de acordo com o tipo da instalação e com os tempos de atuação das proteções. Quanto maior o tempo de atuação da proteção, maior será a elevação de temperatura dos componentes do aterramento.




As correntes impulsivas, associadas usualmente a quedas de raios, têm duração da ordem de  $\mu s$ , e por este motivo o fator de elevação da temperatura em função da duração do evento não é crítico para definição das seções dos elementos condutores. Outros processos resultam na redução da vida útil dos materiais, tais como sucessivos eventos de aquecimento e resfriamento e a agressividade eletroquímica do solo (associada à corrosão). Porém, considera-se que o estabelecimento de seções mínimas para os condutores resolve estes problemas complementares. Desta forma, tem-se que a elevação máxima de temperatura admissível para a condição de falta para a terra é o parâmetro fundamental para o dimensionamento e especificação do

A **LINHA** mais completa de **ISOLADORES**, agora também na **TRANSMISSÃO**



 **Germer**  
ISOLADORES

 (47) 3281 0000

   /germerisoladores

 [www.germerisoladores.com.br](http://www.germerisoladores.com.br)  
[vendas@germerisoladores.com.br](mailto:vendas@germerisoladores.com.br)

material de aterramento.

A equação de Onderdonk e Sverak (Tabela 1a), constante da IEEE-80, permite o cálculo da capacidade de transporte de corrente de um condutor de determinada seção (S), em função do tempo de aplicação da corrente e de outros parâmetros. Esta equação é utilizada para dimensionamento térmico dos diferentes materiais utilizados em sistemas de aterramento (condutores e conexões). O resultado obtido é conservativo, pois pressupõe que o processo térmico em um elemento condutor submetido a uma elevada corrente é adiabático, ou seja, não envolve troca de calor com o meio. Como vários fatores são constantes para cada material, a equação pode ser simplificada utilizando-se um fator Kf, conforme consta da IEEE-80 (Tabela 1 b).

Estas equações e tabelas com os respectivos parâmetros elétricos e térmicos, constam das normas IEEE-80 e IEEE-837, assim como das normas ABNT NBR 15751, ABNT NBR 16527 e ABNT NBR 16254. A ideia, ainda em discussão no âmbito da revisão da ABNT NBR 16254, é que as equações e as respectivas tabelas de parâmetros constem apenas na norma de materiais, de modo que as demais normas possam referenciá-la.

**TABELA 1 - EQUAÇÃO DE ONDERDONK E SVERAK (A), CONFORME CONSTA NA IEEE-80, E SUA EXPRESSÃO SIMPLIFICADA (B)**

$$S = I_f \sqrt{\frac{t \cdot \alpha_r \cdot \rho_r \cdot 10^4}{TCAP \cdot \ln \left( \frac{k_o + T_m}{k_o + T_a} \right)}} \quad (a)$$

$$S = I_f \times K_f \sqrt{t} \quad (b)$$

As Tabelas 2 e 3 apresentam os valores dos parâmetros dos materiais tipicamente utilizados em aterramentos, a seguir relacionados:

- S – seção do condutor (mm<sup>2</sup>);
- If – valor eficaz (RMS) da corrente de falta fase-terra (kA);
- tc – duração da aplicação da corrente (s);
- Tr – temperatura de referência das constantes do material (em °C);
- Tm – temperatura máxima suportável pelos materiais utilizados (em °C);
- Ta – temperatura ambiente, expressa em graus Celsius (°C);
- pr – resistividade do condutor de aterramento na temperatura de referência Tr (μΩ.cm);

αr – coeficiente térmico de resistividade do condutor na temperatura de referência Tr (1/°C);

Ko = 1/αo ou (1/αr) – coeficiente térmico de condutividade do condutor a 0 °C ou na temperatura de referência Tr;

TCAP – fator de capacidade térmica por unidade de volume (J/(cm<sup>3</sup>.°C));

Kf – constante do material para a expressão simplificada (Tabela 3).

Nota: Os valores apresentados nas equações da tabela 1 são para formas de ondas simétricas. Um fator de decremento deve ser usado para determinar a corrente rms para formas de ondas assimétricas.

Constata-se que os principais parâmetros térmicos constantes das equações para dimensionamento de condutores em sistemas de aterramento são a temperatura de fusão e a capacidade térmica (TCAP - Thermal Cycling Absortion Process). O TCAP é um parâmetro específico do tipo de material do condutor (aço, cobre, aço cobreado, alumínio etc.) e está relacionado à quantidade de energia térmica que o material consegue absorver sem alteração das suas características elétricas e mecânicas. O TCAP exprime a capacidade térmica do material por unidade

**TABELA 2 - VALORES DOS PARÂMETROS DOS CONDUTORES DE ATERRAMENTO MAIS UTILIZADOS**

Tipo do condutor	Condutividade	Coeficiente térmico de resistividade fator αr(20°C-1)	Fator ko a 0° C	Temperatura de Fusão Tm	Temperatura limite Tm	Resistividade a 20 °C ρr	Fator de capacidade térmica TCAP
	%		°C	°C	°C	μΩ.cm	J/(cm <sup>3</sup> .°C)
Cobre macio	100	0,003 93	234	1083	850	1,724	3,422
Cobre duro	97	0,00381	242	1084	850	1,777	3,422
Aço revestido em cobre(a)	53	0,00378	245	1084	850	3,318	3,682
	40	0,00378	245	1084	850	4,397	3,846
	30	0,00378	245	1084	850	5,862	3,846
	21	0,00378	245	1084	850	8,374	3,854
Haste de aço revestido em cobre(a)	20	0,00378	245	1084	850	8,621	3,846

(a) – para materiais compostos, como aço revestido de cobre, os valores são médios para o condutor, sendo que o fabricante pode definir estes por parâmetros meio de ensaios.

**TABELA 3 – VALORES DA CONSTANTE Kf: PARÂMETROS PARA OS TIPOS DE CONDUTORES MAIS UTILIZADOS EM ATERRAMENTOS**

Material	Condutividade (%)	Tm - 1084 °C kf	Tm - 850 °C kf
Cobre macio	100	3,55	3,79
Cobre comercial duro	97	3,58	3,82
Aço cobreado	53	4,70	5,03
Aço cobreado	40	5,30	5,67
Aço cobreado	30	6,12	6,54
Haste aço cobreado	20	7,41	7,93

Nota: Fatores calculados para temperatura Ta = 40 °C

(a) - é uma boa prática utilizar o fator Tm com margem de segurança de 20% com relação à temperatura de fusão para os condutores de cobre ou de aço cobreado com conexões permanentes (solda exotérmica ou à compressão), resultando na temperatura limite de 850 °C.

de volume (em J/(cm<sup>3</sup> x °C)), e pode ser calculado a partir do calor específico (em cal/(grama x °C)) e da densidade específica (em gramas/cm<sup>3</sup>) de cada material.

O projetista tem a liberdade de estabelecer critérios mais rigorosos quando do dimensionamento dos condutores e conexões, se entender necessário, especialmente no que diz respeito à temperatura máxima utilizada no cálculo. Usualmente são feitas as seguintes considerações:

- a partir de 250 °C o cobre inicia um processo de recozimento e de alteração de suas características mecânicas, sendo esta a temperatura limite, normalmente utilizada para conexões mecânicas;
- uma margem de segurança de 20% com relação à temperatura de fusão do cobre, para os condutores de cobre ou de aço cobreado com conexões permanentes (solda exotérmica ou à compressão), resultando na temperatura limite de 850 °C.

Outras considerações podem interferir neste dimensionamento, como:

- expectativa de esforços mecânicos anormais;

- solos muito agressivos em termos de corrosão;
- tempo de eliminação da falta para a terra que considere a possibilidade de falha da proteção de 1ª linha, e que resulte na atuação da proteção de 2ª linha, com o consequente aumento do tempo de aplicação da corrente.

Além da especificação do condutor de forma correta, é imprescindível também especificar uma conexão que garantam todos os requisitos mencionados para o condutor, caso contrário, pode-se colocar em risco todo o projeto, mas isso será assunto para outro artigo.

*\*Rinaldo Júnior Botelho é engenheiro eletricista, bacharel em Matemática, MBA em gestão empresarial, membro do COBEL na Comissão de Sistemas de Aterramento, coordenador do Grupo de materiais para aterramento e membro da comissão da ABNT NBR 5419, conselheiro no CIESP Guarulhos, sócio-diretor e responsável técnico da Fastweld Industria e Comércio Ltda. Paulo Edmundo da Fonseca Freire é engenheiro eletricista e Mestre em Sistemas de Potência (PUC RJ). Doutor em Geociências (UNICAMP) e membro do CIGRE e do COBEL, também atua como diretor da Paiol Engenharia.*



**PARATEC**  
A SOLUÇÃO QUE PROTEGE

## SISTEMA DE PÁRA-RAIOS

PREDIAIS - SISTEMA COMPLETO



**CAPTORES TIPO FRANKLIN**



**CONDUTORES DE ALUMÍNIO**



**SUPORTE DE USO GERAL**



**SUPORTE PARA TELHA DE CERÂMICA**



**SINALIZADORES**



**ATERRAMENTO**



**A SOLUÇÃO QUE PROTEGE**  
Dúvidas acesse o Site  
[www.paratec.com.br](http://www.paratec.com.br)  
ou ligue  
**Tel.: (011) 3641-9063**  
vendas@paratec.com.br



## A importância de uma especificação técnica detalhada para aquisição de filtros harmônicos

Os filtros harmônicos são equipamentos destinados a reduzir os valores das distorções de corrente e tensão de um determinado barramento a valores aceitáveis. Entre os benefícios da instalação dos filtros, temos a redução de falha e/ou operação indevida de equipamentos, a redução das perdas elétricas do sistema, o aumento da vida útil de transformadores e motores e a adequação de indicadores a limites normativos.

Os sistemas de filtragem harmônica podem ser divididos em três categorias básicas:

- Filtragem com ligações especiais de equipamentos;
- Filtros harmônicos passivos;
- Filtros harmônicos ativos.

As técnicas de filtragem com ligações especiais de equipamentos utilizam os próprios equipamentos geradores de distorções harmônicas para reduzir a distorção total do sistema. Temos como exemplos mais comuns a utilização de transformadores com enrolamento em delta, o qual confina as correntes de

sequência zero, e o uso de retificadores de 12 pulsos ou mais, os quais cancelam as harmônicas de maior intensidade.

Voltando para equipamentos dedicados a filtragem harmônica, foco desta coluna, podemos apresentar as seguintes vantagens de cada tipo.

Os filtros passivos, como o próprio nome diz, são baseados em elementos passivos (capacitores, reatores e resistores). Estes são tidos como a solução mais tradicional e com tecnologia bem maturada. Sua maior vantagem é o menor custo de aquisição e manutenção devido à simplicidade da solução e ao grande número de fornecedores no mercado, além de ser fácil encontrar peças sobressalentes ou para reposição. Todavia, sua desvantagem é que ele é dimensionado para um sistema elétrico específico e, caso haja mudanças consideráveis neste sistema, seu desempenho ou até mesmo sua vida útil podem ser prejudicados.

Por sua vez, os filtros ativos são equipamentos baseados em eletrônica de potência, os quais monitoram constantemente as correntes harmônicas do sistema e injetam uma corrente de mesma magnitude e frequência, porém



defasada em 180° elétricos. Desta forma, filtros ativos são muito versáteis e se adaptam a diferentes sistemas. Todavia, possuem algumas desvantagens por ser baseado em eletrônica de potência, como a necessidade de condições ambientais controladas, custo de aquisição e principalmente de manutenção elevados, haja vista que são equipamentos importados e somente seu fabricante possui capacidade de fornecer peças sobressalentes ou para reposição.

Vale destacar que não existe solução “de prateleira” para filtragem harmônica. Independentemente de qual solução for escolhida, antes da aquisição e implantação de um sistema de filtragem harmônica deve-se realizar o estudo de qualidade de energia elétrica para a elaboração de uma especificação técnica detalhada.

Esta preocupação deve ser considerada desde sistema de filtragem ligados à baixa tensão (BT), comumente indústrias, até sistemas ligados à média e alta tensão (MT e AT), estes voltados para indústrias eletrointensivas e empresas de geração, transmissão e distribuição de energia.

Voltando-se para as indústrias com filtros de baixa tensão, geralmente, são utilizadas soluções de filtros passivos, as quais reduzem a distorção do barramento e fazem o controle de reativo reduzindo o valor excedente de potência reativa. Desta forma, eles possuem dupla função, a melhoria da qualidade de energia elétrica e a redução do valor da fatura de energia elétrica. Quanto aos filtros ativos, por serem sistemas de alto valor de aquisição e manutenção, estes possuem aplicação em indústrias com sistemas críticos e cargas dinâmicas.

Já os sistemas de filtragem ligados em barramentos de média ou alta tensão nem sempre possuem como função principal o fornecimento de potência reativa. Dependendo da aplicação, o montante de potência reativa fornecido é irrelevante para o sistema e, nestes casos, os filtros possuem a função específica de filtragem harmônica. Para estes sistemas, a maioria das soluções é composta por filtros harmônicos passivos. A utilização de filtros harmônicos ativos em MT ou AT implica na instalação de transformadores para a sua conexão, pois os filtros ativos são projetados para operar em BT. Neste tipo de solução é necessário ter especial atenção na especificação da conexão do transformador de acoplamento e na exatidão do sistema de medição de forma a garantir o correto funcionamento e desempenho da solução de filtragem.

Conforme já exposto, a definição da solução de filtragem deve ser embasada em estudos adequados. Alguns dos principais pontos a serem abordados nos estudos são:

- Filtros passivos:
  - Ocorrência de ressonâncias indesejadas;
  - Eficácia do filtro considerando dessintonias;
  - Suportabilidade às correntes harmônicas;
  - Suportabilidade dos equipamentos de manobra.
- Filtros ativos:
  - Eficácia do sistema considerando os erros de medição;
  - Especificação dos TCs com exatidão necessária;
  - Para sistemas em MT ou AT, especificação do transformador de acoplamento;
  - Características ambientais necessárias

ao bom funcionamento (temperatura e umidade).

A instalação de filtros sem estudos ou com estudos inadequados pode gerar diversos transtornos. Além das perdas financeiras devido ao sobre ou subdimensionamento dos componentes, os principais problemas são:

- Problemas no sistema de filtragem:
  - Redução da vida útil do sistema de filtragem;
  - Queima de componentes do sistema de filtragem;
  - Eficácia reduzida.
- Problemas no sistema de conexão:
  - Redução das distorções harmônicas aquém do necessário;
  - Aumento das distorções harmônicas;
  - Ocorrência de ressonâncias indesejadas;
  - Aumento abrupto da tensão do barramento;
  - Redução da vida útil e/ou queima de demais equipamentos ligados ao mesmo sistema.

Por fim, é importante ter em mente que nunca se deve conectar filtros harmônicos sem os devidos estudos, pois ao invés de melhorar a qualidade de energia do sistema elétrico, eles podem piorar os índices de qualidade e causar avarias em equipamentos conectados ao barramento em questão e seus adjacentes.

---

*\*Arthur Fernando Bonelli é vice-presidente da Sociedade Brasileira de Qualidade da Energia Elétrica (SBQEE); Marco Leandro Bonelli é Lead Sales & Proposal Manager na GE; Pedro Augustho Biasuz Block é Diretor Técnico da MAB Engenharia.*



**Jobson Modena é engenheiro eletricista, membro do Comitê Brasileiro de Eletricidade (Cobei), CB-3 da ABNT, onde participa atualmente como coordenador da comissão revisora da norma de proteção contra descargas atmosféricas (ABNT NBR 5419). É diretor da Guismo Engenharia | [www.guismo.com.br](http://www.guismo.com.br)**



## Segurança nas inspeções da PDA – Parte 2\*

**Inspeção no SPDA:** muitos componentes do SPDA, principalmente em sistemas não naturais, encontram-se na parte externa das edificações, o que faz com que a etapa de inspeção seja realizada a céu aberto.

A ABNT NBR 5419 destaca que inspeções, ensaios e manutenções no SPDA não podem ser realizados durante a ameaça de tempestades.

Além dos riscos adicionais presentes no ambiente, é importante tomar medidas para evitar as consequências da exposição ao Sol, como buscar locais com sombra, diminuir o tempo de exposição, hidratação frequente e uso de protetor solar.

Dentre os riscos adicionais citados, vale lembrar a possível presença de atmosferas explosivas, onde medidas adicionais devem ser tomadas durante os trabalhos.

**Inspeção no SPDA, subsistemas de captação e descida:** por serem geralmente instalados em locais altos ou de difícil acesso é uma das etapas com riscos mais elevados, onde um acidente pode ser fatal.

A Norma Regulamentadora N° 35 afirma que no planejamento da atividade devem ser adotadas medidas para evitar o trabalho em altura, sempre que existir meio alternativo de execução. Para a parte da inspeção visual, é possível remover este risco com a utilização de drones.

Vale lembrar que o drone apresenta outros riscos para o trabalho, mas que podem ser reduzidos a níveis toleráveis com adoção de medidas administrativas.

**Inspeção no SPDA, subsistema de aterramento:** novamente uma etapa com baixos riscos envolvidos, mas que necessita de uma atenção especial aos riscos ocultos, as caixas de inspeção muitas vezes servem de moradia para animais peçonhentos, que podem atacar principalmente no momento da abertura.

**Eventuais medições em cada subsistema:** durante as medições temos a presença de riscos mecânicos ao manusear ferramentas para abrir conexões, transporte de equipamentos, entre outros. Neste momento os riscos não são elevados e alguns EPIs podem trazer grandes benefícios como: luvas de proteção mecânica, óculos de segurança, sapatos de proteção e, dependendo da medição, capacete de segurança.

Para uma medição no subsistema de captação, por exemplo, pode-se definir um local onde o acesso possui medidas que eliminam o risco de queda do trabalhador, como guarda corpo instalado na edificação. Quando o risco de quedas não puder ser eliminado, devem-se adotar medidas que minimizem as consequências da queda. Lembrando que de nada adianta utilizar um EPI contra quedas se não existe um ponto de ancoragem confiável.

Para medições no subsistema de aterramento é importante atentar-se à possível presença de energia elétrica em algum ponto, que pode ocorrer devido a alguma falha na instalação; uma verificação

com multímetro pode ser suficiente para sanar este risco.

**Inspeção nas MPS:** boa parte das MPS estão instaladas em quadros elétricos e até energizadas. Primeiro de tudo deve-se avaliar a possibilidade de realização do trabalho desenergizado. Caso não seja possível, utilizar outras medidas de proteção coletiva, e em último caso admitir o risco.

Antes de se aproximar de uma zona controlada é necessário conhecer a energia incidente do local para que a proteção seja efetiva em caso de acidente. Por exemplo, caso seja necessário abrir um quadro elétrico com energia incidente de 7,0 cal/cm<sup>2</sup>, deve se utilizar, no mínimo, vestimenta de proteção categoria 2, que neste caso consistiria em proteção da cabeça, tronco e membros superiores e inferiores.

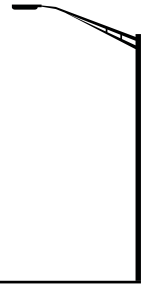
**Elaboração da documentação:** assim como na análise da documentação, pode parecer isenta de riscos, mas as condições ergonômicas devem ser avaliadas.

Para concluir, toda atividade deve ser planejada com antecedência e os riscos envolvidos estudados a fundo. A antecipação dos riscos é fundamental para garantir a segurança, principalmente na inspeção da PDA pois cada edificação possui características específicas.

*\*Este artigo é assinado por Luiz Claudio Ferraro, engenheiro eletricista e de segurança do trabalho. Possui experiência em projetos, inspeções, consultoria e treinamentos.*



**Luciano Haas Rosito é engenheiro eletricista, diretor comercial da Tecnowatt e coordenador da Comissão de Estudos CE: 03:034:03 – Luminárias e acessórios da ABNT/Cobei. É professor das disciplinas de Iluminação de exteriores e Projeto de iluminação de exteriores do IPOG, e palestrante em seminários e eventos na área de iluminação e eficiência energética. | lrosito@tecnowatt.com.br**



## Guia de telegestão e a certificação dos sistemas\*

Dando sequência a esta série de artigos sobre o tema iluminação, trataremos a seguir sobre a telegestão de iluminação pública, que já foi tema anteriormente abordado, mas agora sob o ponto de vista da futura certificação compulsória dos sistemas e do recente lançamento do guia de telegestão que amplia a discussão e o conhecimento sobre o tema que cada vez mais se torna relevante em função da aplicação de tecnologia na iluminação.

No dia 10 de novembro de 2021, foi publicado pela Associação Brasileira das Concessionárias de Iluminação Pública (ABCIP), por meio de seu comitê de telegestão, o Guia de Especificação Técnica para Telegestão em Iluminação Pública. Este guia tem por objetivo difundir o conhecimento para uma especificação técnica do sistema de forma a fazer a gestão por requisitos independentemente da tecnologia a ser utilizada.

O guia, além de iniciar com os principais termos técnicos utilizados, inicia com os principais conceitos de um sistema de telegestão, incluindo um breve histórico das tecnologias, elementos do sistema e atributos desejáveis. Na sequência são detalhados os modos de operacionalização do faturamento da energia elétrica em consonância com o Despacho Aneel N° 0368, de 11 de fevereiro de 2020. A seguir são apresentados os

requisitos do sistema e a importância da interoperabilidade, chegando por fim nas orientações para especificação e tabela dividida entre:

- Fatores de desempenho;
- Requisitos para os equipamentos de telecomando (controladoras);
- Requisitos para os concentradores/estação base;
- Requisitos para a plataforma de software.

Desta forma, este guia torna-se uma ferramenta importante para os interessados no tema desenvolver suas especificações e detalhamentos técnicos para utilização em larga escala desta tecnologia.

Em conjunto com o guia, o comitê de telegestão trabalha ativamente na construção do regulamento técnico que visa a certificação do sistema de telegestão por parte do Inmetro.

Atualmente, o Inmetro colocou em consulta pública a proposta para o Regulamento Técnico Metroológico, que contemplará os dispositivos de telegestão. Esta ação vem após cerca de dois anos de reuniões com os fabricantes e, por último, com intervenções do Comitê de Telegestão da ABCIP. Na atual minuta estão sendo debatidos e detalhados estes temas para que a certificação voluntária seja um instrumento de desenvolvimento de

padrões interoperáveis, e que traga cada vez mais segurança para o usuário, fabricantes e distribuidoras de energia na utilização destes sistemas. Questões sobre a forma de transição para uma proposição completa de ensaios, de forma a dar tempo para que os fabricantes se adaptem à nova realidade, também estão sendo estudadas pelo Inmetro.

Entre os aspectos de maior relevância nos encontros entre o Comitê e o Inmetro, foram consideradas questões relativas à proteção dos elementos metrologicamente relevantes, quer sejam de hardware ou software. Também as preocupações quanto à adaptação das métricas utilizadas para os ensaios, oriundas do regulamento para contadores de energia, à realidade dos dispositivos de telegestão estiveram nas pautas dos encontros entre as entidades. Por fim, entendeu-se que a proposta colocada sob consulta pública atenderá ao estado da arte dos equipamentos, surgindo como uma proposição em consenso entre o Comitê e o Inmetro também. Prevê-se que o regulamento entre em vigor durante o primeiro trimestre de 2022.

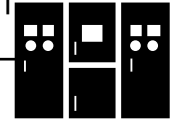
O guia pode ser baixado no site da ABCIP: [www.associacaoabcip.com.br](http://www.associacaoabcip.com.br)

\*Artigo escrito em parceria com Cláudio Monteiro, coordenador do Comitê de Telegestão e Diretor de Tecnologia na Modulus One.

As melhores soluções em materiais elétricos de média tensão a Exponencial disponibiliza para o mercado.



Nunziant Graziano é engenheiro eletricitista, mestre em energia, redes e equipamentos pelo Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE/USP), Doutor em Business Administration pela Florida Christian University, Conselheiro do CREASP, membro da Câmara Especializada de Engenharia Elétrica do CREASP e diretor da Gimi Pogliano Blindosbarra Barramentos Blindados e da GIMI Quadros elétricos | [nunziantegimipogliano.com.br](mailto:nunziantegimipogliano.com.br)



## Posso alterar um produto testado e o ensaio ainda é válido?

Prezado leitor, o tema que gostaria de discutir hoje é recorrente. Muitas vezes já fui indagado com a questão tema deste pequeno artigo e a resposta é sempre: “depende”. Depende do tipo de alteração que estamos fazendo, pois o bom senso é que precisa preponderar. Porém, de fato, como os ensaios são sempre válidos SOMENTE para o corpo de prova submetido ao ensaio, é realmente “cara x crachá”, ou seja, ou é idêntico, ou não é.

Entretanto, algumas alterações, sob minha modesta opinião, podem sim ser realizadas, sem prejuízo de performance. Vamos fazer uma análise. Se alteramos a seção nominal de uma barra de cobre, majorando-a, temos que observar sob dois aspectos: a tensão e a corrente. Majorando a seção nominal da barra, mantendo-se o material condutor e mesmo perfil (por exemplo, uma barra chata com cantos arredondados), em tese temos um ganho no sentido de performance, o que é bom pelo lado da corrente, mas pelo lado da tensão, estamos mudando distâncias e a configuração do campo elétrico, o que pode não ser bom. Portanto, cabe a análise mais profunda das geometrias envolvidas para definir se a mudança é relevante ou não para a aceitação dos ensaios.

Alguns dias atrás recebi um e-mail de um velho amigo, me apresentando a

seguinte pergunta: “Estou adquirindo um conjunto blindado de média tensão e um fornecedor me apresentou uma proposta com barramento de alumínio. O que muda em relação ao cobre?” Pensei bem na resposta e escrevi: “Tudo!”

Explico: quando estamos falando de condutores de materiais diferentes, os ensaios precisam ser analisados com cautela. Como já falamos no preâmbulo deste artigo, mudando a seção nominal, já temos um potencial prejuízo de performance no quesito tensão. Quando falamos de mudança do material condutor, neste caso, do cobre para o alumínio, para se manter a corrente nominal, é necessário reforçar a seção nominal. Além disso, as características de resistência mecânica não são as mesmas, ou seja, neste caso, o fornecedor que pretende utilizar o condutor de alumínio, precisa realizar todos os ensaios de tipo, quais sejam: elevação de temperatura, corrente suportável nominal de curta duração de fases e fase-terra, impulso atmosférico, tensão suportável em frequência industrial, grau de proteção, funcionamento mecânico e arco interno devido à falha interna.

Assim, recomendo que devemos sempre analisar a oferta com os ensaios apresentados para não comprar “gato por lebre”.

Boa leitura!



- X Luminárias públicas LED;
- X Cabos de cobre nu, flexíveis e isolados;
- X Preformados;
- X Cabos de alumínio nu, multiplexados, protegidos e isolados;
- X Isoladores, chaves, para-raios, cruzetas, dutos corrugados;
- X Rede de distribuição aérea e subterrânea.

(31) 3317-5150

Rua Titânio 153 - Camargos - BH/MG  
[vendas@exponencialmg.com.br](mailto:vendas@exponencialmg.com.br)

 [exponencialmg](https://www.instagram.com/exponencialmg)

[www.exponencialmg.com.br](http://www.exponencialmg.com.br)

Produtor Homologados CEMIG

Compre com seu cartão  
**BNDES**



*O Grupo Trael deseja a todos Boas Festas e que 2022 traga muita energia para transformar nossos melhores sonhos em realidade!*

Feliz Natal e Próspero Ano Novo!



[www.trael.com.br](http://www.trael.com.br)

Indústria e Assistência Técnica  
Cuiabá-MT • Brasil  
[65] 3611-6500





**Daniel Bento é engenheiro eletricista com MBA em Finanças e certificação internacional em gerenciamento de projetos (PMP®). É membro do Cigré, onde representa o Brasil em dois grupos de trabalho sobre cabos isolados. Atua há mais de 25 anos com redes isoladas, tendo sido o responsável técnico por toda a rede de distribuição subterrânea da cidade de São Paulo. É diretor executivo da Baur do Brasil | [www.baurdobrasil.com.br](http://www.baurdobrasil.com.br)**



## Pare de danificar o cabo isolado com Hipot-DC – Parte III (final)

Nesta terceira e última coluna sobre teste de tensão aplicada em cabos isolados de média tensão, vamos falar sobre os testes de tensão monitorados. É importante, porém, lembrar que, conforme foi tratado no primeiro artigo da série, os teste de Hipot-DC são danosos aos isolantes poliméricos (XLPE e EPR) dos cabos isolados de média tensão, sendo o VLF o substituto recomendado para o Hipot-DC, tendo o guia IEEE 400.2 (IEEE Guide for Field Testing of Shielded Power Cable Systems Using Very Low Frequency - VLF) como referência técnica para o tema até termos um documento nacional. No segundo artigo aprofundamos mais no assunto, indicando as principais referências técnicas internacionais que evidenciaram os problemas causados pelo teste DC e outros que demonstraram a eficácia do teste em VLF. Caso não tenha ainda lido os dois textos, sugiro a leitura para melhor compreensão (artigos publicados nesta coluna nas edições 181 e 182).

### Testar é preciso!

Fabricação, logística, instalação, reparos e outros. São muitos os problemas que podem dar origem a falhas nos cabos isolados. Além das normas, também a boa prática recomenda testar os cabos antes de

**Table 6: Failures (Failures On Test and Outages) for a MV Scenario for Test Programs With and Without Diagnostics Testing Conducted by the Utility**

	With Diagnostics			Without Diagnostics		
	Outages	Failures on Test	No of surviving segments	Outages	Failures on Test	No of surviving segments
Start			100			100
End of 1st test period		13	87			
End of Year 2	5		82	10		90
End of 2nd test period		10	72			
End of Year 4	4		68	9		81
<b>TOTALS</b>	<b>9</b>	<b>23</b>	<b>68</b>	<b>19</b>		<b>81</b>

Fonte: NEETRAC CDFI

energizar. Porém, o teste de tensão aplicada pode danificar o cabo?

Um estudo conduzido pelo National Electric Energy Testing Research and Applications Center (NEETRAC) em cabos isolados de média tensão, instalados há mais de 30 anos, apresentou resultados importantes para compreender melhor os testes de tensão aplicada.

Podemos observar na tabela que os cabos que foram submetidos a teste de tensão aplicada tiveram os seguintes resultados:

Sem falhas: 68

Falhas durante o teste: 23

Falhas durante a operação: 9

Já nos cabos onde não foi realizado nenhum

teste de tensão aplicada, o resultado foi:

Sem falhas: 81

Falhas durante a operação: 19

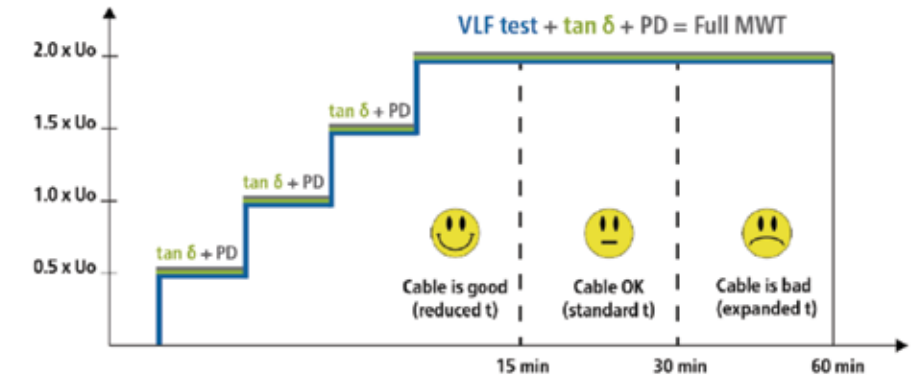
Esse estudo trouxe duas informações importantes: quando os testes foram empregados, a quantidade de falhas aumentou. Além disso, quando os testes não foram aplicados, as falhas em operação aumentaram significativamente, ou seja, quando não é feito nada, nenhum teste, a taxa de falha nesse estudo específico foi quase duas vezes maior durante a operação do sistema. Sabemos que as falhas, quando ocorrem em plena operação, são em sua maioria críticas e danosas com a interrupção do circuito, quer seja em uma indústria que

tem seu processo fabril interrompido, seja para uma usina eólica ou solar que tem a geração suspensa ou ainda para as distribuidoras de energia, que acaba prejudicando de forma ampla uma grande parcela da sociedade.

Baseado nesse estudo, chegamos a um trade-off, em que se forem realizados testes de tensão aplicada poderá haver aumento do total da quantidade de falha durante o teste e diminuição da taxa de falha durante a operação, ou se optarmos por não realizar nenhum teste, podendo haver a diminuição do total de falhas, porém, haverá aumento expressivo da taxa de falha durante a operação.

Já faz algum tempo que a manutenção preditiva demonstra em muitos casos ser a melhor opção para fazer a gestão de ativos. Conhecer o estado do isolante do cabo, diminuindo o tempo de estresse elétrico que o teste de tensão aplicada impõe, seria a melhor opção, tendo em vista que diminuiria também a quantidade total de falhas.

O guia do IEEE 400.2 trouxe parâmetros para que seja possível diminuir o tempo de teste, realizando conjuntamente um



Fonte: Baur

diagnóstico no isolante durante o teste de tensão aplicada em VLF. Monitorando as perdas no isolante (Tangente Delta) e as possíveis atividades de Descargas Parciais, é possível diminuir o tempo de teste, conforme mostra a figura a seguir.

Portanto, conforme demonstrado nesta série de três artigos, pare de danificar o cabo isolado com Hipot-DC. Como fazer isso?

Realize análises preditivas com o teste em tensão alternada (VLF) ao invés de contínua (HIPOT-DC) e de forma monitorada (Tangente Delta + Descargas Parciais). Assim você conseguirá extrair o melhor desempenho do seu cabo, com elevado nível de confiabilidade e durabilidade.

Na próxima coluna, vamos iniciar a série sobre diagnóstico em cabos isolados, onde trataremos sobre os conceitos de Tangente Delta, Descargas Parciais e outros. Até lá!

## Termostatos para Painéis KTO 111 & KTS 111



- Conexão rápida sem ferramenta
- Conexão segura com terminal Push In
- Entradas de ar ampliadas para melhor ventilação
- Ajuste fácil de temperatura de chaveamento
- Para uso em até 5.000 metros de altitude

MAIS INFORMAÇÕES

www.stego.com.br info@stego.com.br +55 (12) 3632 5070  
stegodobrasil @stegodobrasil Stego do Brasil







José Starosta é diretor da Ação Engenharia e Instalações e membro da diretoria do Deinfra-Fiesp e da SBQEE.  
jstarosta@acaoenge.com.br



## O consumo de reativos e a “geração distribuída”

Na edição de julho/2020, esta coluna tratou de questões sobre o consumo de energia reativa e a geração distribuída (GD). O artigo pode ser recuperado no link: <https://osetoreletrico.com.br/o-consumo-de-reativos-e-a-geracao-distribuida/>

Voltamos ao tema, pois, em função da evolução das plantas de geração distribuída, especialmente as solares fotovoltaicas - FV, onde surgiram diversos casos práticos que merecem atenção quanto ao entendimento da questão da compensação reativa em consumidores/ produtores de energia. A temática pode ser estendida para outros cenários semelhantes a esses sistemas, como os de armazenamento que poderão também “gerar” energia no sentido da carga para a fonte e mesmo em sistemas de geração eólica, biomassa ou combustíveis fósseis quando a fonte injeta energia com fator de potência (FP) próximo a 100%. O comportamento relativo dos vetores que representam as potências ativa (P), reativa (Q) e aparente (S) nos quatro quadrantes define com clareza as situações associadas ao perfil de carga consumida e da GD conectada. Essas situações irão impactar o fator de potência horário do consumidor registrado pela distribuidora, a cobrança de excedentes de energia reativa e o modelo de sistema de compensação a ser implantado. As avaliações a seguir serão feitas apenas em 60 Hz, conforme definição do FP no Módulo 8 do Prodist-Aneel (potência ativa e potência reativa em quadratura).

### Os quatro quadrantes

A Figura 1 indica os quatro quadrantes (Q I a Q IV) que referenciam as posições dos vetores das potências. No caso ilustrado, as potências ativas e reativas estão no quadrante I, a potência gerada pela GD no quadrante Q II e a potência reativa injetada ou compensada por capacitores no quadrante Q IV. As resultantes variam de quadrante em função de suas composições.

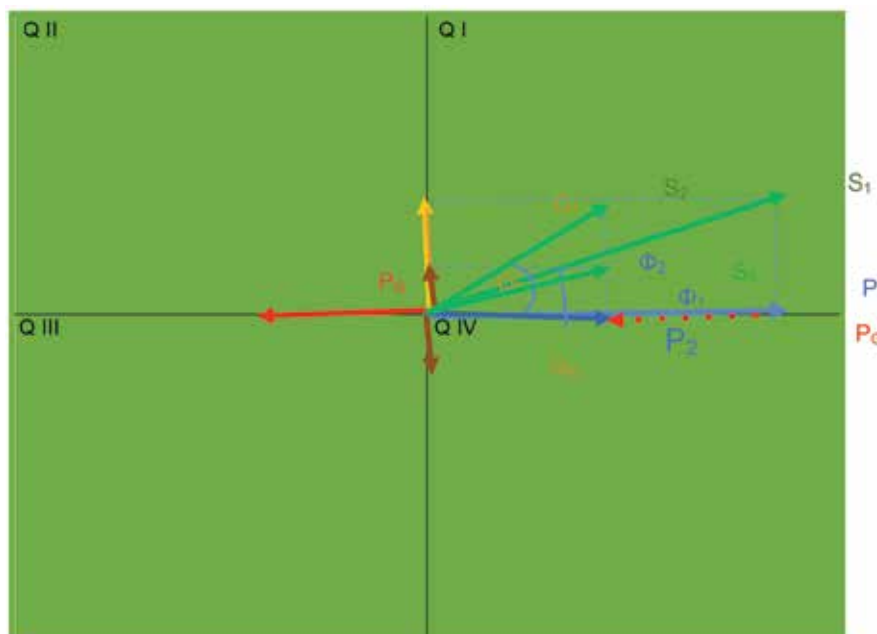


Figura 1 – Registro de potências nos quatro quadrantes.

Em que:

- P1 – Potência ativa da carga;
- PG – Potência ativa injetada pela GD;
- P2 – Potência ativa resultante;
- Q1 – Potência reativa da carga;
- Qinj – Potência reativa compensada por capacitores;
- Q2 – Potência reativa resultante;
- S1 – Potência aparente da carga na situação original (P1/Q1);
- S2 – Potência aparente com injeção da GD;
- S3 – Potência aparente com injeção de GD e compensação reativa;
- $\Phi 1$  – Ângulo de fase da carga;
- $\Phi 2$  – Ângulo de fase da composição carga e GD.

Como consequência das compensações variáveis das energias ativa (pela GD) e reativa (por capacitores), o ângulo de fase -  $\Phi$  em 60 Hz e o fator de potência assumirão valores conforme a dinâmica da carga, da energia injetada e do sistema de compensação reativa, se existente. Como as cargas e a energia injetada pela GD são normalmente variáveis, o sistema de compensação reativa também deve ser e as resultantes vetoriais nos quatro quadrantes assumem valores em função dessa composição instantânea e são integradas a cada hora conforme a Aneel 414, que prevê a tarifação do excedente de energia reativa abaixo reproduzidas de forma editada:

- Fator de potência: razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas em um mesmo período especificado;
- A integração das energias ativa e reativa são efetuadas em períodos de uma hora. Portanto, 720 a 730 intervalos por mês;
- O fator de potência de referência "fR", indutivo ou capacitivo, tem como limite mínimo permitido para as unidades consumidoras do grupo A o valor de 0,92. (Redação dada pela REN Aneel 569 de 23.07.2013);
- Aos montantes de energia elétrica e demanda de potência reativos que excederem o limite permitido, aplicam-se as cobranças estabelecidas nos arts. 96 e 97, a serem adicionadas ao faturamento regular de unidades consumidoras do grupo A, incluídas aquelas que optarem por faturamento com aplicação da tarifa do grupo B nos termos do art. 100. (Redação dada pela REN ANEEL 569 de 23.07.2013);
- Os valores correspondentes à energia elétrica e demanda de potência reativas excedentes são apurados conforme as seguintes equações:

$$E_{RE} = \sum_{T=1}^{n1} \left[ EEAM_T \times \left( \frac{f_R}{f_T} - 1 \right) \right] \times VR_{ERE}$$

$$D_{RE}(p) = \left[ \underset{T=1}{\overset{n2}{MAX}} \left( PAM_T \times \frac{f_R}{f_T} \right) - PAF(p) \right] \times VR_{DRE}$$

Sendo as variáveis resumidamente definidas (ver texto completo na resolução Aneel 414 no artigo 96):

- $E_{RE}$  = valor correspondente à energia reativa excedente;
- $EEAM_T$  = energia ativa medida em cada intervalo "T" de 1 (uma) hora, durante o período de faturamento;
- $f_r = 0,92$ ;
- $f_T$  = fator de potência calculado em cada intervalo "T" de 1 (uma) hora;
- $VR_{ERE}$  = tarifa aplicável para excedente de energia reativa;
- $D_{RE}(p)$  = valor da demanda de potência reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência "f<sub>R</sub>" no período de faturamento, em Reais (R\$);
- $PAM_T$  = demanda de potência ativa medida no intervalo de integralização de 1 (uma) hora "T", durante o período de faturamento, em quilowatt (kW);
- "PAF(p) = demanda de potência ativa faturável, em cada posto tarifário "p" no período de faturamento, em quilowatt (kW);
- $VR_{DRE}$  = valor de referência, em Reais por quilowatt (R\$/kW);
- T = indica intervalo de 1 (uma) hora, no período de faturamento;
- "p = indica posto tarifário ponta ou fora de ponta;
- n1 = número de intervalos de integralização "T" do período de faturamento para os postos tarifários ponta e fora de ponta; e
- n2 = número de intervalos de integralização "T", por posto tarifário "p", no período de faturamento.

Observando-se na Figura 1, as potências ativas P1, PG e P2, essa resultante da diferença de P1 e PG pode ser entendida como potências instantâneas ou se definidas conforme Aneel 414, demandas médias no período de uma hora, ou o saldo da energia ativa (diferença da gerada e consumida) neste período de uma hora, numericamente igual à demanda média. Notar que, caso a energia injetada pela GD seja superior àquela consumida pela carga e apesar da situação configurar um vetor no Q II, não se pode considerá-lo exatamente dessa forma pela definição da resolução

414, já que o fator de potência é calculado em função da energia resultante (sempre positiva). Contudo, a questão é interpretativa e a falta de regulação adequada a esse tema dificulta o entendimento, não físico, mas relacionado ao próprio modelo de faturamento.

As potências aparentes do conjunto variam em função do comportamento instantâneo (ou horário no caso de tarifação pela 414) e os valores variam de S1 para S2 em função da GD. O ângulo de fase  $\Phi 1$  muda para o ângulo de fase  $\Phi 2$  reduzindo o fator de potência do sistema conforme a conhecida relação trigonométrica do cosseno do ângulo.

Para essa compensação, pode ser necessário injetar potência reativa ( $Q_{inj}$ ) para se compensar o consumo de potência reativa excedente objetivando a readequação do ângulo de fase. Notar que, se previamente o sistema não possui compensação reativa (capacitores) por não ser necessário ou caso o consumidor preferir pagar o excedente, após a inserção da GD, o cenário muda sendo os novos valores a serem injetados superiores aos anteriores, portanto, caso já exista o sistema de compensação, deverá ser alterado e caso não existisse, certamente deverá ser instalado, conforme adiante desenvolvido.

### Exemplo:

A Figura 2 apresenta uma curva de carga típica industrial com demanda máxima de aproximadamente 300 kW e fator de potência que varia de 92% a 96%. Sob o ponto de vista de não pagamento de excedente de energia reativa, não há razões para que se implemente sistema de compensação de energia reativa (banco de capacitores).

A indicação FP1 indica o Fator de Potência natural da carga.

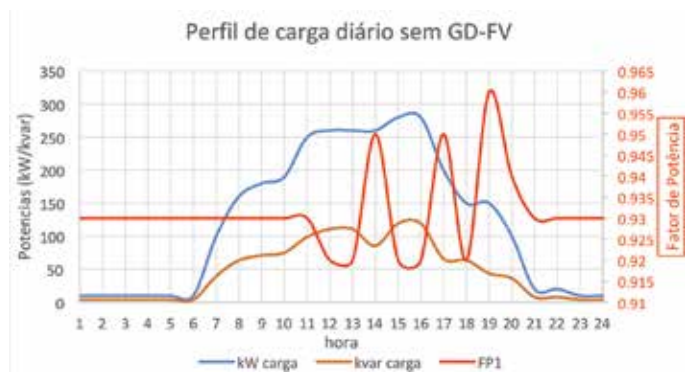


Figura 2 – Perfil de carga sem GD-FV.

Assumindo-se a potência ativa injetada no Q II, a curva de carga pode ser representada conforme mostra a Figura 3, com modelamento da potência injetada como negativa. A indicação FP2 indica o fator de potência modificado em função da injeção de potência ativa pela GD.

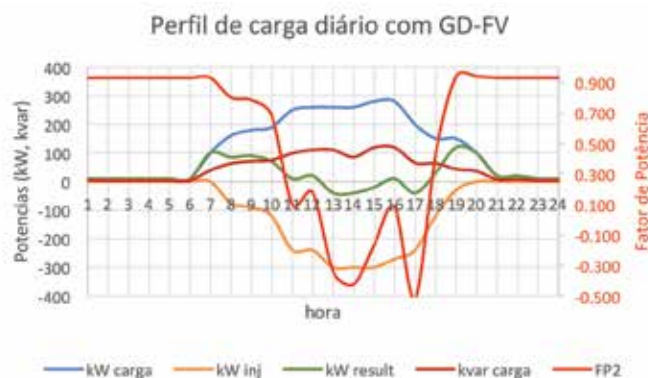


Figura 3 – Perfil de carga diário com GD-FV.

A Figura 4 apresenta o detalhamento da Figura 3 em período crítico.



Figura 4 – Detalhamento da Figura 3 em período de injeção de GD-FV.

Observa-se que o fator de potência registrado ao meio-dia ou às 15 horas chega a ser menor que 0,2 e a indicação de  $FP < 0$  indica que a energia injetada é maior que a consumida, uma interpretação matemática que prescinde de regulação. A situação é aleatória e depende da quantidade de potência ativa injetada pela GD ou uso de outra fonte, como exposto. A Figura 5 representa os vetores das potências ao meio-dia, e a Figura 6 às 15 horas.

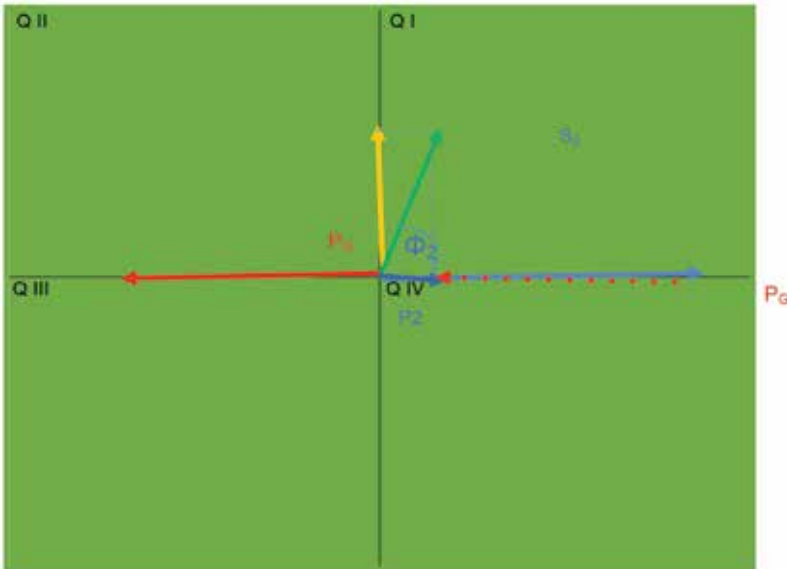


Figura 5 - Registro de potências ao meio-dia relacionado ao gráfico da Figura 3.

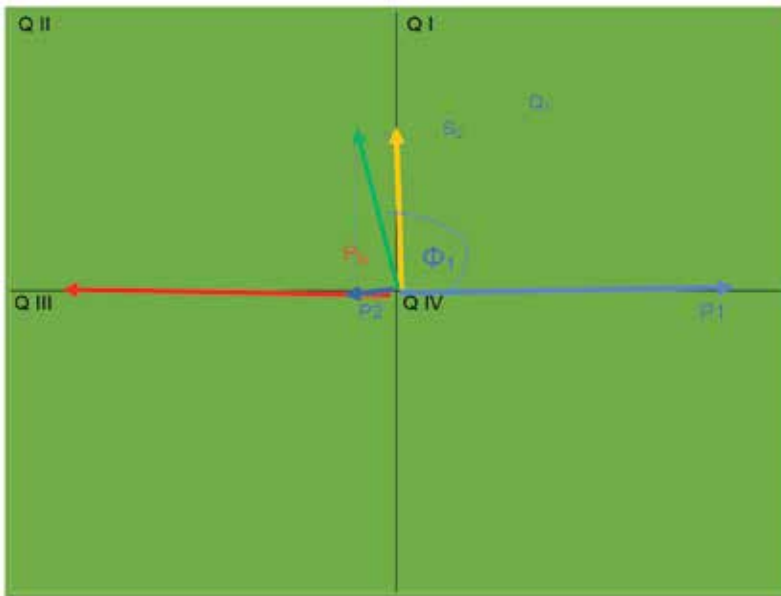


Figura 6 - Registro de potências às 15 horas conforme gráfico da Figura 3.

O que se observa é que, tanto no QI ou no QII, o fator de potência em situações de potência gerada próximas às consumidas pela carga atinge valores de fator de potência muito baixos e, caso a injeção da GD não seja efetuada com FP da ordem de 90%, deve-se prever um sistema de compensação reativa adequada.

Agradecimentos aos colegas por colaborarem com o artigo: Javier Aprea, da Aprea Engenharia; Claudio Puga e Ricardo Silva, da Landis Gyr; José Teodoro, da CPFL; e Prof. José Rubens Macedo Jr., da UFU.



# GigaLAN

Na Nortel você encontra as **Soluções Lan Furukawa Cat 6 e Cat 6A.**



Atendimento em todo o Brasil

**Nortel**

A Sonepar Company

www.nortel.com.br  
Shop.nortel.com.br



**Roberval Bulgarelli é engenheiro eletricista. Mestrado em Proteção de Sistemas Elétricos de Potência pela POLI/USP. Consultor sobre equipamentos e instalações em atmosferas explosivas. Representante do Brasil no TC-31 da IEC e no IECEx. Coordenador do Subcomitê SCB 003:031 (Atmosferas explosivas) do Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003/COBEI). Condecorado com o Prêmio Internacional de Reconhecimento IEC 1906 Award. Organizador do Livro "O ciclo total de vida das instalações em atmosferas explosivas".**



## A importância dos detalhes típicos de projetos elétricos e de instrumentação “Ex” - Parte 1/3

Uma das etapas iniciais dos empreendimentos relacionados com instalações em áreas classificadas é a fase de projeto (básico e de detalhamento) e de seleção de equipamentos elétricos, de instrumentação, de automação e de telecomunicações “Ex” a serem supridos e posteriormente instalados.

Os requisitos para a execução destas atividades estão descritos na Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-14 - Atmosferas explosivas - Parte 14: Projeto, seleção de equipamentos e montagem de instalações em áreas classificadas.

Um dos documentos normalmente elaborados na etapa de projeto e seleção de equipamentos “Ex” são os chamados “DETALHES TÍPICOS DE PROJETO”, que têm por objetivo apresentar a especificação técnica e a forma de montagem “típica” para diversos tipos de equipamentos “Ex” que são por sua vez de aplicação “típica”, como motores, luminárias, caixas de junção, botoeiras, motores, painéis de distribuição de circuitos de força, controle e instrumentação, tomadas de força e instrumentos transmissores, atuadores e posicionadores “Ex”.

Em muitos casos, as empresas que possuem áreas classificadas optam por contratar os serviços de empresas de projeto para o detalhamento dos projetos de elétrica, instrumentação, automação e telecomunicações “Ex”. Em alguns casos, dependendo das características do contrato com as empresas contratadas para a execução do projeto “Ex”, faz parte do escopo da empresa projetista a elaboração dos detalhes típicos de projeto “Ex”, com base na documentação disponível pela empresa de projeto ou considerando as diferentes experiências individuais de cada empresa projetista.

A colocação da elaboração dos detalhes

típicos de projeto no escopo das empresas projetistas não contribui para a padronização de materiais, uma vez que cada empresa de projeto pode possuir seus próprios detalhes de projeto, os quais podem ser diferentes dos detalhes de projeto elaborados por outras empresas de projeto, para outros projetos ou outras instalações. Isso acaba acarretando na indevida multiplicidade de tipos de equipamentos, produtos, componentes, tipos de proteção e métodos de instalação, resultando em uma despadronização de materiais e elevação dos níveis de estoque de componentes para reposição.

Além disto, as diferentes empresas de projetos podem possuir diferentes experiências em instalações em áreas classificadas, incluindo sistemas de distribuição de cabos por bandejas ou eletrodutos, especificação de materiais de instalação com especificações diversas (como por exemplo, materiais de instalação em aço inoxidável, aço galvanizado ou alumínio) instalações aparentes ou subterrâneas e equipamentos com diferentes tipos de proteção “Ex”.

No entanto, muitas empresas usuárias de equipamentos e instalações em áreas classificadas possuem seus próprios detalhes típicos de projeto “Ex”, desenvolvidos com o passar do tempo, de forma a consolidar as suas próprias experiências, boas práticas e lições aprendidas acumuladas ao longo do histórico de suas operações, muitas vezes colhidas em diferentes instalações, em diferentes localidades, com diferentes tipos de processo e diferentes influências externas.

A existência de detalhes típicos de projeto “Ex” próprios das empresas proprietárias dos equipamentos e das instalações “Ex” contribui também para a padronização de materiais, equipamentos ou componentes “Ex” a serem utilizados, bem como para a redução de itens de estoque, contribuindo para a redução de custos de

armazenamento e de gestão de ativos “Ex”.

Pode ser citado neste caso de padronização de detalhes típicos de projeto “Ex” o exemplo indicado na norma Petrobras N-2040 - Rev. F - Elaboração, Apresentação e Gerenciamento de Documentos de Projetos de Eletricidade - Procedimento. Esta norma é categorizada como “pública”, estando disponível para livre acesso na página “Canal Fornecedor” daquela Empresa, na Internet. Na norma sobre projetos de eletricidade são abordados requisitos específicos sobre os detalhes típicos de projeto a serem utilizados para fins de especificação dos equipamentos “Ex” como para a montagem de campo dos equipamentos “Ex”.

*“Seção 5.5.3 - Documentação Elaborada e Emitida pela Projetista no Projeto de Detalhamento de Eletricidade*

*NOTA 4: É recomendado que os detalhes típicos de instalações elétricas sejam elaborados, de preferência, pelos usuários do projeto, de forma a consolidar as suas boas práticas existentes ou padrões de suas instalações.*

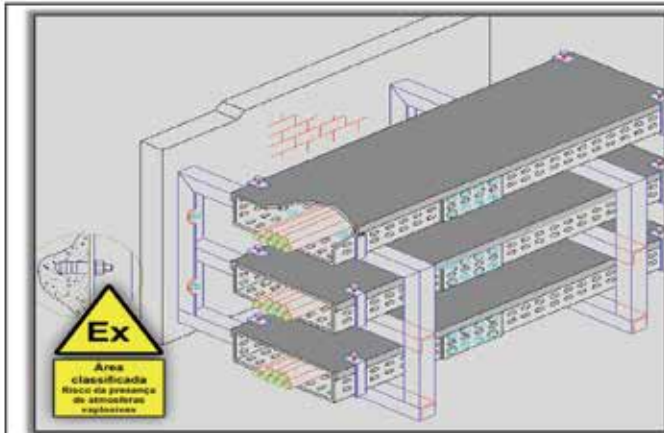
Dentre os conjuntos de desenhos de detalhes típicos a serem utilizados ou elaborados, incluem-se os seguintes: detalhes típicos de sistemas de iluminação, detalhes típicos de distribuição de força e controle e detalhes típicos de suportes e fixações. [Prática recomendada]”

São apresentados a seguir alguns exemplos que ilustram alguns detalhes típicos de projeto, elaborados por usuários de equipamentos e instalações em áreas classificadas, incorporando suas experiências, boas práticas e padronizações de equipamentos e componentes “Ex”. São apresentados também a seguir alguns exemplos

de montagem de campo de equipamentos elétricos e de instrumentação “Ex”, atendendo aos detalhes típicos aplicáveis utilizados na fase de projeto de detalhamento de instalações em áreas classificadas.

Os exemplos de detalhes típicos apresentados a seguir, utilizados por diversas empresas da indústria do petróleo e petroquímicas, tanto do Brasil como de outros países do mundo,

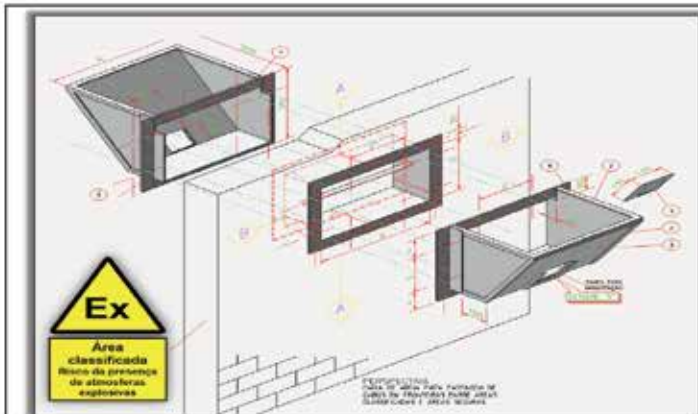
incorporam diferentes tipos de equipamentos elétricos e de instrumentação e diferentes tipos de proteção “Ex” disponibilizados no mercado por fabricantes de equipamentos “Ex”.



Exemplo de detalhe típico de projeto para montagem de sistema de distribuição de fiação de cabos em áreas classificadas por meio de bandejamentos e leitos.



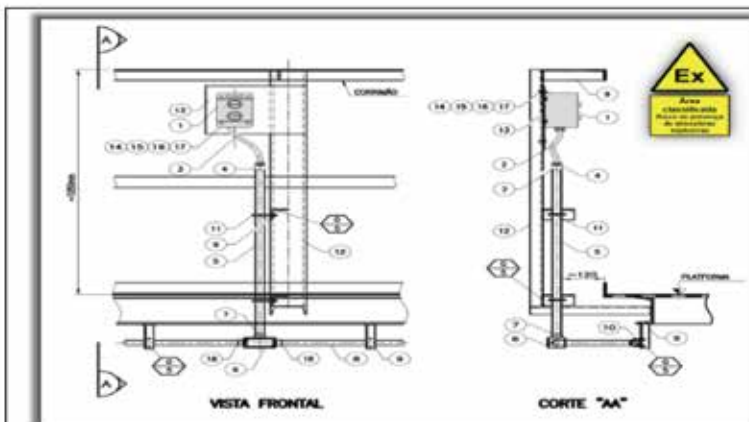
Exemplo de montagem de distribuição de cabos em áreas classificadas por meio de sistema de bandejamentos e leitos.



Exemplo de detalhe típico de caixas de areia para passagem de cabos para circuitos de elétrica, instrumentação, automação ou telecomunicações em região de fronteiras entre áreas classificadas e áreas não classificadas.



Exemplo de montagem de caixas de areia para passagem de cabos para circuitos de elétrica, instrumentação, automação ou telecomunicações em fronteiras entre áreas classificadas e áreas não classificadas.



Exemplo de detalhe típico de projeto para montagem de botoeira local de controle “Ex” com tipo de proteção “segurança aumentada” e componentes centelhantes “à prova de explosão com invólucro plástico”. Exemplo de marcações: Ex de IIC T6 Gb / Ex tb IIIC T85 °C Db.



Exemplo de montagem de botoeira local de comando Ex “de”. Ao fundo, exemplo de instalação de motor de indução trifásico com marcações Ex “eb”, Ex “ec” ou Ex “tb”.

**Ação Engenharia 43**

(11) 3883-6050

[www.acaoenge.com.br](http://www.acaoenge.com.br)**Brametal 37**[bonato@brametal.com.br](mailto:bonato@brametal.com.br)[www.brametal.com.br](http://www.brametal.com.br)**Clamper 4ª capa, Fascículos e Espaço Aterramento**

(31) 3689-9500

[comunicacao@clamper.com.br](mailto:comunicacao@clamper.com.br)[www.clamper.com.br](http://www.clamper.com.br)**Embrastec 6**

(16) 3103-2021

[embrastec@embrastec.com.br](mailto:embrastec@embrastec.com.br)[www.embrastec.com.br](http://www.embrastec.com.br)**Exponencial 52**

(31) 3317-5150

[comercial@exponencial.com.br](mailto:comercial@exponencial.com.br)[www.exponencialmg.com.br](http://www.exponencialmg.com.br)**Germer Isoladores 45**

(47) 98834-4197

[vendas@germerisoladores.com.br](mailto:vendas@germerisoladores.com.br)[www.germerisoladores.com.br](http://www.germerisoladores.com.br)**Gimi Pogliano 2ª capa, 3 e Fascículos**

(11) 4752-9900

[atendimento@gimipogliano.com.br](mailto:atendimento@gimipogliano.com.br)[www.gimipogliano.com.br](http://www.gimipogliano.com.br)**Intelli 3ª capa e Espaço Aterramento**

(16) 3820-1500

[intelli@intelli.com.br](mailto:intelli@intelli.com.br)[www.grupointelli.com.br](http://www.grupointelli.com.br)**Itaipu Transformadores 31**

(16) 3263-9400

[comercial@itaiputransformadores.com.br](mailto:comercial@itaiputransformadores.com.br)[www.itaiputransformadores.com.br](http://www.itaiputransformadores.com.br)**Neocable 27**

(11) 4891-1226

[www.neocable.com.br](http://www.neocable.com.br)**Nortel 59**

(19) 2102-7700

[www.nortel.com.br](http://www.nortel.com.br)**Onix Distribuidora 21**

(44) 3233-8500

[comercial@onixcd.com.br](mailto:comercial@onixcd.com.br)[www.onixcd.com.br](http://www.onixcd.com.br)**Paratec 47**

(11) 3641-9063

[vendas@paratec.com.br](mailto:vendas@paratec.com.br)[www.paratec.com.br](http://www.paratec.com.br)**Polar Macaé 7**

(22) 2105-7777

[vendas@polarb2b.com](mailto:vendas@polarb2b.com)[www.polarb2b.com](http://www.polarb2b.com)**Savan Iluminação 42**

(47) 3011-1064

[vendas@savanimports.com.br](mailto:vendas@savanimports.com.br)[www.savanimports.com.br](http://www.savanimports.com.br)**Stego do Brasil 55**

(12) 3632-5070

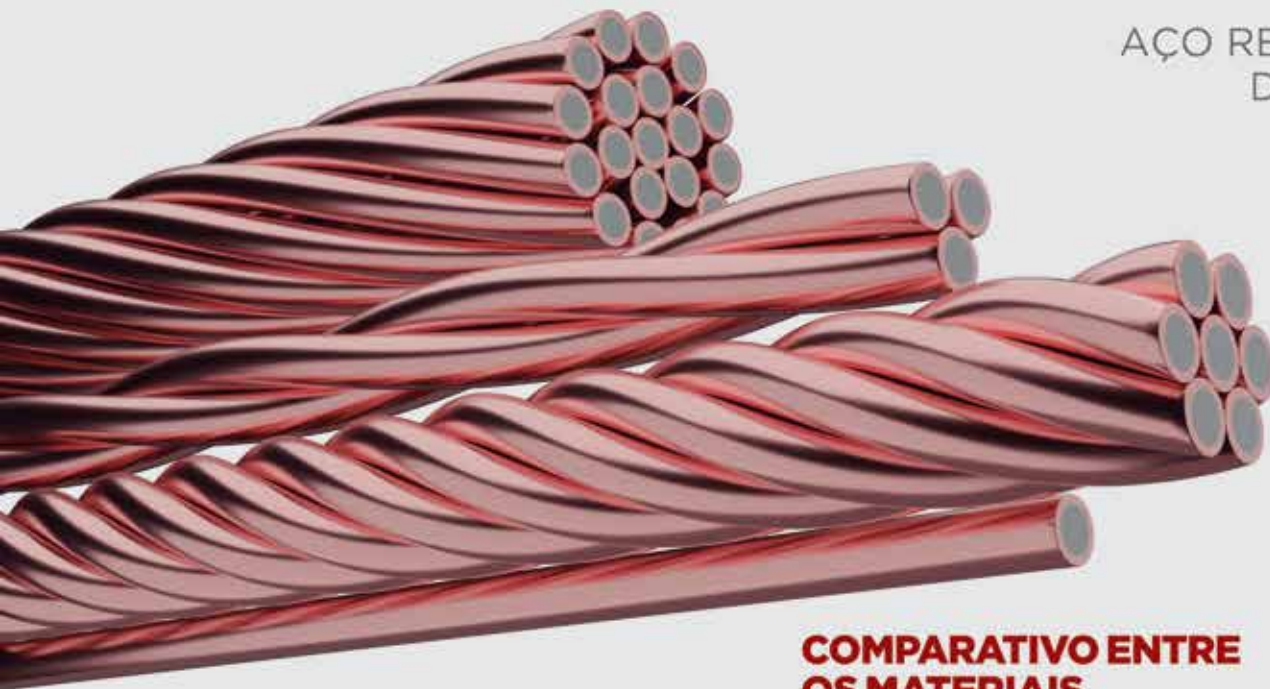
[info@stego.com.br](mailto:info@stego.com.br)[www.stego.com.br](http://www.stego.com.br)**Trael 53**

(65) 3611-6500

[comercial@trael.com.br](mailto:comercial@trael.com.br)[www.trael.com.br](http://www.trael.com.br)

# CS COPPERSTEEL®

AÇO REVESTIDO  
DE COBRE



DESESTIMULA  
O FURTO

## APLICAÇÕES



ATERRAMENTO PARA PARQUES  
SOLARES E EÓLICOS



MALHA DE ATERRAMENTO  
EM SUBESTAÇÕES



CONTRAPESO EM LINHAS  
DE TRANSMISSÃO



SISTEMAS DE ATERRAMENTO  
PARA DISTRIBUIÇÃO



SPDA PREDIAL E INDUSTRIAL

## COMPARATIVO ENTRE OS MATERIAIS

	COBRE	AÇO ZINCADO	AÇO REVESTIDO DE COBRE
Mesmos conectores dos sistemas de cobre	✓	✗	✓
Vida útil estimada de 40 anos	✓	✗	✓
Alta resistência mecânica e térmica	✗	✓	✓
Desestimula o furto (estoque, transporte e aplicado)	✗	✓	✓
Garantia de pureza e de bitola	✗	✗	✓
Viabilidade técnica e econômica	✗	✗	✓

## CONDUTIVIDADES

IACS: INTERNATIONAL ANNEALED COPPER STANDARD



21% IACS



30% IACS



40% IACS



53% IACS

Siga-nos nas redes sociais.



/grupo-intelli



/grupointelli



/grupo\_intelli



/grupointelli

GRUPO  
**INTELLI**

WWW.GRUPOINTELLI.COM.BR



— CONHEÇA A NOVA —

# CLAMPER Solar SB

**AINDA MAIS**  
VERSATILIDADE,  
INOVAÇÃO  
E DESIGN

- ✓ **Novo Design**, ainda mais moderno e compacto;
- ✓ Redução do **número de conexões** internas;
- ✓ **Sistema *push-in* e alavanca** para conexões elétricas mais rápidas e sem uso de ferramentas;
- ✓ **Versatilidade**, corrente por entrada de 20A;
- ✓ **Grau de proteção IP65**, proteção contra poeira e jatos de água.



Disponível nas versões

20A 2E-1S | 20A 4E-2S | 20A 4E-2S(4D) | 32A 1E-1S | 32A 2E-2S



clamper.com.br  
31 3689.9500

Especialista em Dispositivos de  
Proteção contra Raios e Surtos Elétricos

