



40ª EDIÇÃO CENTRO-OESTE GOIÂNIA-GO



IMPACTOS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO EM BAIXA TENSÃO

CASO PRÁTICO: CONHEÇA O CENTRO DE MONITORAMENTO DE GESTÃO DE ATIVOS DESENVOLVIDO PELA ELETRONORTE PARA OTIMIZAR A MANUTENÇÃO

Furto de cabos elétricos: por que é cada vez mais frequente?

Fascículos desta edição:

- Alicerces para a transformação e a digitalização do setor elétrico
- Técnicas preditivas para avaliação do sistema isolante de transformadores
- Cybersecurity: estratégia de resposta a incidentes
- Experiências dos primeiros sistemas de armazenamento em baterias no Brasil



8



GIMI POGLIANO BLINDOSBARRA

BARRAMENTOS BLINDADOS

anos

LANÇAMENTO!

Sistema de medição eletrônica completo

Barramento Blindado de média tensão

17,5/24/36kV, até 2500A

- Inovação
- Sustentabilidade;
- Tecnologia de ponta;
- Monitoramento em tempo real com **Smart Gimi**.

Barramento Blindado de baixa tensão

Caixas de medição metálicas ou em policarbonato





Atitude.editorial
atitude@atituedeeditorial.com.br

Diretores

Adolfo Vaiser
Simone Vaiser

Assistente de circulação, pesquisa e eventos

Henrique Vaiser – henrique@atituedeeditorial.com.br
Victor Meyagusko – victor@atituedeeditorial.com.br

Administração

Roberta Nayumi
administrativo@atituedeeditorial.com.br

Editora

Flávia Lima – MTB 40.703
flavia@atituedeeditorial.com.br

Reportagem

Fernanda Pacheco - fernanda@atituedeeditorial.com.br

Publicidade

Diretor comercial
Adolfo Vaiser

Contato publicitário

Willyan Santiago - willyan@atituedeeditorial.com.br

Direção de arte e produção

Leonardo Piva - atitude@leonardopiva.com.br

Consultor técnico

José Starosta

Colaboradores técnicos da publicação

Daniel Bento, Jobson Modena, José Starosta, Luciano Rosito, Nunziane Graziano, Roberval Bulgarelli.

Colaboradores desta edição

Aguinaldo Bizzo, Caio Huais, Carla Damasceno Peixoto, Danilo Ferreira de Souza, Fernando Belchior, Fernando L. Jung, Gadner Vieira, Getúlio Santos Junior, Guilherme Chrispim, Gustavo Vajda, Jan Knsaack, Jobson Modena, José Starosta, Leonardo Brito, Luciano Haas Rosito, Lúcio J. Motta, Luiz Carlos Catelani Junior, Markus Vlasits, Nunziane Graziano, Olívio souto, Paulo Edmundo F. Freire, Paulo Ribeiro, Roberval Bulgarelli, Rodrigo Leal, Rodrigo Sauaia, Ronaldo Kolozuk, Sérgio Silva, Thales Cyrino, Walter Aguiar e Yuri Andrade Dias.

A Revista O Setor Elétrico é uma publicação mensal da

Atitude Editorial Ltda., voltada aos mercados de Instalações Elétricas, Energia e Iluminação, com tiragem de 13.000 exemplares. Distribuída entre as empresas de engenharia, projetos e instalação, manutenção, indústrias de diversos segmentos, concessionárias, prefeituras e revendas de material elétrico, é enviada aos executivos e especificadores destes segmentos.

Os artigos assinados são de responsabilidade de seus autores e não necessariamente refletem as opiniões da revista. Não é permitida a reprodução total ou parcial das matérias sem expressa autorização da Editora.

Capa: Simulação de arco elétrico. Foto: Westex, a Milliken brand

Impressão - Referência Editora e Gráfica

Distribuição - Correios

Atitude Editorial Publicações Técnicas Ltda.

Rua Piracuaema, 280, Sala 41
Cep: 05017-040 – Perdizes – São Paulo (SP)
Fone - (11) 98433-2788
www.osetoreletrico.com.br
atitude@atituedeeditorial.com.br

Filiada à

anatec
www.anatec.org.br



Renováveis

ENERGIA COMPLEMENTAR

29 Suplemento Renováveis

Experiências dos primeiros sistemas de armazenamento em baterias no Brasil. E mais: setor de energia e a participação feminina; o cenário internacional e os preços da energia solar; os caminhos da eólica offshore no Brasil e os primeiros passos do hidrogênio verde.

4 Editorial

6 Coluna do consultor

A retomada do CINASE de forma presencial.

8 Painéis de mercado

Prysmian relança guia de dimensionamento de cabos isolados; ABB e ComBio fecham parceria para outsourcing de eficiência energética; Redução de IPI para iluminação pública; Novas soluções da Hitachi Energy. Estas e outras notícias sobre o mercado de engenharia elétrica no Brasil.

13 Fascículos

Manutenção 4.0
Segurança cibernética
Smart grids – redes elétricas inteligentes

40 Aula prática – Qualidade de energia

Impactos da geração distribuída fotovoltaica na tensão de uma rede de distribuição em baixa tensão.

48 Reportagem

Eletronorte cria centro de monitoramento para otimizar manutenção elétrica.

52 Guia setorial

Empresas de engenharia, consultoria, manutenção e instalação elétrica.

56 Espaço Aterramento

Modelos geoeletricos 3D ou 1D?

58 Espaço SBQEE

Fator de potência em prédio universitário com geração fotovoltaica.

62 Espaço Cigre-Brasil

Conheça os próximos eventos do Cigre-Brasil previstos para 2022 e 2023.

Colunas

- 64 Jobson Modena - Proteção contra raios
- 65 Luciano Rosito - Iluminação pública
- 66 José Starosta - Energia com qualidade
- 68 Roberval Bulgarelli - Instalações Ex

70 Dica técnica

Confira os resultados dos testes realizados em equipamentos com e sem o uso de DPS.

72 Opinião

Uma análise sobre o aumento do furto de cabos elétricos no Brasil.



Edição 189

Manutenção prescritiva e a Indústria 4.0

Você já ouviu falar em “manutenção prescritiva”? A boa prática da engenharia prega que, no mundo ideal, as manutenções preditiva e preventiva sejam aplicadas a fim de se garantir o bom comportamento e funcionamento de uma instalação. A primeira envolve observação, coleta de dados e análise prévia de sinais que podem indicar a ocorrência de falhas ou comprometimento do desempenho em breve, permitindo, assim, a intervenção antes de o problema acontecer. Para efeito de comparação, é quando fazemos o check-up do nosso veículo a fim de evitar danos ao seu desempenho, como troca de óleo, alimentação dos fluidos, troca de pneus etc. Já a segunda pressupõe ações programadas antes do surgimento de uma falha. É como a troca do óleo do carro no tempo recomendado pelo fabricante do insumo, normalmente, após 5.000 ou 10.000 quilômetros rodados. O terceiro tipo de manutenção já é um velho conhecido do setor elétrico, uma vez que a manutenção corretiva – aquela em que o reparo é feito somente após a falha – predomina em boa parte dos sistemas elétricos, especialmente, na distribuição.

Mas o cenário está mudando. Em virtude da Indústria 4.0 e seus conceitos e aparatos tecnológicos, o setor elétrico também tem sido influenciado e adotado muitas medidas que tornam o sistema não apenas mais eficiente, como mais inteligente e independente. Prova disso é o Centro de Monitoramento e Gestão de Ativos desenvolvido pela Eletronorte, que tem sido um forte aliado do Grupo no sentido de otimizar a manutenção, fornecendo suporte em tempo real e integral para tomadas de decisão dos gestores. Como mostra a reportagem publicada a partir da página 48 desta edição, o sistema fornece detalhes sobre o desempenho de equipamentos, como transformadores, reatores e geradores de energia, permitindo amplo conhecimento acerca do comportamento das instalações. O propósito é alcançar a desejada manutenção prescritiva, ainda novidade por aqui. Este modelo é o ponto mais alto na escala das manutenções, em que, por meio do uso maciço de tecnologia de dados, é possível conhecer o comportamento dos ativos, prever situações e tomar decisões cada vez mais assertivas.

Temos falado sobre o tema manutenção desde janeiro deste ano com um fascículo exclusivo para este debate. Além disso, nesta edição, destaco a publicação de mais um capítulo sobre redes inteligentes de energia, em que temos discutido a importância da modernização do setor elétrico para ser mais sustentável, digital e eficiente. No artigo deste mês, o autor explora os alicerces necessários para a edificação bem-sucedida de uma rede inteligente: segurança, padronização e alcance.

Por fim, convido o leitor à leitura do artigo de capa desta edição, que trata dos impactos da geração distribuída fotovoltaica na qualidade do fornecimento, em especial na rede de distribuição em baixa tensão. Trata-se de um tema polêmico, mas fundamental ser discutido para a construção de uma matriz renovável que cresce a passos largos, mas que ainda precisa alcançar maturidade técnica.

Boa leitura!

Abraços,

Flávia Lima

flavia@atitudeeditorial.com.br



Acompanhe nossos lives e webinars com especialistas do setor em nosso canal no YouTube:
<https://www.youtube.com/osetoreletrico>

WEGnology

IA

A INDÚSTRIA 4.0
NA PALMA DA
SUA MÃO.

ISSO É ■ ■ ■

WEGdigital

SOLUTIONS

IoT

M.E.S.

Através da união de tecnologia, processos e pessoas, criamos o **WEG Digital Solutions**. Um ecossistema que conecta e integra equipamentos e sensores, capaz de coletar e armazenar os mais diversos tipos de dados da indústria. Com ele, o monitoramento e a análise de informações podem ser realizados a qualquer hora e em qualquer lugar, agilizando e tornando mais assertivas as tomadas de decisões. **Isso é eficiência. Isso Indústria 4.0. Isso é WEG Digital Solutions.**

Conheça nosso blog



SISTEMA DE PÁRA-RAIOS PREDIAIS - SISTEMA COMPLETO



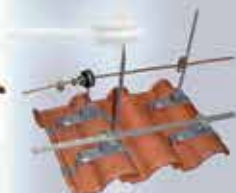
CAPTORES TIPO FRANKLIN



CONDUTORES DE ALUMÍNIO



SUPORE DE USO GERAL



SUPORE PARA TELHA DE CERÂMICA



SINALIZADORES



ATERRAMENTO



A SOLUÇÃO QUE PROTEGE

Dúvidas acesse o Site

www.paratec.com.br

ou ligue

Tel.: (011) 3641-9063

vendas@paratec.com.br



José Starosta é diretor da Ação Engenharia e Instalações e presidente da Sociedade Brasileira de Qualidade da Energia Elétrica (SBQEE). É consultor da revista O Setor Elétrico. jstarosta@acaoenge.com.br

CINASE Salvador: o sucesso na retomada

Todos estavam ansiosos pelos abraços, conversas e relacionamento “face to face”. Salvador foi o local escolhido e não poderia ter sido um lugar melhor. Uma terra com histórias empolgantes e emocionantes coleciona mais um feito.

A retomada dos encontros presenciais do CINASE, em sua 39ª edição, reuniu mais de 1.200 pessoas envolvidas em novos projetos e novas esperanças. Gente do mercado, da indústria, das revendas de materiais e equipamentos, de distribuidoras de energia, de laboratórios de P&D, consumidores de energia, de equipamentos, consultores, projetistas, instaladores, professores, estudantes e outros tantos difíceis de enumerar. Uma demonstração da força e pujança da retomada da economia brasileira. Um volume de temas com alta qualificação e diversidade.

Os assuntos tratados no CINASE envolveram a apresentação de projetos de altíssima qualidade, alguns deles foram premiados. Discussões ricas em essência complementadas por apresentação de projetos aplicados e desafios vencidos. Um verdadeiro passeio pela engenharia elétrica e sistemas associados.

Tudo parecia espantar o desânimo e a falta de confiança em um futuro melhor. O mercado e a livre iniciativa são assim, sempre se reinventando e criando oportunidades. Temos muito terreno a recuperar como antídoto ao “fique em casa”.

Vamos a Goiânia e a Campinas ainda em 2022, cidades igualmente espetaculares e cheias de vocação, onde, certamente, o sucesso de Salvador será repetido.

Vamos também às urnas, não só pelo dever cívico, e vamos esperar que os eleitos, sejam lá quem forem, não atrapalhem a iniciativa privada e saibam desde já que não representam a dividida população, talvez apenas uma pequena maioria.

Precisamos de boa sorte, muito trabalho e que venham para ajudar!



60
ANOS



Há **60 anos** contribuindo para o bem-estar das pessoas,
provendo continuidade e qualidade de energia



www.ROMAGNOLE.com.br

© f in v

Prysmian relança guia de dimensionamento de cabos isolados

Publicação oferece orientações técnicas a profissionais de instalação e se aplica a todos os tipos de cabos de média tensão

O Grupo Prysmian acaba de lançar uma nova versão do seu Guia de Dimensionamento de Cabos Isolados para Média Tensão. Trata-se de um material de consulta abrangente para profissionais do setor elétrico, sobretudo, para projetistas e instaladores na categoria de média tensão (acima de 1 kV até 36,2 kV).

Além de mais conteúdos em relação ao guia original, lançado em 2008, a nova publicação possui o diferencial de já estar alinhada à recente atualização da norma técnica que orienta e regula as instalações

elétricas de média tensão, a ABNT NBR 14039:2021.

Com referenciais para cabos tanto de cobre quanto de alumínio, o guia indica, entre outros tópicos, a como escolher a tensão de isolamento do cabo mais adequada ao sistema elétrico onde irá operar, passando pela determinação das seções do condutor e da blindagem metálica, levando em conta os critérios mais determinantes.

O manual se aplica a todos os tipos de cabos de média tensão, mas foi especialmente desenvolvido para auxiliar a aplicação de



cabos fabricados pela Prysmian e similares, auxiliando o cálculo de parâmetros elétricos.

O novo guia pode ser baixado neste link: <https://conteudo.br.prysmiangroup.com/dimensionamento-cabos-de-media-tensao>

Soluções completas
para a sua instalação elétrica
com até 5 anos de garantia

Barramentos blindados de média e baixa tensão

Cubículos de transformador
para uso ao tempo e abrigado para rebaixar a tensão

Sensor de monitoramento
de temperatura, vibração e umidade

Cubículos de média tensão até 36kV isolados a gás SF6 ou a Ar

Painéis de distribuição baixa tensão com classe 690V até 6300A com alta performance

Quadros de distribuição classe 750V até 250A e 10kA/1s

Grupogimi.com.br
vendas@gimi.com.br

Saiba mais

ABB e ComBio fecham parceria para oferecer outsourcing de eficiência energética

Modelo de negócios permite aluguel de soluções da ABB sem a necessidade de investimentos em ativos

A área de negócios de Motion da ABB no Brasil e a ComBio Energia fecharam uma parceria para facilitar o acesso de empresas instaladas no país a soluções inovadoras para elevar a eficiência energética. Pelo acordo, a ComBio passa a oferecer, por meio de contratos de locação – de curta, média ou longa duração – produtos da ABB, como inversores de frequência e motores elétricos, cubículos e soluções de automação para a substituição de equipamentos antigos, obsoletos e ineficientes, propiciando ganhos energéticos às instalações.

Um estudo global encomendado pela

ABB à Sapio Research revelou que 99% da indústria brasileira já está investindo ou planejando investir para tornar seu uso de energia mais eficiente. Além disso, 89% dos entrevistados esperam aumentar os investimentos na área, enquanto 51% planejam atingir o Net Zero em cinco anos. No entanto, 47% das empresas no país apontaram o custo como uma grande barreira para melhorar sua eficiência energética. Apesar disso, a economia de gastos foi o motivo mais importante para investir (71%), seguido por compromissos de sustentabilidade corporativa (69%).

Estudos independentes apontam que,

se os 300 milhões de sistemas acionados por motores industriais do mundo fossem substituídos por equipamentos otimizados e de alta eficiência, o consumo global de eletricidade poderia ser reduzido em 10%. Essa diminuição equivale a mais de 90% do consumo anual de toda a União Europeia.

Segundo os executivos, o foco é atender a indústria em geral. Setores com maiores potenciais são os de Papel & Celulose, Metalurgia e Siderurgia, Mineração, Cimento, Alimentos e Bebidas, Água e Saneamento, mas muitos outros podem se beneficiar desta parceria.

Antecipando o futuro para a sua **segurança**

Tecnologia e inovação da **Indústria 4.0** 

- Sem fio
- Sem bateria
- 100% sustentável
- Dashboard customizável
- Economia de recursos
- Sistema em nuvem (CLOUD)

Gimiservice.com.br

 @Gimiservice



Acesse o QRcode e Saiba mais




SOLUÇÃO PARA MONITORAMENTO DE TEMPERATURA, VIBRAÇÃO E UMIDADE



MONITORE SEU PARQUE SOLAR







MONITORE INTEGRALMENTE SUA INSTALAÇÃO

Hitachi Energy apresenta soluções com foco em sustentabilidade e digitalização

Produtos foram lançados durante evento internacional realizado pelo CIGRÉ, em Paris

Durante encontro com jornalistas realizado em 20 de setembro, a Hitachi Energy apresentou alguns dos produtos lançados no CIGRÉ Paris – evento global para sistemas de energia e novas tecnologias para o mercado. Confira algumas soluções destacadas pela empresa, com foco em sustentabilidade e aprimoramento de recursos digitais:

- **EconiQ:** portfólio ecoeficiente que, de acordo com a companhia, oferece um desempenho ambiental excepcional em comparação com as soluções convencionais. Com o lançamento, a Hitachi expande seu portfólio de alta tensão EconiQ, que elimina o hexafluoreto de enxofre (SF6). A linha também inclui transformadores ecoeficientes por design, otimizados para abordar a sustentabilidade;

- **Grid-eXpand:** soluções modulares pré-fabricadas de conexão de rede isoladas a ar e a gás, sendo projetadas, montadas e testadas na fábrica antes da entrega. A gigante de tecnologia afirma que as soluções são “prontas para energização rápida e fácil no local, reduzindo muito o tempo de instalação e acelerando a transição para um sistema de energia sustentável”;

- **IdentiQ:** soluções de gêmeos digitais para corrente contínua de alta tensão (HVDC) e portfólio de qualidade de energia, que permitem a colaboração digital entre equipes para acelerar a execução do projeto e minimizar riscos;

- **Informações de Inspeção Lumada:** portfólio de soluções digitais para inspeção, monitoramento e otimização de ativos críticos;

- **OceaniQ:** portfólio que aborda os desafios



exclusivos do ambiente offshore para reduzir custos, aumentar a segurança e melhorar a eficiência.

Além dos produtos anunciados durante o evento internacional do CIGRÉ, a companhia destacou também uma solução que já está sendo trazida ao mercado nacional: as buchas AirRIP flex, com a tecnologia Papel Impregnado com Resina (RIP). O modelo, que não utiliza óleo em sua construção, terá mais que o dobro de capacidade em comparação com as buchas produzidas até então, chegando a 550 kV, além de oferecer maior segurança na sua utilização e reduzir riscos ambientais. A produção será centrada na fábrica de Guarulhos (SP), fazendo do

Brasil o primeiro país da América Latina a confeccionar a peça.

O vice-presidente de Marketing & Sales da Hitachi Brasil, Glauco Freitas, destacou a característica ecológica das novas soluções: “o nosso propósito é promover um futuro de energia sustentável a todos. Por isso, temos que trabalhar para reduzir a emissão de gás carbônico na cadeia de valor”. Freitas ainda enfatizou a necessidade de o setor elétrico estar preparado para o aumento da demanda em um futuro próximo: “nossa expectativa é de que, em 2050, 50% da energia do mundo seja elétrica. Por isso, nós acreditamos e trabalhamos com a tese de que a energia elétrica será a espinha dorsal do sistema elétrico”.



A ENERGIA *do mercado nacional.*

Compromisso com o desenvolvimento do mercado de energia elétrica e com o Brasil.



Av. Sérgio Abdul Nour, 2106
Distrito Ind. II, 14900-000
Itápolis/SP - +55 16 3263 9400
itaiputransformadores.com.br



Por Fernanda Pacheco

Redução de IPI: decreto trará benefícios reais para a iluminação pública?

Medida levanta discussões acerca da qualidade da iluminação pública no País e quais ações seriam de fato eficazes para melhorá-la

Publicado pelo Governo Federal no final de julho deste ano, o decreto nº 11.158/2022 detalhou quais produtos fabricados no Brasil são aptos à redução de 35% do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI). Entre os itens contemplados pela medida, estão componentes e equipamentos para o segmento de iluminação pública, como drives, relés, base para relés e projetores, em especial, luminárias com tecnologia LED – cuja alíquota gravada na tabela TIPI é de 15%, passando para 9,75% com a decisão do Planalto.

As determinações do decreto – que chegou a ser temporariamente suspenso pelo Supremo Tribunal Federal (STF) e voltou a ter validade em 16 de setembro – trouxeram à tona uma série de discussões acerca da qualidade da iluminação pública no País, e quais medidas seriam de fato eficazes para melhorá-la.

A medida pode trazer benefícios reais aos consumidores?

O advogado especialista no segmento de iluminação pública, Alfredo Gioielli, explica que, ao detalhar os produtos que terão suas alíquotas alteradas, a nova edição do decreto esclarece a correta aplicação do IPI sobre o faturamento dos produtos industrializados, promovendo o avanço das medidas de desoneração tributária que vêm sendo estimuladas pelo Governo Federal. “Como o IPI é considerado um custo na composição do preço final do produto e o consumidor acaba suportando esse imposto, é correto afirmar que o preço final refletirá essa desoneração no momento da aquisição. A medida ajuda a ampliar a competitividade da indústria e também tem o objetivo de aumentar a produção desses produtos”, afirma.

Fomento ao uso de tecnologia LED

Apesar de encarar o decreto de forma positiva, o especialista acredita que ações além destas se fazem indispensáveis para tornar a iluminação pública brasileira mais eficaz e promover medidas como a implementação de lâmpadas com fonte de luz em estado sólido (LED) em luminárias de uso comum. Para ele, é necessário um esforço maior entre Governo Federal e Estadual para incentivar

a produção dessas tecnologias, não somente desonerando o IPI, mas também o ICMS: “estamos tratando de um produto que vai trazer economia de energia e será aplicado nos parques de iluminação das cidades trazendo segurança à população, o que cumpre a regra para efeitos da incidência do imposto da seletividade e essencialidade da mercadoria (art. 155, § 2º, inciso III da CF)”.

“Concorrência desleal”

Gioielli também explica que, atualmente, a indústria de luminárias e de componentes voltados à iluminação pública vem se mostrando preocupada em razão da vigência da Portaria Interministerial nº 4, de 30 de janeiro de 2020 (elaborada pelos Ministérios da Economia e da Ciência, Tecnologia e Inovações), que fixou o processo produtivo básico (PPB) para a produção de luminárias de LED na Zona Franca de Manaus.

“O PPB em Manaus, da forma como foi aprovado, afeta significativamente o equilíbrio inter-regional da indústria que não opera naquela região, uma vez que a produção desses produtos ocorre em maior escala fora da Zona Franca de Manaus, e concentra a produção de luminárias de maior valor agregado, aquelas destinadas à iluminação pública e ao setor industrial. Embora o Decreto nº 11.158/22 venha a conceder 35% de redução no IPI, entendo que ainda é muito distante aos incentivos fiscais concedidos à Zona Franca, caracterizando com isso uma concorrência desleal com grande parte da indústria que não está instalada em Manaus, prejudicando a competitividade e uma maior produção em escala desses produtos em outras regiões”, avalia o advogado.

Panorama da iluminação pública brasileira

Ao avaliar os caminhos adotados pelo País em termos de iluminação pública, Alfredo Gioielli é enfático ao afirmar que o modelo de gestão utilizado por muitas prefeituras, baseado na Lei 8.666/93 – que estabelece normas gerais sobre licitações e contratos administrativos – se trata apenas de um “mero mecanismo de troca de lâmpadas em uma disputa predatória nas licitações sem compromisso com a qualidade dos produtos, não havendo

comprometimento do particular para uma gestão completa dos sistemas de iluminação pública muito menos indicadores de desempenho para mensurar a execução contratual”. Para ele, poucas prefeituras conseguem fazer uma gestão eficiente ainda nesse modelo.

Na visão do consultor, são as concessões administrativas via Parcerias Público-Privada (PPPs) que fazem com que o poder público exija mais da iniciativa privada, inclusive com a contratação de verificadores independentes para acompanhar o desempenho do contrato. “A expectativa é que esse modelo de gestão delegada à iniciativa privada, que hoje conta com aproximadamente 70 contratos assinados, triplique nos próximos anos e acelere a substituição de equipamentos obsoletos para novas tecnologias que reduzem o consumo. A entrada de grandes bancos como BNDES e Caixa Econômica Federal, desde 2017, criou uma estruturação mais qualificada nos editais trazendo mais confiança aos investidores nesse segmento”, afirma.

Gioielli conta que, atualmente, é responsável pela assessoria de cerca de dez contratos de PPPs nas principais cidades brasileiras, o que representa um total de 1.342.865 pontos de luminárias públicas, de um total estimado em 18 milhões.

O advogado ainda declara que há um consenso entre as concessionárias de que esse modelo permite incorporar as novas tecnologias, em especial aqueles editais que exigiram a implantação de sistemas de telegestão (gerenciamento de rede de iluminação por meio de hardwares e softwares) em todos os pontos de iluminação das cidades. “O consumo da iluminação pública é realizado por estimativa, porém, desde julho deste ano, por meio da Resolução nº 1.000/2021 da Aneel, as distribuidoras devem instalar equipamentos de medição nas instalações de iluminação pública, seguindo os padrões previstos no art. 465 da regulamentação. Tanto o sistema de telegestão quanto os equipamentos de medição instalados pelas distribuidoras vão permitir a possibilidade de dimerização – controle do fluxo luminoso – da iluminação de todas as vias, trazendo uma economia maior no consumo de energia, já que a instalação da luminária LED contribui com essa redução em até 50%”, conclui.

14 REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES

O setor elétrico em todo o mundo está caminhando a passos largos em direção à transição energética. Os desafios são muitos, mas os avanços até aqui têm mostrado que é possível um mundo mais digital, descentralizado e descarbonizado. As redes inteligentes de energia estão no cerne deste movimento e sobre elas falará este fascículo de 4 capítulos iniciado na edição anterior e que hoje traz o seguinte debate:

Capítulo II – Desafios na construção das redes inteligentes: alicerces para a transformação e digitalização do setor elétrico

Por **Gadner Vieira**

- Segurança;
- Padronização;
- Alcance;
- Economicidade.



20 MANUTENÇÃO 4.0

Cada vez mais, a manutenção de instalações de média e alta tensão incorpora hardwares, softwares e inteligências que auxiliam na organização, no controle e na eficiência dos processos, eliminando prejuízos e conferindo mais agilidade aos mantenedores. Esta série de 8 capítulos, coordenada pelo engenheiro Caio Huais, gerente nacional de manutenção no Grupo Equatorial Energia, discorre sobre a chegada da chamada “Manutenção 4.0”, passando por aspectos conceituais e práticos.

Capítulo VI – Técnicas preditivas para detecção de falhas e avaliação do sistema isolante de transformadores de potência

Por **Yuri Andrade Dias e Caio Cezar Neiva Huais**

- Ensaios físico-químicos de óleo isolante;
- Análise de gases dissolvidos em óleo isolante;
- Grau de polimerização do papel;
- Conclusões.



26 SEGURANÇA CIBERNÉTICA

A transformação digital tem revolucionado o mundo que conhecemos. Neste ambiente de constante evolução, é preciso aproveitar as oportunidades e monitorar os riscos. Um deles diz respeito à segurança cibernética, tema que tem preocupado gestores de todos os setores, incluindo o elétrico. Por isso, é tema deste fascículo de 8 artigos sob o comando de Rodrigo Leal, assessor da Diretoria de Operação da Chesf.

Capítulo VI – A importância de se ter uma estratégia de resposta a incidentes

Por **Thales Cyrino e Rodrigo Leal**

- Preparação e identificação;
- Contenção e erradicação;
- Remediação e lições aprendidas.



Redes elétricas inteligentes

Por *Gadner Vieira**

Capítulo II

Desafios na construção das redes inteligentes: alicerces para a transformação e digitalização do setor elétrico

Os desafios e crises energéticas, que já eram uma preocupação na última década, tornaram-se preocupações ainda mais graves e maiores nos últimos anos. Com a pandemia e, mais recentemente, com as questões do conflito entre Ucrânia e Rússia, os receios e as dúvidas sobre a capacidade dos sistemas energéticos quanto às condições de fornecimento adequado em termos de disponibilidade, qualidade, abundância e custos razoáveis ficaram ainda mais importantes. O capítulo I explorou importantes conceitos e informações sobre como as redes inteligentes se tornaram um instrumento relevante que pode contribuir para amenizar os impactos destes desafios. Recomendo a leitura do capítulo I deste fascículo publicado na edição anterior deste veículo.

Segundo o relatório “Força-Tarefa de Redes Inteligentes na União Européia - Grupo de Especialistas 1 (EU Commission Task Force for Smart Grids – Expert Group 1: Functionalities of smart grids and smart meters - Final Deliverable)”, de setembro de 2010, uma rede inteligente é definida como: “uma rede elétrica que pode integrar de forma econômica o comportamento e as ações de todos os usuários a ele conectados – geradores, consumidores e aqueles que fazem as duas coisas – a fim de garantir um sistema de energia economicamente eficiente, sustentável, com baixas perdas e altos níveis de qualidade e segurança de abastecimento ...”

Esta definição chama a atenção para alguns importantes predicados: economicamente eficiente, pequenas perdas e altos níveis de qualidade e segurança. Neste segundo capítulo, serão explorados alguns aspectos associados à escolha e ao uso da

tecnologia da informação e comunicação (TIC) para permitir que sejam construídos os alicerces para as redes inteligentes, que serão fundamentais para a pavimentação desta transformação e digitalização do setor elétrico.

Para tornar a leitura mais simples, em alguns momentos, será feito um paralelo entre o processo de implementação da infraestrutura de TIC para as redes inteligentes e o processo de construção de edificações, em que a montagem dos alicerces e a construção dos pisos térreo e subsolo serão equivalentes a esta base, sendo fundamentais para permitir a edificação dos demais andares do projeto. Por sua vez, os andares e os demais pisos representam os diversos dispositivos, as funcionalidades, as aplicações e os sistemas, os automatismos e a inteligência que podem ser edificados na base, permitindo que a rede tradicional elétrica se transforme em uma rede inteligente.

Para realizar esta edificação de forma bem-sucedida é importante e fundamental ter alicerces que irão garantir que toda a propriedade e seus vários andares possam ser construídos de forma estável, segura e economicamente viáveis. Vários tipos de alicerces podem ser listados, neste capítulo serão discutidos e analisados três deles, que podem ser considerados fundamentais: segurança, padronização e alcance. Estes alicerces devem estar fixados e amarrados em uma base de apoio que garantirão que eles suportem todas as funcionalidades, forças e movimentos que a edificação sofrerá ao longo de sua existência. Este terreno e base de apoio é caracterizado como economicidade do projeto e da obra.

SEGURANÇA

A segurança não é apenas um bordão atual associado à tecnologia. Desde sempre o setor elétrico foi desenvolvido e construído considerando que a segurança da operação estivesse presente e que fosse, de preferência, infalível. Afinal de contas, a energia tem um papel fundamental associado à vida das pessoas e a preservação da vida é uma condição inegociável neste setor.

Analisando o alicerce segurança sob a ótica das redes inteligentes, a complexidade cresce de forma exponencial, pois agora não se aplicam somente as questões associadas a equipamentos e componentes concretos e tangíveis, mas também os componentes e aspectos difusos, virtuais e intangíveis.

A segurança cibernética, ou cybersecurity, necessária para as redes inteligentes, é muito mais complexa, com uma extensão e permeabilidade muito grandes. Os sistemas e sensores que estão sendo implementados e adotados têm uma infinidade de funções que geram milhares de dados e ações, ou comandos, por isso, eles se conectam e integram em diversas áreas e especialidades, como se fossem os cômodos e andares.

Somente ter portas, acessos, janelas, fechaduras e trancas comuns não é o suficiente e capaz de garantir a integridade e precisão necessária para estas aplicações. É necessário criar múltiplos níveis de controles de acesso, de verificação, de autenticação, de barreiras

contrafogo (firewall), de confirmação, de codificação e criptografia, de geração de evidências e registros (logs) para permitir que todas as etapas de coleta, transporte, interação internas e externas, manipulação e processamento dos dados, ocorram de forma segura, com eficiência e com custos razoáveis.

A implantação dos procedimentos, processos e sistemas segurança cibernética de forma isolada ou em um único momento não é suficiente. A melhor prática neste alicerce é entender que a segurança não é suficiente e que sempre tem que ser revisitada, testada e ampliada para garantir que os riscos sejam os menores possíveis, e que, mesmo quando brechas sejam encontradas, ou falhas espontâneas ou motivadas ocorram, o sistema de segurança deve apontar e registrar com o máximo de urgência e detalhes, pois, somente assim será possível depurar e buscar a próxima etapa de evolução da segurança.

Construir um sistema com rede inteligente segura não é uma tarefa simples e fácil. Existem muitas fraquezas e vulnerabilidades que devem ser estudadas, identificadas e analisadas para selecionar os componentes das redes inteligentes que já tenham na sua concepção e desenvolvimento esta preocupação e que implementem sistemas de segurança, que, além de atuar sob este alicerce, também atuem e façam parte dos componentes que fundamentam os outros dois alicerces, especialmente os associados à padronização para que um alicerce não invalide o outro.



SE PASSA COBRECOM,
PASSA **SEGURANÇA**

047-3 004020/2017 OCP-0004 IFC/COBRECOM CABO FLEXICOM

FLEXICOM ANTICHAMA 450/750 V

É O CABO FLEXÍVEL DA COBRECOM COM CLASSES DE ENCORDAMENTO 4 E 5, ISOLADO EM PVC PARA 70 °C E INDICADO PARA INSTALAÇÕES INTERNAS FIXAS INDUSTRIAIS, COMERCIAIS E RESIDENCIAIS DE LUZ E FORÇA. SUA FLEXIBILIDADE ALIADA A ALTA TECNOLOGIA GARANTE SEGURANÇA PARA TODA INSTALAÇÃO.

Cobrecom

(11) 2118-3200 | @cobrecom - www.cobrecom.com.br

PADRONIZAÇÃO

A complexidade das redes elétricas, por natureza, já requer a construção de sistemas e dispositivos complexos com diversos componentes que necessitam se conectar e integrar entre si. Devido a esta transformação para redes inteligentes, novos e mais complexos sistemas, componentes, sistemas de comunicação e outros dispositivos são adicionados às redes elétricas.

Para garantir que todos estes diversos componentes possam conectar e integrar os sistemas e as redes existentes, é necessário que padrões globais de fato sejam adotados. Estes padrões devem ser, comprovadamente, abertos e proverem em sua arquitetura acessibilidade e facilidade para adotá-los com suporte a escalabilidade. Adotando-se estas diretrizes da padronização de forma adequada, a construção das redes inteligentes permitirá que novos e maiores volumes de dados possam ser recebidos e processados, que novos controles e comandos sejam executados e com melhores resultados e performance atingidos.

Existem milhares de padrões globais desenvolvidos e definidos por várias organizações internacionais e nacionais relacionadas a engenharia, energia, tecnologia da informação e telecomunicações, como ISO, IEC, IEEE, UIT, ETSI, NIST, ANSI, ABNT, entre outras. A premissa é que estas normas e padrões ajudem a garantir que as interfaces e as diversas camadas da arquitetura destes componentes sejam passíveis de conexão de forma interoperável.

Segundo o Instituto Nacional de Padrões e Tecnologias dos Estados Unidos (NIST - National Institute of Standards and Technology) no documento: “NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 3.0 – 2014”, a interoperabilidade é definida como a capacidade de sistemas, dispositivos, aplicativos, dados e pessoas trabalharem juntos dentro e além das fronteiras organizacionais para alcançar os resultados desejados. Desta forma, no contexto de uma rede inteligente, a interoperabilidade é a capacidade de diferentes partes da rede, incluindo geração, transmissão, distribuição e equipamentos do lado do cliente, de: (i) comunicar-se entre si de forma transparente e segura; (ii) compartilhar as informações e recursos; e (iii) colaborar para otimizar as operações da rede.

A tarefa de exigir e garantir a interoperabilidade não é simples. Não basta apenas listar e exigir atendimento aos padrões, é necessário selecionar de forma bastante criteriosa os padrões necessários ao seu sistema para garantir o melhor resultado operacional, a liberdade e a independência para seleção de fornecedores, flexibilidade para combinar e montar arranjos com diversas formas e componentes, e que exista a garantia de que as futuras evoluções e modernizações ocorram, mantendo sempre a compatibilidade com os sistemas já em operação.

Buscar garantir a interoperabilidade em todas as camadas da rede inteligente com a adoção de padrões globais e abertos será, de fato, chave para permitir que uma infinidade e multiplicidade de dispositivos e sistemas possam ser incorporados, trazendo os benefícios da economicidade devido a possibilidade da diversidade de fornecedores.

ALCANCE

A rede elétrica está espalhada e chega a quase todos os lugares para que as pessoas, as empresas e as atividades relacionadas a viver, produzir e desfrutar possam ocorrer de forma tranquila e ordenada. Por décadas, os sistemas elétricos associados a geração, transmissão e distribuição foram evoluindo e se transformando para atender às diversidades geográficas e ambientais, permitindo assim que qualquer lugar possa receber com qualidade e segurança a energia elétrica.

Esta complexidade requer que a conectividade destes dispositivos e sistemas atenda a uma grande quantidade de elementos, muitas vezes, milhares ou até milhões, que estão espalhados em áreas extremamente distantes, e por vezes nem tão distantes, mas com um adensamento gigantesco.

Esta complexidade de área de cobertura versus adensamento, é realidade em todo o mundo. As tecnologias que forem selecionadas para construir a conectividade dos sistemas das redes inteligentes devem ter capacidade e demonstrações concretas de que conseguem, de forma economicamente viável, dar conectividade e cobertura a esta diversidade, entregando aspectos importantes, como capacidade, banda, velocidade, performance, latência adequada, confiabilidade para garantir disponibilidade, segurança dos dados e garantindo a integridade deles, e que estes dados estejam disponíveis dentro do tempo requerido para análise, tomada de decisão e ação.

As definições de tecnologia e modelo, que podem até ser mistas, devem proporcionar a mais completa e melhor alternativa para atender, simultaneamente, a regiões metropolitanas com alta densidade de sensores (p.ex. medidores inteligentes), como paralelamente regiões suburbanas e rurais onde a densidade é muito baixa ou quase unitária. Também devem ter capacidade, ou banda de comunicação, velocidade e latência capazes de atender aos diversos requerimentos das aplicações potenciais, como operação e automação da distribuição, medição, gestão de ativos, gestão de equipes de campo, sistemas de voz e vídeo e sistemas para interconexão de redes de comunicação (backbone ou backhaul).

O Brasil é um país com dimensões continentais e que possui uma grande diversidade de estruturas e arranjos urbanos e rurais. O processo de análise e escolha das tecnologias e arquitetura é

PROTEÇÃO EM QUADROS ELÉTRICOS

CLAMPER

LÍDER E ESPECIALISTA
EM DISPOSITIVOS DE
PROTEÇÃO CONTRA
RAIOS E SURTOS
ELÉTRICOS



CONHEÇA NOSSA LINHA COMPLETA

**CLAMPER Connect, CLAMPER Front Mini, CLAMPER Front (classe II),
CLAMPER Front (classe I/II), CLAMPER Front (classe II) bipolar,
CLAMPER Front (classe II) tripolar.**



clamper.com.br
31 3689.9500

Especialista e líder em Dispositivos de
Proteção contra Raios e Surto Elétricos



fundamental para o atendimento das redes e dos sistemas de comunicação de dados para as redes inteligentes. Dessa forma, outros importantes aspectos a serem analisados são os relativos ao investimento, implantação e manutenção destes sistemas de redes de comunicação ao se construírem redes privadas, já que as despesas ou custos de operação, suporte, sustentação e manutenção ficam sob a responsabilidade do usuário do próprio sistema, ou em alguns casos com as áreas internas de TIC da empresa. Por outro lado, temos as redes públicas implementadas, geridas por operadores especializados, como as empresas de telecomunicações, em que todo o esforço e recursos estão somente atrelados ao uso da conectividade e da comunicação de dados, sendo o investimento e os custos operacionais incorporados na cobrança para o fornecimento destes serviços de comunicação de dados.

Ainda sobre este aspecto, é importante avaliar a possibilidade de se implantar modelos híbridos de rede (redes públicas e privadas) que minimizem os aspectos de investimento em um primeiro momento, devido aos volumes de sensores a serem conectados ainda serem pequenos e também porque carregam uma grande dispersão geográfica e que futuramente possam, quando viável financeiramente, migrar para uma rede própria ou privada, justificando assim o investimento e compartilhamento desta infraestrutura por um maior número de sensores e de diferentes aplicações.

O reconhecimento dos custos de telecom como OPEX no modelo regulatório do setor elétrico brasileiro seria uma alteração muito importante para propiciar às concessionárias uma escolha do modelo ideal e mais adequado de rede às suas necessidades. O não reconhecimento deste custo no modelo, hoje, obriga as concessionárias a pensar e a adotar apenas modelos de rede privada, mesmo que não seja a melhor escolha para a sociedade.

Uma última ponderação a ser feita está associada à dimensão da capacidade atual e evolutiva da infraestrutura a ser adotada para garantir uma alta capacidade de conectividade e comunicação de dados, com diversas alternativas de banda, velocidade e latência, pois as redes inteligentes estão ainda na primeira versão no Brasil, e em alguns lugares do mundo, já estão na segunda ou terceira versão. Sendo assim, é importante entender como aproveitar o esforço de implantação para dar um salto e já entrar nas tecnologias, arquiteturas e modelos de operação e gestão de rede, que podem representar um salto no Brasil, mas que principalmente garantam que novas necessidades e requerimentos possam ser atendidos com esta mesma tecnologia selecionada e implantada hoje e resilientes por mais de dez anos.

Poderia se discutir inúmeras tecnologias e alternativas, algumas até que já não existem mais, e outras extremamente novas e que ainda estão em alguma fase do seu desenvolvimento, mas certamente

não seria possível ser conclusivo, pois tecnologia por tecnologia se desenvolve, se adota e se abandona. Por isso, o aspecto importante associado ao alcance a ser observado e que é sugerido dar extrema importância é garantir que a escolha feita para construção deste alicerce leve em consideração que a tecnologia esteja comprovada, esteja em uso em uma escala muito grande e global e que atenda o maior número de usos e aplicações, confirmando assim que o trinômio cobertura x escala x capacidade seja plenamente atendido.

ECONOMICIDADE

O investimento é limitado e tem que ser feito para buscar os melhores resultados, qualidade, eficiência e performance. No processo de selecionar as alternativas que vão solucionar os problemas de negócios, muitas vezes, opta-se pelo mais simples e menos oneroso. Outras vezes elege-se o mais oneroso, ou até luxuoso, o que pode parecer ser capaz de atender a tudo e todos.

A verdade é que ambas as alternativas e extremos não se configuram como as melhores escolhas, a qual seria encontrar a melhor combinação entre funcionalidade, flexibilidade, segurança, padronização e alcance para que o custo da solução possa ter um valor que esteja apropriado aos benefícios do sistema e os resultados operacionais e financeiros que podem ser capturados.

Muitas das decisões ignoram que os alicerces devem receber um bom investimento, mas também tem que ser mantidos, operados, gerenciados e, ao longo do tempo, diferentemente das construções convencionais que conhecemos, eles devem ser ajustados, atualizados ou substituídos para permitir que novas aplicações possam ser agregadas nesta edificação.

Às vezes, erroneamente algumas alternativas são consideradas como complexas ou “caras”, mas a funcionalidade, a resiliência, a durabilidade ao longo de vários anos e a flexibilidade para se adaptar e permitir que novas aplicações possam ser implementadas para resolver os mesmos problemas de negócios de forma diferente – ou resolver novos problemas – é uma parte muito importante do processo decisório.

Não se pode esquecer que toda solução tecnológica tem custos de operação e manutenção ao longo da existência do projeto e da vida do sistema. O investimento já é um montante significativo, mas conforme são escolhidas as diferentes alternativas de tecnologia para implementar as redes inteligentes, sempre considerando a segurança, a padronização e o alcance, não se pode deixar de considerar que todas as alternativas têm um custo operacional, e que cada vez mais, este custo de operação é mais significativo, pois manter a edificação e o condomínio plenamente operando e atendendo aos seus condôminos não é uma tarefa simples e barata.

Para buscar a melhor economicidade, é importante buscar

alternativas que primem pela escala, pela interoperabilidade e que possam transferir parte dos custos associados à operação e manutenção para uma escala maior e compartilhada. Isto irá liberar o usuário e o operador da rede elétrica para a se dedicar às áreas que são diretamente relacionadas com o negócio de energia.

CONCLUSÃO

Considerando os desafios associados à disponibilidade da energia, atualmente amplificados pelos desafios globais que os países estão enfrentando, é fundamental que novos recursos energéticos, novos modelos, estruturas do sistema elétrico e que maior flexibilidade e eficiência sejam suportados pelas redes elétricas inteligentes.

Adotar tecnologias e sistemas que atendam da melhor forma os alicerces associados à segurança, à padronização e ao amplo alcance será fundamental para garantir implantação economicamente viável e com o adequado custo total de propriedade de uma plataforma para as redes inteligentes que atendam às aplicações que permitirão

a transformação e a digitalização do setor elétrico.

Esta transformação ocorrerá fortemente na distribuição de energia em um primeiro momento, mas também em paralelo, nos sistemas de transmissão e geração (centralizada ou distribuída), permitindo assim trazer ainda mais qualidade, segurança, capacidade de fornecimento, melhor gestão do sistema e da escassez, com mais eficiência energética e com um menor custo total de propriedade, atendendo plenamente aos requisitos regulatórios.

**Gadner F. Vieira é bacharel em Ciência da Computação, possui MBA Internacional pela USP-FIA e mestrado em Tecnologia de Informação e Administração de Empresas pela FGV-SP. Atua como consultor em Tecnologia da Informação, Energia, Redes Inteligentes, Cidades Inteligentes e Eficiência Energética. Atualmente desenvolve Negócios e Projetos estratégicos para a M2M Telemetria, uma empresa no segmento de IoT, e para a Nansen, que desenvolve e vende soluções para Smart Metering e Smart Grid. Sua carreira profissional técnica e executiva foi construída em empresas como IBM do Brasil, Embratel, Telemar, SR Telecom, Silver Spring Networks, Itron e Hexing-Eletra.*

ACQUA COMBI

Painel de Sobrepor

Os painéis de tomadas da linha ACQUA COMBI são soluções robustas. Ideal para ambientes extremos nos setores industriais, mineração e construção civil. Garantem segurança e facilidade de montagem para sua instalação elétrica.

Fabricados com estrutura e base em ABS, a ACQUA COMBI é resistente a impactos e ação do tempo.



Famatel.br



Saiba mais em:
www.famatelbr.com



Manutenção 4.0

Por Yuri Andrade Dias e Caio Cezar Neiva Huais*

Capítulo VI

Técnicas preditivas para detecção de falhas e avaliação do sistema isolante de transformadores de potência

1 - INTRODUÇÃO

A predição de falhas em ativos é de grande interesse por parte das empresas mantenedoras do sistema elétrico de potência a fim de evitar a indisponibilidade operativa de equipamentos estratégicos para a suplência de cargas, bem como seus consequentes impactos financeiros.

No caso específico de um transformador de potência, além da implementação de mecanismos que propiciem a predição de falhas, é demasiadamente importante uma avaliação periódica do estado de seu sistema isolante, verificando seu nível de degradação, em decorrência das condições operativas às quais o equipamento foi submetido. Assim, dependendo das evidências reunidas, planejam-se, de maneira eficiente e direcionada, futuras manutenções, evitando-se indevidas antecipações (que resultam em impactos financeiros dispensáveis) ou postergações (que podem comprometer a confiabilidade do ativo).

Em cenários ideais, em que os arranjos operativos das subestações contemplam redundâncias, no que tange às possibilidades de suplência das cargas, é recomendável que se realize, anualmente, o desligamento de cada transformador de potência para submetê-lo a uma bateria de ensaios elétricos e de óleo, com vistas a um diagnóstico mais acurado de seu estado. Entretanto, sabe-se que essa não é a realidade de muitas empresas do setor elétrico. E, assim sendo, torna-se requisito para o profissional

de manutenção o uso de medidas alternativas para o gerenciamento dos ativos sob sua responsabilidade.

Nesse contexto, assumem papel de destaque as técnicas preditivas não invasivas, que propiciam, por meio de análises periódicas de óleo isolante, não apenas a detecção de tendências de falha, como também o gerenciamento da perda de vida útil do sistema isolante de cada equipamento analisado.

Dessarte, o objetivo deste artigo é versar, aos profissionais de manutenção, noções sistêmicas gerais das técnicas preditivas não invasivas supracitadas, contemplando desde a aplicação à interpretação dos resultados. Para tanto, abordam-se, nos tópicos ulteriores, os ensaios físico-químicos, de análise de gases dissolvidos e de teor de compostos furânicos em óleo isolante, que, em conjunto, proveem conclusões importantes acerca do estado do óleo isolante e da isolação celulósica do ativo sob análise, bem como conduzem à detecção de uma pluralidade de possíveis falhas incipientes, dada a correlação entre modos de falha e distúrbios nas concentrações de gases no óleo.

Assim sendo, espera-se que os leitores compreendam a importância dessas técnicas para apoio à tomada de decisão, incentivando-os à leitura das publicações normativas das quais constam os critérios sobre os quais se versam neste trabalho e, sobretudo, às suas implementações, dentro das rotinas de manutenção dos transformadores de potência sob sua responsabilidade.

Cabe destacar que os critérios aqui apresentados se restringem

a transformadores de potência imersos em óleo mineral isolante, que são a maioria absoluta dos equipamentos que integram as subestações de energia elétrica, mundialmente.

Ademais, é indispensável que, durante a amostragem de óleo para qualquer análise, seja físico-química, de gases dissolvidos ou de teor de compostos furânicos, todo o procedimento de ambientação das vidrarias, que devem ser adequadas para a finalidade a que se destinam, seja seguido à risca, evitando a extração de amostras não representativas ou contaminadas, que conduzam a resultados distorcidos e interpretações errôneas sobre o estado do equipamento. É recomendável, ainda, que toda e qualquer análise seja procedida por laboratórios acreditados pelo órgão de metrologia competente, devendo dispor de laudos de calibração válidos para cada um dos instrumentos de ensaio e um conjunto de procedimentos sistêmicos, alinhados com as normas vigentes, para realizá-los.

2 - ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS DE ÓLEO ISOLANTE

As situações de maior estresse dielétrico para o sistema isolante de um transformador de potência ocorrem diante de fenômenos transitórios, como:



Figura 1 – Rigor na etapa de amostragem de óleo é indispensável.
Fonte: próprios autores (2022).

- a) a energização, em que os enrolamentos são percorridos pela denominada corrente de inrush, algumas vezes superior à nominal;
- b) as sobretensões, sejam as de manobra, sejam as oriundas de descargas atmosféricas ou mesmo as de distúrbios operativos; ou
- c) em decorrência de correntes de curto-circuito supridas pelo equipamento.

Nessas circunstâncias, verificam-se esforços eletrodinâmicos de grandes magnitudes sobre toda a parte ativa e/ou demais

A NBR IEC 61439-1 é novidade para sua empresa?

Para a nossa, não.

A KitFrame realizou o primeiro ensaio de acordo com a IEC 61439 em 2014, 2 anos antes da publicação da norma no Brasil. Desde então, realizamos dezenas de ensaios no Brasil e no exterior, como parte da estratégia de investir continuamente em pesquisa e desenvolvimento de produtos altamente competitivos.



Conjunto testado SIELTT conforme IEC 61439-1&2 e IEC TR 61641



KitFrame
electromechanical smart system

+55 11 4613-4555

www.kitframe.com

kitframe@kitframe.com

Kitframe do Brasil
Eletro Industrial

gradientes de tensão em seus elementos componentes, que põem à prova o óleo isolante do equipamento.

Assim sendo, um óleo isolante com características físico-químicas ruins comprometerá a suportabilidade dielétrica do sistema isolante, podendo, em casos extremos, levar à falha catastrófica da parte ativa do transformador, em decorrência de disrupções dielétricas internas. E é justamente para que se evitem falhas com essa natureza que se deve proceder a análise físico-química do óleo de transformadores de potência no mínimo a cada 12 meses, ou sempre que procedida alguma intervenção invasiva com manipulação do óleo, conforme determina a norma técnica ABNT NBR 5356-9:2016, intitulada “Transformadores de potência – Parte 9: Recebimento, armazenagem, instalação e manutenção de transformadores e reatores de potência imersos em líquido isolante” [1].

As principais grandezas que devem ser medidas, por meio da realização de ensaios físico-químicos, são a rigidez dielétrica, o fator de potência, o índice de neutralização, o teor de água e a tensão interfacial. Em sequência, descreve-se a natureza física de cada uma delas e, ao fim do tópico, os limiares e limites normativos para seus valores, no caso de equipamentos em operação.

A rigidez dielétrica exprime a diferença de potencial que, aplicada entre dois pontos espaçados por eletrodos de forma e dimensões conhecidas, leva à disrupção dielétrica. Naturalmente, esperam-se valores elevados de rigidez dielétrica para um óleo isolante em bom estado, dado que valores baixos tornam o sistema isolante mais vulnerável a descargas internas.

O fator de perdas é numericamente definido como a razão entre a potência ativa e a potência reativa observadas em um óleo

isolante, quando da aplicação de tensão em um circuito de testes. Assim sendo, valores reduzidos de fator de perdas são esperados para óleos isolantes em bom estado, exprimindo a ausência de materiais contaminantes de natureza polar em suspensão nele e baixas perdas dielétricas por Efeito Joule, quando submetido às condições de serviço.

O índice de neutralização está inversamente relacionado ao potencial hidrogeniônico (pH) do óleo, esse último que, quando muito baixo (ácido), acelera a degradação da isolação celulósica, reduzido sua vida útil remanescente de maneira acelerada, em comparação à redução que seria verificada em contato com um óleo de baixo índice de neutralização (pH mais elevado). O aumento do índice de neutralização exprime, pois, aumento da oxidação do óleo, que acelera a degradação da isolação celulósica. Essa degradação, por sua vez, reduz sua resistência mecânica e compromete a rigidez dielétrica geral do sistema isolante, reduzindo sua suportabilidade, sobretudo face aos fenômenos transitórios supracitados.

O teor de água, por sua vez, exprime, numericamente, a concentração de água no óleo, sendo a água um contaminante nocivo. Quanto menor o valor dessa grandeza, portanto, melhor. A água, assim como o contato com óleo de elevado índice de neutralização e como a pirólise (reação química envolvendo a temperatura), acelera a degradação da isolação celulósica pelo fenômeno químico da hidrólise. Outrossim, reduz a rigidez dielétrica do fluido, comprometendo sua suportabilidade dielétrica.

É natural, com o aquecimento da parte ativa, que haja uma migração de parte da umidade presente na isolação celulósica para o óleo. Isso ocorre de maneira mais notável, por exemplo, em situações de carga elevada, em que há expressiva dissipação térmica

TABELA 1 – LIMIARES E LIMITES DAS GRANDEZAS FÍSICO-QUÍMICAS PARA ÓLEOS ISOLANTES DE EQUIPAMENTOS EM SERVIÇO

Grandeza	Método de ensaio	Classe de tensão			
		≤ 36,2 kV	> 36,2 kV ≤ 72,5 kV	> 72,5 kV ≤ 145 kV	> 145 kV
Rigidez dielétrica mínima, eletrodo tipo calota (kV)	ABNT NBR IEC 60156	40	40	50	60
Fator de perdas máximo (%)	ABNT NBR 12133	0,5 (a 25 °C) 15 (a 90 °C) 20 (a 100 °C)	0,5 (a 25 °C) 15 (a 90 °C) 20 (a 100 °C)	0,5 (a 25 °C) 15 (a 90 °C) 20 (a 100 °C)	12 (a 90 °C) 15 (a 100 °C)
Índice de neutralização máximo (mg de KOH/g)	ABNT NBR 14248	0,20	0,20	0,15	0,15
Teor de água máximo (mg/kg)	ABNT NBR 10710	40	40	30	20
Tensão interfacial mínima a 25 °C (mN/m)	ABNT NBR 6234	20	20	22	25

Fonte: ABNT (2017)

na parte ativa. Do mesmo modo, com a diminuição da carga e consequente redução da temperatura da parte ativa, as moléculas de água presentes no óleo tendem a migrar para a isolação celulósica. Esse fenômeno, da migração de umidade entre isolação celulósica e óleo, é denominado difusão molecular e é importante ser de conhecimento dos profissionais de manutenção. Inclusive, dependendo das condições do óleo isolante e das circunstâncias de sua amostragem (carga do transformador), leva a variações expressivas no teor de água medido.

A tensão interfacial exprime, numericamente, o nível de coesão entre as moléculas do óleo isolante, sendo sua diminuição um indicativo da oxidação acentuada do óleo e da tendência de formação de borra. A oxidação do óleo, como já citado, compromete a isolação celulósica. A formação de borra, por sua vez, compromete a eficiência termodinâmica do transformador, dificultando as trocas de calor com o meio ambiente e acelerando ainda mais a perda de vida útil da isolação celulósica, por meio do fenômeno químico da pirólise.

Na Tabela 1 apresentam-se limiares e limites definidos pela ABNT NBR 10576, intitulada “Óleo mineral isolante de equipamentos elétricos – Diretrizes para supervisão e manutenção” [2], para cada uma das grandezas físico-químicas descritas, no caso de óleos isolantes de equipamentos em serviço.

É de valia destacar, entretanto, que os limites aqui recomendados para óleos minerais isolantes novos são ainda mais restritivos por norma. E alguns fabricantes podem exigir valores ainda mais restritivos. Em sendo o caso, devem prevalecer os limites mais rigorosos, quando da avaliação de transformadores de potência novos.

3 - ANÁLISE DE GASES DISSOLVIDOS EM ÓLEO ISOLANTE

A Análise de Gases Dissolvidos (AGD) em óleo isolante, também conhecida como cromatografia, é uma poderosa técnica preditiva, de uso consagrado no setor elétrico e que, tal como as demais aqui abordadas, é de conhecimento obrigatório pelos profissionais de manutenção que lidam com transformadores de potência.

Por meio da AGD, têm-se acesso às concentrações absolutas de gases dissolvidos no óleo isolante e, de posse do histórico dessas concentrações, a um perfil de evolução temporal de cada gás. Assim, o surgimento de alguns gases isoladamente ou de maneira combinada, bem como a taxa de evolução temporal nas concentrações desses gases são informações importantes que, se adequadamente interpretadas, levam à detecção de falhas incipientes com expressiva acurácia.

Nesse contexto, todavia, cabem alguns alertas para que se evitem tomadas de decisão precipitadas. Sempre, ao analisarem-se os resultados de ensaios de AGD, deve-se considerar não apenas

as concentrações de gases atuais, como também a variação histórica delas, com base nos ensaios precedentes. Sempre! Isso porque muitos equipamentos têm peculiaridades construtivas que podem fazer com que a presença de alguns gases dissolvidos no óleo isolante não seja preocupante, dada uma estabilidade temporal das correspondentes concentrações. Em contrapartida, há equipamentos que já despertam suspeição com o surgimento de um ínfimo aumento de certo gás combustível.

Em suma, cada caso é um caso e a robustez desta técnica preditiva depende sobretudo do conhecimento dessas particularidades. E a compreensão delas se torna mais fácil quando, num determinado parque de transformadores sob análise, se tem várias unidades construtivamente idênticas. Como essa não é, necessariamente, a realidade das empresas do setor elétrico, e mesmo que fosse, sempre há margem para particularidades entre equipamentos, cabe repisar: deve ser tomada como regra a análise conjunta não apenas das concentrações absolutas de gases dissolvidos no óleo, como também da variação temporal dessas concentrações, dados os resultados de ensaios precedentes. E, toda vez em que houver algum resultado suspeito, recomenda-se fortemente proceder uma nova amostragem e, em sendo possível, a realização de uma contraprova com outro instrumento laboratorial (cromatógrafo).

Para a interpretação dos resultados da AGD, deve-se fazer uso dos critérios delimitados pela norma técnica ABNT NBR 7274:2012, intitulada “Interpretação da análise dos gases de transformadores em serviço”, que deve ser integralmente lida para compreensão correta dos critérios, dado que tanto os textos como as tabelas contêm numerosas informações que se complementam entre si.

Ao fim, de acordo com as razões entre as concentrações de gases combustíveis no óleo, com a evolução temporal dessas concentrações, bem como com o total de gases combustíveis, prover-se-á um dentre os possíveis diagnósticos que se seguem:

- a) Ausência de defeitos;
- b) Descargas parciais;
- c) Centelhamento;
- d) Descargas de baixa energia;
- e) Descargas de alta energia;
- f) Sobreaquecimento.

Ademais, é possível que se obtenham alguns diagnósticos adicionais, com destaque para:

- a) Envolvimento ou não da celulose, por meio da relação CO_2/CO ;
- b) Possível ruptura do sistema de selagem por bolsa, membrana, com contaminação do óleo pelo ar atmosférico, por meio da relação O_2/N_2 ;

c) Possível falha de estanqueidade do tanque do comutador de derivações em carga, por meio da relação C_2H_2/H_2 .

A norma ainda destaca que incrementos de acetileno (C_2H_2) podem indicar que a temperatura do ponto quente interno é maior que 1.000 °C.

Assim sendo, a tomada de decisão subsidiada pela análise de gases dissolvidos no óleo se dá de maneira direcionada, já que, além de saber da existência de um defeito, é possível delimitá-lo quanto à sua natureza, eliminando elucubrações desnecessárias.

Conforme determina [1], a análise de gases dissolvidos no óleo deve ser procedida antes da energização do transformador para referência quanto às concentrações preliminares dos gases no óleo, de 24h a 26h após a energização, 10 dias e 30 dias após a energização. Então, após isso, adotar a periodicidade semestral, a menos que detectada alguma evidência de falha incipiente.

4 - GRAU DE POLIMERIZAÇÃO DO PAPEL

O grau de polimerização (GP) do papel é uma grandeza adimensional que corresponde ao número de monômeros que compõem um polímero da celulose que integra a isolação sólida dos enrolamentos. Quanto maior o número de monômeros, mais robusto mecanicamente se encontra a isolação celulósica e menos vulnerável a esforços eletrodinâmicos mais intensos.

Conforme descrito em [4], é esperado que o papel, após submetido a todos os processos fabris, incluindo os ensaios finais de aceitação, como o de elevação de temperatura, apresente um GP igual a pelo menos 1.000.

Ainda segundo os critérios de [4], pode-se considerar que um GP abaixo de 450 já é ruim. Isto é: trata-se de um valor típico de isolação celulósica em fim de vida útil.

Apenas para ilustração, verifica-se, na Figura 2, extraída de [4], a diferença entre a estrutura molecular de uma isolação celulósica nova em comparação com uma isolação celulósica já degradada.

O ensaio de GP diretamente por amostra de papel exige que ela seja extraída da parte ativa, sendo, portanto, um procedimento



a) Isolação celulósica nova



b) Isolação celulósica degradada

Figura 2 – Estruturas moleculares de duas isolações celulósicas.

Fonte: MARQUES, A. P. (2018)

invasivo, que não somente exige o desligamento do transformador de força, como o rebaixamento de seu nível de óleo, para acesso a perímetro de papel de sacrifício ou mesmo papel das próprias bobinas. Assim sendo, é um processo dispendioso, usualmente feito apenas quando de reparos da parte ativa e/ou substituições de óleo isolante, por exemplo.

Entretanto, tem se consagrado no setor elétrico o ensaio de teor de compostos furânicos no óleo, que se baseia no fato de que o processo de polimerase da celulose causa o surgimento nele desses compostos, também denominados fulfuraldeídos. O principal deles é o 2-Fulfuraldeído (2-FAL).

Por meio da concentração do 2-FAL e, no caso de determinadas literaturas, de outros compostos furânicos também é possível estimar, matematicamente e com adequada acurácia, o GP da isolação celulósica que esteve em contato com o óleo amostrado. Para tanto, deve-se fazer uso de equacionamentos adequados, como, por exemplo, as equações de (1) a (4), propostas pelos pesquisadores Chendong [5], Burton [6], Vaurchex [7] e De Pablo [8], nessa ordem.

$$GP = \frac{1,51 - \log(2FAL)}{0,0035} \quad (1)$$

$$GP = \frac{2,5 - \log(2FAL)}{0,005} \quad (2)$$

$$GP = \frac{2,6 - \log(2FAL)}{0,0049} \quad (3)$$

$$GP = \frac{7100}{8,88 + 2FAL} \quad (4)$$

Em que:

- GP, o grau de polimerização do papel, estimado com base na concentração de 2-Fulfuraldeído no óleo isolante;
- 2FAL, a concentração de 2-Fulfuraldeído no óleo isolante.

Obviamente, para que os resultados sejam representativos, é indispensável que o equipamento tenha operado por tempo expressivo em contato com o óleo isolante a ser submetido ao ensaio de teor de compostos furânicos. Assim sendo, um óleo de um equipamento novo ou mesmo de um equipamento recentemente submetido a tratamento, regeneração ou substituição de óleo não apresentará concentrações que conduzam a estimativas realistas de GP. O ideal é que o óleo tenha ficado em contato com a isolação celulósica, com o transformador em operação, por pelo menos 12 meses.

Assim, como a amostragem de óleo se dá de maneira não invasiva, no que tange ao não desligamento do ativo, obtém-se

estimativas importantes do nível de degradação da isolação celulósica de um dado transformador de potência que se deseja analisar de maneira célere e pouco dispendiosa, técnica e financeiramente. E essa estimativa propicia programar a retirada preventiva de operação do ativo, evitando que ela se dê com o papel já comprometido, em fim de vida útil, e, portanto, com a parte ativa vulnerável a eventuais esforços eletrodinâmicos demais. Desse modo, tem-se condições, inclusive, de programar um processo de reforma ou substituição do equipamento, evitando falhas e o consequente comprometimento da confiabilidade operativa da subestação em que o ativo se encontra instalado.

Quanto à periodicidade da realização do ensaio de teor de compostos furânicos no óleo, recomenda-se que ela seja igual às análises físico-químicas do transformador de potência, se dando a partir de seu primeiro ano de operação. Isto é: que seja procedida anualmente, já a partir do primeiro ano posterior à energização.

CONCLUSÕES

Conclui-se que as três técnicas preditivas não invasivas apresentadas neste trabalho conduzem a diagnósticos valiosos, no que tange à detecção de falhas incipientes e à avaliação do estado do sistema isolante de transformadores de potência. Ademais, apresentam baixo custo de implementação, dado que se baseiam em análises de óleo isolante, cuja amostragem pode se dar sem qualquer impacto à operação ininterrupta do ativo que se tem interesse em analisar.

Assim, utilizando as considerações apresentadas nos tópicos precedentes deste trabalho, o profissional de manutenção do setor elétrico pode direcionar melhor seus estudos acerca do tema e utilizar as técnicas preditivas aqui elencadas, com os devidos critérios, para o aprimoramento das rotinas de manutenção preventiva dos transformadores sob sua gestão. Da mesma maneira, passam-se a ter evidências robustas para tomadas de decisão, quanto a retiradas preventivas de operação de ativos que eventualmente apresentem resultados suspeitos. Isso representa ganhos expressivos de confiabilidade para o sistema elétrico ao qual esses equipamentos se integram, dado que a probabilidade de uma falha ocorrer fortuitamente torna-se bem mais reduzida, considerando que parte expressiva delas estão relacionadas a defeitos no sistema isolante, que sensibilizariam, potencialmente, as técnicas preditivas estudadas.

Todavia, por oportuno, deve-se destacar que a acurácia dessas técnicas é altamente dependente do rigor inerente às etapas de amostragem e posterior realização de ensaios do óleo isolante. Em havendo falhas no processo de amostragem e/ou nos procedimentos implementados no laboratório químico, fatalmente ter-se-ão distorções que conduzirão a interpretações falsas sobre o

estado do equipamento e até mesmo sobre a não tendência de falha. Não obstante, uma vez assegurados os procedimentos corretos face a esses pontos de atenção, são ferramentas de grande valia para as equipes de manutenção, provendo evidências que servem como importantes subsídios para a predição de falhas e para o planejamento de intervenções mais direcionadas e eficientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5356-9:2016 – *Transformadores de Potência – Parte 9: Recebimento, armazenagem, instalação e manutenção de transformadores e reatores de potência imersos em líquido isolante*. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10576:2017 – *Óleo mineral isolante de equipamentos elétricos – Diretrizes para supervisão e manutenção*. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7274:2012 – *Interpretação da análise dos gases de transformadores em serviço*. Rio de Janeiro, 2012.

MARQUES, A. P. *Diagnóstico Otimizado de Transformadores de Potência Mediante a Integração de Técnicas Preditivas*. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e de Computação) – Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

CHENDONG, X. *Monitoring paper insulation ageing by measuring furfural contents in oil*. In *7th Int. Symp. on High Voltage Eng.*, (1991), pp. 26-30.

CHEIM, L. PLATTS, D., PREVOST, T., XU, S. *Furan analysis for liquid power transformers*. *Electrical Insulation Magazine*, IEEE, vol. 28, pp.8-21, 2012.

STEBBINS, R. D., MYERS, D. S., SHKOLNIK, A. B. *Furanic compounds in dielectric liquid samples: Review and update of diagnostic interpretation and estimation of insulation ageing*. In *7th Int. Conf. on Properties and Appl. of Dielectr. Mater.*, (2003), pp. 921-926.

DE PABLO, A. *Furfural and ageing: How are they related*. In *IEEE Colloquium on Insulating Liquids*, (1999), pp. 5/1-5/4.

*Yuri Andrade Dias é engenheiro eletricista, mestre em Engenharia Elétrica (2019) e doutorando em Engenharia Elétrica. Atualmente, é engenheiro eletricista especialista na Enel Distribuição Goiás, atuando como responsável pela área de Engenharia de Manutenção de Subestações de Alta Tensão.

Caio Huais é engenheiro de produção, pós-graduado em Engenharia Elétrica e Automação com MBA em engenharia de manutenção. Atualmente, é gerente corporativo de manutenção de alta tensão no Grupo Equatorial Energia.

Segurança cibernética

Por Thales Cyrino e Rodrigo Leal*

Capítulo VI

A importância de se ter uma estratégia de resposta a incidentes

Sexta-feira, 18 horas, véspera de um feriado prolongado, seu celular toca e, após alguns segundos, você percebe que a empresa onde trabalha sofreu um incidente de segurança, nada está funcionando, ninguém sabe de fato o que ocorreu e neste momento é necessário colocar em prática o Plano de Resposta a Incidentes.

Um incidente de segurança é uma violação ou uma ameaça iminente de violação das políticas de segurança, que visa danificar, roubar dados ou interromper o funcionamento de redes e sistemas corporativos. Há inúmeros tipos de incidentes, como ataques de phishing, malware, comprometimento de e-mail e de propriedade intelectual, ransomware, violação de dados e mineração de criptomoedas. Já a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) classifica um incidente como qualquer evento que envolva a violação dos

dados pessoais dos indivíduos.

A estratégia de Resposta a Incidentes não se limita somente ao Plano de Resposta a Incidentes, mas sim a uma série de ações prévias que incluem investimento em pessoas, processos e tecnologia. Podemos dividir em seis etapas conforme processo detalhado a seguir:

1. Preparação;
2. Identificação;
3. Contenção;
4. Erradicação;
5. Remediação;
6. Lições aprendidas.

Processo de resposta a incidente



Durante a etapa de preparação, deve-se preparar para a possibilidade de ocorrência de um incidente de segurança. Esta etapa é muito importante, pois tudo o que será feito e como será feito devem ser definidos neste momento. Durante esta fase deve ser criado e revisado o plano de resposta a incidentes, devem ser gerados runbooks específicos de acordo com o tipo de incidente de segurança, ou seja, criados roteiros a serem executados para cada tipo de incidente de segurança que possa ocorrer. Durante esta fase é importante testar o plano de resposta a incidentes simulando um sem o conhecimento de todos para validar se o plano de fato será seguido, se os processos estarão de acordo e se as pessoas serão aptas para atuar quando o incidente de fato ocorrer.

Na preparação devem ser realizados exercícios, como simulação de phishing, ransomware e outros que irão ajudar a mapear o nível de conscientização das pessoas e testar o processo de resposta ao incidente.

Na etapa de identificação, o principal objetivo é identificar um incidente de segurança de forma mais breve possível. Para que a identificação seja possível, existe uma série de tecnologias necessárias que, através de coleta e correlação de informações,

contribui para uma identificação rápida e eficiente. É nesta fase que algumas respostas precisam ser obtidas: o que aconteceu? Como aconteceu? O que foi exposto?

Após identificado o incidente de segurança, é preciso realizar a contenção para que o incidente não aumente o seu alcance. Alguns exemplos de contenção são: isolamento de rede ou host, criação de novas regras em um firewall, atualização de assinaturas ou regras em um IPS (Intrusion Prevention System), etc.

Na fase de erradicação é necessário, de fato, interromper a ameaça removendo por completo de tudo que foi afetado; no caso de um malware, por exemplo, é necessário removê-lo e garantir que ele não exista em outros lugares do ambiente.

Na etapa de remediação é necessário voltar todo o ambiente para o estado anterior ao incidente, poderá ser necessário restaurar backup, reinstalar sistemas, reiniciar aplicações. O grande desafio desta fase é ter certeza de que tudo está sendo restaurado para um momento antes do incidente, garantindo que tudo voltará a funcionar como esperado.

A documentação de tudo que ocorreu e como foi o tratamento do incidente de segurança é de suma importância.

O RESULTADO É A NOSSA ENERGIA!



MONTAX
ENGENHARIA DO PROPRIETÁRIO

Referência nacional em certificação, fiscalização e gerenciamento de projetos.

Geração e Transmissão de Energia até 765kV.

Saiba como podemos garantir a qualidade e a segurança do seu empreendimento.



Esta fase é conhecida como “lições aprendidas” e as informações devem ser utilizadas com o objetivo de melhorar todo o processo de resposta a incidentes.

Quem deve ser envolvido durante um incidente de segurança? Como a empresa deve comunicar ao mercado e, internamente, um incidente? Estas e outras definições são realizadas durante a fase de preparação, em que, por definição, os incidentes de segurança devem ser tratados por uma equipe de profissionais de segurança da informação, tecnologia da informação e executivos. Este time é conhecido como CSIRT (Computer Security Incident Response Team) e o FIRST (Forum of Incident Response and Security Teams), que disponibiliza conhecimento e facilita o entendimento para a montagem de um CSIRT a partir do zero.

No último artigo, publicado na edição anterior, discorremos sobre a evolução e a importância de um SOC, neste momento, pode surgir uma dúvida: “SOC e CSIRT não são a mesma coisa?” Não. Estas duas estruturas são atividades complementares, em que o SOC está focado em monitoração e detecção de ameaças, análise e priorização de alertas e o CSIRT possui um foco no incidente, muitas vezes esta confusão ocorre pois o termo SOC é geralmente empregado como o local ou grupo de pessoas responsável por toda a operação de segurança. Além disso, por restrições estruturais e orçamentárias, as atividades relacionadas a incidentes algumas vezes são compartilhadas entre os profissionais do SOC, mas o perfil dos profissionais e as atividades são complementares.

Sabemos que formar essas equipes não é uma tarefa simples hoje em dia. Devido à falta de mão de obra especializada, muitas organizações não conseguem formar suas próprias equipes internas. Além disso, isso requer um investimento alto e sabemos que a pandemia da Covid-19 enxugou ainda mais os orçamentos e potencializou a dificuldade em evoluir os investimentos destinados à proteção de dados.

Neste sentido, terceirizar o CSIRT com parceiros especializados tem se tornado uma tendência que vem ganhando força no mercado. Ao delegar essa tarefa a especialistas, você poderá contar com profissionais dedicados 24/7 no tratamento de incidentes, antes, durante e depois que eles acontecem, que vão atuar de forma rápida e eficiente, realizando toda a gestão

do incidente em conjunto com sua equipe de Segurança da Informação.

Somente por meio de um CSIRT você conseguirá garantir a aplicação das melhores práticas e frameworks do mercado, trabalhando para identificar, mitigar, conter, erradicar e remediar um incidente, para recuperar sua operação e restabelecer os sistemas críticos num curto espaço de tempo, sem que seu negócio sofra prejuízos maiores. A partir das lições aprendidas, esses times especializados te ajudarão a estabelecer novas regras para que, quando determinado tipo de ameaça ocorrer novamente, seja muito mais fácil lidar com ele.

No cenário atual, contar com um time de CSIRT é imprescindível independentemente de ser um time interno ou externo. Esta é uma prioridade que deve estar em pauta nas discussões estratégicas, já que um incidente de segurança pode destruir desde a reputação de um negócio a afetar vidas. A infraestrutura crítica, a velocidade e a eficiência na hora da resposta a um incidente são inversamente proporcionais aos possíveis danos causados.

**Thales Cyrino é técnico em processamento de dados, Administrador de Empresa pela Universidade Anhembi Morumbi e Pós-Graduado em Marketing pela FGV SP, com mais de 20 anos de experiência no mercado de TI, em diversas áreas como: redes, telecomunicações, sistemas de monitoramento, infraestrutura computacional, data center, desenvolvimento de software e cybersecurity. Atualmente trabalha como Diretor de Vendas de Cybersecurity na NTT.*

Rodrigo Leal é graduado e mestre em Engenharia Elétrica. Possui MBA em Gestão de Projetos pela FGV e curso de Gestão de Negócios da Era Digital pela Cesar School e, recentemente, Programa Executivo na StartSe. Atualmente, cursa MBA Executivo de Negócios do Setor Elétrico pela FGV. Desde 2000 atua na área de telecomunicações, TI e tecnologia. Atualmente, é assessor do Diretor de Operação na Chesf, coordenando vários processos da diretoria, incluindo os assuntos relativos à tecnologia operativa. Ocupa ainda a posição de Vice-Presidente do Conselho Diretor da UTC América Latina e a coordenador do Comitê de Tecnologia da Informação e Telecomunicações no CIGRE-Brasil.

Renováveis

ENERGIAS COMPLEMENTARES

Ano 5 - Edição 64 / Agosto-Setembro de 2022



Atitude.editorial

ARMAZENAMENTO DE ENERGIA:

Experiências dos primeiros sistemas de armazenamento em baterias no Brasil

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA: Setor de energia precisa ampliar a participação feminina

ENERGIA SOLAR: O cenário internacional e os preços da energia solar

ENERGIA EÓLICA: Os caminhos da eólica offshore no Brasil e os primeiros passos do hidrogênio verde

APOIO





FASCÍCULO ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

Por Markus Vlasits e Jan Knaack*

Capítulo VI

EXPERIÊNCIAS DOS PRIMEIROS SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO EM BATERIAS NO BRASIL

30



Recentemente, foi realizada uma pesquisa de mercado para analisar os projetos de armazenamento existentes no país. Além de realizar o mapeamento desses projetos, o objetivo era de registrar as escolhas tecnológicas feitas pelos empreendedores, mapear as principais aplicações e documentar os principais desafios enfrentados pelas empresas responsáveis pela implementação. Focamos em projetos comerciais, mas incluímos também vários projetos que compõem a chamada de P&D estratégico n° 21/2016 da Aneel. Os levantamentos foram realizados através de entrevistas com as empresas responsáveis pela implementação e operação desses projetos. Esta pesquisa de mercado foi realizada no âmbito do programa E2Brasil (Tecnologias de Armazenamento de Energia) da GIZ (Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit), a agência de cooperação internacional do governo da Alemanha.

No total foram mapeados 53 projetos com capacidade cumulativa de aproximadamente 100 MWh, incluindo projetos já implementados, assim como projetos que ainda estão em fase de implementação. Definiram-se os seguintes segmentos de projetos:

- Na frente do medidor – nesta categoria foram agrupados todos os projetos em que o sistema de armazenamento presta serviços para a rede elétrica, tais como alívio redes de transmissão, ou distribuição, ou a prestação de serviços ancilares. Foram identificados oito projetos, incluindo o BESS (battery energy storage system – sistema de armazenamento com baterias), que, atualmente, está sendo instalado na subestação Registro (SP);
- Atrás do medidor – esta categoria compõe todos aqueles projetos operados por consumidores individuais de energia, em que o BESS está sendo utilizado para reduzir as despesas com energia elétrica, também para proteger o usuário contra quedas de energia. No total, foram 21 projetos, todos eles sendo operados por consumidores comerciais e industriais;
- Sistemas isolados – trata-se de projetos em que o BESS faz parte da solução de energia renovável para uma microrrede, permitindo a substituição de geradores fósseis. No total, foram identificados 21 projetos. No entanto, o número de projetos de pequeno porte (os chamados Sigfis) é muito maior. Milhares desses microssistemas foram instalados no âmbito do programa Luz para Todos, também como Mais Luz para a Amazônia (MLA);
- Demais projetos – nesta categoria ficaram dois projetos de armazenamento dedicados à mobilidade elétrica e um projeto P&D de um sistema de armazenamento eletroquímico está sendo usado para otimizar a produção de hidrogênio verde.

Com relação às tecnologias de armazenamento utilizadas, constatou-se que em todos esses segmentos as baterias de íons de lítio predominam, tanto para projetos P&D, como para projetos de caráter comercial. A maioria deles utiliza baterias de lítio-ferro-fosfato. Também existem projetos com baterias NMC (lítio-níquel-manganês-cobalto), mas trata-se de uma tecnologia de menor representatividade. Com relação às tecnologias 'não-lítio', identificou-se um projeto de P&D utilizando baterias de fluxo de vanádio-redox, que atualmente está em fase de implantação. Adicionalmente, foram documentados vários projetos-piloto utilizando baterias de chumbo-carbono, produzidos por um fabricante nacional. Trata-se de uma inovação das tradicionais baterias de chumbo-ácido que oferece uma vida útil maior. Não houve nenhum projeto usando tecnologias não-eletróquímicas, tais como o armazenamento gravitacional ou armazenamento térmico. Dada a baixa representatividade de usinas hidroelétricas reversíveis e o longo prazo de implantação desses projetos, este tipo de tecnologia não foi avaliado.

31

RESULTADOS DAS ENTREVISTAS

Questionados sobre os principais desafios, todos os entrevistados concordaram sobre a importância de uma política tributária específica para sistemas de armazenamento. Atualmente, a carga tributária incidente em sistemas de armazenamento industrializado no Brasil é de 50%. No caso de BESS importados, a alíquota aumenta para 74,5%. A título de comparação, um módulo fotovoltaico importado utilizado em sistemas de pequeno porte tem uma carga tributária de 29,8%. Para projetos de grande porte esta alíquota poderá ser reduzida para 18%, já que o painel fotovoltaico é elegível para o programa REIDI, além de gozar de uma isenção do ICMS.

São frequentes as reclamações sobre o elevado custo de sistemas de armazenamento no Brasil, e, nitidamente, a elevada carga tributária contribui para esta percepção. Será fundamental a inclusão de sistemas de armazenamento no REIDI, avaliar a política com relação ao IPI (imposto de produtos industrializados), verificar a inclusão nos convênios do Confaz, além de questionar a justificativa pelas elevadas alíquotas do imposto de importação.

Também houve consenso sobre a importância de uma maior definição regulatória para sistemas de armazenamento nos setores mapeados na pesquisa. Há que reconhecer que, ao longo dos últimos anos, a Aneel realizou duas tomadas de subsídio relacionadas ao tema de armazenamento. No entanto, além de realização dessas tomadas de subsídio, não houve avanços concretos no sentido de uma regulamentação específica para aplicações de armazenamento no

âmbito do setor elétrico brasileiro. Isto impacta e dificulta a realização de projetos de armazenamento em todos os setores mapeados. Estes depoimentos confirmam a importância de um avanço regulatório, conforme elaboramos no capítulo V deste fascículo.

Aproximadamente a metade das empresas entrevistadas chamou a atenção para a falta de normas técnicas para sistemas de armazenamento. A percepção, no entanto, é de que não haverá necessidade de criar normas específicas para o mercado brasileiro. As entrevistadas recomendam a adoção de melhores práticas internacionais, tendo em vista que existem normas técnicas em outros países que podem servir como referência (como por exemplo, as normas IEC), e ressaltam a importância de ter uma maior clareza com relação a este assunto. Sem dúvida, há uma percepção de urgência, por parte das empresas entrevistadas, em atualizar o arcabouço de normas técnicas para baterias e conversores.

32 Todas as empresas entrevistadas confirmam a importância de mão de obra qualificada, principalmente na área de engenharia e instalação de projetos de armazenamento, e a maioria delas relata dificuldades na contratação de pessoal qualificado. No entanto, as entrevistadas entendem que este é um problema temporário que se resolverá na medida em que o volume de mercado consiga crescer.

Várias empresas relataram dificuldades em relação aos prazos de entrega para baterias de lítio e sistemas de armazenamento usando este tipo de bateria. Adicionalmente, a maioria das empresas está preocupada com os aumentos de preços de baterias de lítio e diz não possuir visão clara sobre a evolução futura dos preços.

MOBILIDADE ELÉTRICA E TECNOLOGIAS ALÉM DE ÍONS DE LÍTIO COMO PROPULSORES PARA O DESENVOLVIMENTO DO MERCADO

Neste contexto, é importante mencionar que a forte demanda por veículos elétricos registrada ao longo dos últimos 18 meses tem contribuído para o aumento global de preços de baterias de lítio. Mas, ao mesmo tempo, têm acontecido investimentos maciços em novas fábricas para a produção de baterias de lítio, não somente na China, mas também na Europa e nos Estados Unidos. Dado este aumento na capacidade fabril, espera-se que os preços de baterias de lítio gradativamente voltem a cair, retornando para a tendência de queda observada entre os anos de 2010 e 2020.

Adicionalmente, há uma real chance de tecnologias alternativas adquirirem maturidade para serem usadas em larga escala para aplicações de armazenamento estacionário. Estamos falando de baterias de fluxo ou tecnologias não-eletróquímicas, como, por exemplo, o armazenamento gravitacional. Também não se pode ignorar o potencial de inovação de baterias de chumbo, principalmente na forma de acumuladores de chumbo-ácido. Apesar de se tratar de uma tecnologia 'tradicional', ela pode ser uma boa escolha para determinadas aplicações de armazenamento estacionário.

PERSPECTIVAS PARA O MERCADO BRASILEIRO DO ARMAZENAMENTO

Os entrevistados também foram indagados a respeito das perspectivas para o mercado brasileiro de armazenamento, e principalmente, sobre oportunidades futuras. Todos os entrevistados concordaram que ainda se trata de um mercado 'embrionário' e vários compararam o atual estágio de desenvolvimento com o setor de energia solar fotovoltaica nos anos de 2010 e 2011, quando o mercado brasileiro também ainda era minúsculo. Ninguém teve dúvidas com relação ao extraordinário potencial de crescimento das diferentes aplicações de armazenamento estacionário no Brasil, desde que as "pendências", conforme mencionado acima, sejam resolvidas de forma satisfatória.

No curto prazo, no horizonte de 1 a 2 anos, a maioria dos entrevistados vê oportunidades interessantes no âmbito de sistemas isolados, onde sistemas de armazenamento, junto com fontes renováveis, tais como geradores fotovoltaicos, podem preencher um importante papel na substituição, ou redução de uso, de geradores a diesel. Diante do aumento do preço do óleo diesel ao longo dos últimos meses, a solução renovável + armazenamento tem ficado cada vez mais competitiva. É importante ressaltar que não estamos falando apenas de comunidades remotas no norte do país, mas também de muitos produtores rurais ou de empresas de mineração que atualmente não estão sendo atendidas de forma satisfatória pelas distribuidoras de energia e que têm despesas muito relevantes com a logística do combustível e com a manutenção de geradores a diesel em localidades remotas. O capítulo III deste fascículo, publicado na edição 186 desta publicação, tratou deste tema.

Ainda no curto prazo vários entrevistados enxergam uma grande oportunidade com leilões de reserva de capacidade. Até agora, esses leilões têm sido direcionados para geradores termoeletrônicos e demais fontes despacháveis. O pleito que está sendo feito por estas empresas é pela neutralidade tecnológica desses leilões e pela adequada definição do produto potência para que sistemas de armazenamento possam competir com as tecnologias tradicionalmente contratadas para este serviço. Dado o elevado volume de contratação nos leilões de reserva de capacidade (no ano passado foram contratados aproximadamente 4 GW para o produto potência), trata-se de um segmento estratégico para o mercado de armazenamento no país. E dadas as suas características técnicas (flexibilidade operacional, ausência de rampa, flexibilidade locacional), sistemas de armazenamento poderiam preencher um importante papel no barateamento do serviço de reserva de capacidade e em reduzir as emissões de CO₂ associadas a este serviço. Para mais informações sobre este tema, veja o capítulo IV deste fascículo, publicado na edição 187.

No médio prazo (horizonte de tempo de 2 a 5 anos), a maioria dos entrevistados enxerga importantes oportunidades relacionadas a

projetos para clientes comerciais e industriais, assim como também para projetos relacionados à mobilidade elétrica. E no longo prazo (> 5 anos) surgirão novos modelos de negócios na área de VPPs (virtual Power Plants, ou seja, agregação de recursos de armazenamento) na prestação de serviços ancilares e no armazenamento junto à geração renovável de grande porte.

Há ainda uma demanda por sistemas de armazenamento em residências. Neste momento, esta demanda ainda está restrita, limitando-se a usuários com alto poder aquisitivo que não aceitam ficar sem energia elétrica. Futuramente, a redução de custos somada à adoção de uma tarifa binômica para consumidores de energia elétrica em baixa tensão também poderá impulsionar a demanda por sistemas de armazenamento de pequeno porte.

Em resumo, há uma percepção de muitos desafios, mas também de grandes oportunidades por parte das empresas entrevistadas. Sem dúvida, há muito a se fazer, mas também são muitos os benefícios deste trabalho.

Agradecemos ao GIZ pelo apoio para realizar esta pesquisa de mercado e às seguintes empresas e instituições pelas suas contribuições: Baterias Moura, Instituto Lactec, ISA-CTEEP, Micropower, Move Energia, NewCharge, Tesvolt, UFSC, Unicoba, WEG e You.On.

A apresentação inicial do estudo foi realizada no âmbito do

foro "Brasil-Alemanha: Soluções inovadoras para Sistemas de Armazenamento de Energia e Hidrogênio Verde", durante a feira "The Smarter E South America", no dia 24 de agosto 2022. A apresentação do estudo está disponível no YouTube através do seguinte link: <https://www.youtube.com/watch?v=n7yjjLv8qE> (minutos 36 a 56).

**Markus Vlasits é fundador e sócio-diretor da NewCharge Projetos, empresa de engenharia e desenvolvimento focada em soluções de armazenamento de energia elétrica. Foi diretor comercial e cofundador da Faro Energy. Foi diretor e vice-presidente da Q-Cells SE na Alemanha, uma das principais fabricantes de células e módulos fotovoltaicos. É conselheiro de administração e coordenador do grupo de trabalho de armazenamento de energia elétrica da Associação Brasileira de Energia Solar (ABSOLAR).*

Jan Knaack é coordenador do projeto E2Brasil, Cooperação Tecnológica Brasil-Alemanha em Armazenamento de Energia, GIZ, 2020 - 2023. Este projeto é financiado pelo Ministério Federal Alemão para a Cooperação e Desenvolvimento Internacional (BMZ), em cooperação com o Ministério de Minas e Energia (MME) do Brasil, visando melhorar as condições para a implantação de sistemas inovadores de armazenamento no Brasil. Anteriormente, Jan trabalhou como gerente de projetos e coordenador do departamento internacional da Associação Alemã da Indústria Solar (BSW-Solar) em Berlim.

33

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

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



Produtos Homologados CEMIG

exponencialmg

www.exponencialmg.com.br

Rua Titânio 153 - Camargos - BH/MG
vendas@exponencialmg.com.br
(31) 3317-5150

Compre com seu cartão
BNDES

Exponencial
MATERIAL ELÉTRICO



Por *Guilherme Crispim, presidente da Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD)*



Setor de energia precisa ampliar a participação feminina

34

No Brasil, a participação da mulher no mercado de trabalho e a busca pela equidade de gênero são temas que ganham cada vez mais relevância. Ainda há uma disparidade entre a presença de homens e mulheres em diversos aspectos, como é o caso da remuneração. Segundo levantamento da consultoria IDados, com base na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio do IBGE, as mulheres ganham cerca de 20% menos do que os homens no Brasil. Quando o assunto é desemprego, porém, a realidade é diferente. Uma outra pesquisa, divulgada pelo Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas (FGV-IBRE), apontou que, desde 2012, a taxa de desemprego das mulheres é superior à dos homens.

Ao avaliar especificamente o setor de energia em nível global, a participação das mulheres é superior a outros segmentos, mas ainda assim é baixa. Estudo apresentado pela Agência Internacional de Energia Renovável (Irena) mostra que as mulheres ocupam cerca de 32% dos

empregos no setor de energias renováveis.

Com o propósito de contribuir para ampliar a participação das mulheres no setor de energia no Brasil, a Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD) promoveu, em 22 de agosto, o 1º Congresso Brasileiro das Mulheres da Energia. O evento foi realizado no Hotel Renaissance, em São Paulo, e faz parte de um trabalho institucional amplo e de longo prazo da Associação.

O congresso contou com mais de 50 palestrantes, todas mulheres, divididas em nove painéis, organizados com temas atuais do setor de energia, desde as novas oportunidades aos entraves do segmento no País, recebendo mais de 750 congressistas atuantes no setor de energia. Com transversalidade de conteúdos, os debates também contribuíram para lançar luz sobre o futuro das mulheres e os desafios globais para igualdade de direitos e oportunidades no setor.

Durante o evento, a ABGD assinou um compromisso

com a GIZ Brasil – agência alemã de cooperação internacional – e a Rede MESol Solar para promover ações de fortalecimento para aumentar a inserção das mulheres no mercado de energias renováveis. Como bem pontuou Zilda Costa, diretora de Regulação da ABGD, é necessário derrubar paredes invisíveis, verdadeiros tabus, e consolidar a participação das mulheres que já atuam no setor, além de atrair novas profissionais para empresas, órgãos regulatórios e entidades do segmento.

Outro ponto importante é a conscientização e o apoio do setor. A prova de que estamos no caminho certo é que a organização do evento contou com o apoio de importantes instituições, como Abiogás (Associação Brasileiro do Biogás), ABRAPCH (Associação Brasileira de Fomento às Pequenas Centrais Hidrelétricas), ABEEólica (Associação Brasileira de Energia Eólica), Sindienergia-RS (Sindicato da Indústria de Energias Renováveis do Rio Grande do

Sul), Sebrae (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas) e GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit).

Vale ressaltar que não houve dificuldade para encontrar palestrantes mulheres qualificadas e atuantes. A grande barreira que estamos vencendo é o modo de pensar eventos desse tipo que, majoritariamente, carecem da presença da mulher. Ou seja, é preciso ter uma nova mentalidade para proporcionar espaços para a participação e presença feminina, em especial no setor elétrico.

Devido ao imenso sucesso do evento e à grande procura das empresas por eventos que fomentem a isonomia de gênero, já está sendo organizado o 2º Congresso Brasileiro das Mulheres da Energia, que será realizado nos dias 7 e 8 de março, no Hotel Royal Tulip, em Brasília (DF), com o encerramento do evento coincidindo com o Dia Internacional da Mulher – 08 de março. A previsão é de receber mais de 1.000 congressistas em dois dias de evento.

AUTOMAÇÃO DE DERIVAÇÕES

PROTEÇÃO PONTA-A-PONTA AUMENTA A CONFIABILIDADE

Apesar do investimento anual nos alimentadores, as derivações do seu sistema podem estar ultrapassadas. A modernização da última milha de sua rede pode resultar num aumento da satisfação dos consumidores e em economias significativas. Além disso, o investimento em confiabilidade aumenta a satisfação do consumidor e pavimenta o caminho para futuras melhorias no sistema. Veja como a segmentação das derivações é o caminho para ajudá-lo a conseguir um melhor retorno do investimento.

PACOTE DE PROTEÇÃO DE DERIVAÇÕES

BENEFÍCIOS EM TODO O SISTEMA:

- **A proteção avançada de derivações** evita que **80%** das faltas na rede aérea se tornem interrupções prolongadas, reduzindo os custos de O&M e aumentando a confiabilidade.
- **Ajustes de proteção configuráveis flexíveis** implementam a segmentação das derivações, garantindo mais consumidores conectados e satisfeitos.
- **Diversos testadores de falta** em série garantem proteção ponta-a-ponta, do início do alimentador até as extremidades da rede.

RELIGADOR MONTADO EM CHAVE FUSÍVEL TRIPSAVER® II 100 A

ALTERNATIVA PARA FUSÍVEIS

- Reduz custos de O&M evitando despachos de equipes para troca de fusíveis
- **Previne interrupções momentâneas** causadas pelo esquema de proteção coordenada
- **Previne interrupções prolongadas** causadas pelo esquema de proteção seletiva

INTERRUPTOR COM REARME AUTOMÁTICO VACUFUSE® II

ALTERNATIVA PARA FUSÍVEIS DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO AÉREA

- **Elimina até 70%** das interrupções prolongadas, reduzindo despachos de equipes e economizando em custos de O&M
- Indicado para áreas de rede com problemas recorrentes de faltas temporárias, provendo **recomposição automática do fornecimento**

RELIGADOR MONTADO EM CHAVE FUSÍVEL TRIPSAVER® II 200 A

ALTERNATIVA PARA RELIGADORES HIDRÁULICOS

- **Reduz custos** por evitar manutenções caras e frequentes e pela redução do inventário
- É instalado na **metade do tempo** de outros religadores monofásicos

Funcionalidade de coordenação em sequência: Sem interrupções momentâneas pela **coordenação entre dispositivos a montante e a jusante**

RELIGADOR MONTADO EM CHAVE FUSÍVEL TRIPSAVER® II 40 A

ALTERNATIVA PARA SOLUÇÕES EM BAIXAS CORRENTES

- **Previne que faltas numa derivação** afetem consumidores a montante
- Visibilidade dos dados locais e comunicação permanecem operacionais **mesmo que a corrente da carga se reduza a 1 A**

U.D. Power 2016 Electric Utility Residential Customer Satisfaction Study and Federal Energy Regulatory Commission (FERC) Data, 2014

Usufrua das vantagens advindas do aumento da satisfação dos consumidores e da redução de custos pela modernização do sistema com proteção ponta-a-ponta das derivações, reduzindo também a duração e o escopo das interrupções da fornecimento para os consumidores.

Saiba mais em sandc.com/tripsaver e em sandc.com/vacufuse

461-4503P 071122 © S&C Electric Company 2020-2022, todos os direitos reservados





Rodrigo Sauaia é presidente executivo da Absolar



Ronaldo Koloszuk é presidente do Conselho de Administração da Absolar



Gustavo Vajda é head de Desenvolvimento de Negócios da Canadian Solar e conselheiro da Absolar



O cenário internacional e os preços da energia solar

36



O setor energético mundial tem caminhado cada vez mais para medidas de descarbonização e ampliação do uso de fontes renováveis. Esta evolução é impulsionada pela crescente competitividade das tecnologias limpas, combinada com as mudanças de comportamento das

empresas, da sociedade e dos governos, como se observa pelo fortalecimento de requisitos ESG (environmental, social and governance).

O aumento abrupto do preço do petróleo no mercado internacional, a explosão do preço global do gás natural, sobretudo nos mercados

européus, e os impactos negativos da guerra na Ucrânia também são impulsionadores desta transição energética mundial, que aponta com intensidade crescente para as energias renováveis como parte estratégica da solução, com destaque especial para a fonte solar fotovoltaica.

Nesse contexto, a busca por energia solar teve uma forte alta no primeiro semestre de 2022, atingindo uma demanda global de aproximadamente 250 GW, segundo indicadores da Pv Infolink. Isso manteve os preços dos módulos fotovoltaicos em patamares altos, mas já apresentando um

alívio em relação a 2021.

Do ponto de vista da oferta, é importante notar que a China foi o primeiro país do mundo a sofrer os impactos econômicos prejudiciais da pandemia de Covid-19. Isso levou ao fechamento de fábricas, portos, aeroportos e trouxe restrições sobre as atividades de vários setores da economia chinesa.

Até os dias de hoje, embora em menor escala, o país sofre com quarentenas (lockdowns) periódicas, devido à política de tolerância zero para a Covid-19.

O maior problema na oferta, no entanto, veio especialmente na capacidade de produção do silício de alta pureza, um semicondutor considerado o principal insumo produtivo e item de maior valor na fabricação de um módulo solar. Este material acabou sendo o gargalo do setor solar e o principal motivador da alta dos custos na cadeia de valor solar e na consequente alta de preços dos equipamentos e sistemas aos consumidores finais.

Algumas das maiores fábricas do setor também sofreram redução em sua produção, por conta de cortes imprevistos no fornecimento de energia elétrica da China, o que as forçou a operar com capacidade bastante reduzida, agravando ainda mais a situação. Tudo isso em um cenário complexo para as cadeias produtivas e de componentes de todo o planeta.

De fato, a oferta global de silício de alta pureza atravessou um ano especialmente difícil em 2021. Felizmente, há esperança no horizonte:

a associação chinesa da indústria do silício aponta que o segmento já começa a se recuperar destes desafios, com um aumento gradual da capacidade de fabricação de polissilício, previsto para acelerar ainda mais até o final de 2022 e, principalmente, ao longo de 2023.

Os analistas de mercado e especialistas na cadeia de suprimento de insumos, componentes e equipamentos do setor solar fotovoltaico apontam para uma expectativa de readequação, nos curto e médio prazos, entre oferta e demanda global. Isso trará mais estabilidade aos custos de produção e aos preços finais aos consumidores, com a perspectiva de retomada da tendência histórica de queda dos custos de equipamentos fotovoltaicos e do preço final da energia solar no mundo. No final de 2021, os preços Free On Board (FOB) de módulos fotovoltaicos da China estiveram acima de US\$ 0,30/Wp. Segundo consultorias especializadas do setor e de índices de preços, há tendência de queda destes valores, sendo que os preços poderão alcançar uma faixa entre US\$ 0,22 e 0,24/Wp já ao longo de 2023, portanto, uma redução expressiva frente ao patamar de 2021.

Em relação à logística global, a recuperação do comércio internacional foi prejudicada por diversos fatores simultâneos, em especial: (I) a alta demanda por navios cargueiros; (II) a indisponibilidade de

contêineres; (III) as restrições portuárias decorrentes da pandemia de Covid-19; e (IV) o irrompimento da guerra na Ucrânia. Este cenário desfavorável trouxe alta de custos logísticos e alongou os prazos do frete internacional.

Essa alta de custos impactou, também, o mercado solar fotovoltaico brasileiro. Mesmo em franco crescimento, o setor poderia ter avançado muito mais rapidamente, não fossem estes efeitos externos deletérios. O impacto negativo foi mais visível nos preços praticados pela fonte solar nos leilões de energia elétrica do Governo Federal. Em 2019, os preços-médios de venda de energia elétrica da fonte solar estiveram abaixo dos R\$ 85,00/MWh. Já em 2022, os valores estão na faixa de R\$ 180,00/MWh.

Importante ressaltar que os aumentos da taxa de juros dos financiamentos e da inflação de bens e serviços também impactaram fortemente os valores praticados no mercado. Vale lembrar, ainda, que a maior parcela dos custos destes empreendimentos está atrelada ao dólar. A moeda norte-americana saiu de patamar abaixo de R\$ 4,00 por dólar antes da pandemia de Covid-19 e chegou a quase R\$ 6,00 por dólar no auge da crise sanitária. Atualmente, estamos na faixa de R\$ 5,00 por dólar.

Ainda diante de tantas incertezas, a tecnologia solar fotovoltaica continua apresentando um horizonte brilhante de desenvolvimento pela frente. Ano após ano, o

setor solar segue ampliando sua capacidade produtiva global, com relevantes ganhos na economia de escala, que contribuem para a redução dos preços dos equipamentos e componentes fotovoltaicos, apesar das oscilações diante da geopolítica e do cenário de pandemia. As novas linhas de produção incorporam processos cada vez mais automatizados, ágeis e que utilizam menor quantidade de matéria prima para fabricar os bens utilizados pelo setor. Adicionalmente, os investimentos em melhorias tecnológicas têm levado a ganhos de eficiência nos equipamentos e produtos, ampliando sua potência, sua performance e capacidade de geração de eletricidade a partir do sol.

A combinação destes fatores permitiu com que o setor solar reduzisse os preços dos módulos fotovoltaicos em mais de 85% na última década, segundo levantamento da BloombergNEF, uma tendência que ainda está longe de atingir o seu limite técnico, tecnológico, econômico e financeiro. Estas medidas, combinadas com o fortalecimento de boas políticas públicas, programas e incentivos, capitaneados pela Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) em parceria com o poder público, com o setor privado e com a sociedade, contribuirão de forma relevante para ampliar o acesso à energia solar às pessoas, aos empreendedores, aos produtores rurais e ao poder público em nosso País.



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

Os caminhos da eólica offshore no Brasil e os primeiros passos do hidrogênio verde

38

No final de janeiro, o Governo publicou o Decreto Nº 10.946, que dispõe sobre a cessão de uso de espaços físicos e o aproveitamento dos recursos naturais no mar para a geração de energia elétrica a partir de empreendimentos offshore. Mais recentemente, no dia 9 de setembro, foram publicadas duas portarias de abertura de consulta pública sobre as diretrizes para Cessão de Uso de Área da Eólica Offshore e do Portal Único para Gestão do Uso de Áreas Offshore para Geração de Energia (PUG-offshore). Além disso, também está em tramitação no Congresso o PL Nº 576/2021.

Entendemos que estes são passos cruciais para que o Brasil possa iniciar seu caminho na implantação de parques eólicos offshore com segurança para o investidor, governo e sociedade. As portarias abrem importante espaço para discutir regras e prazos necessários para que as empresas possam fazer seus planejamentos de investimentos com segurança e de forma adequada e organizada. A ABEEólica entende que tais detalhes técnicos e



regulatórios são imprescindíveis para que exista segurança para o investidor, governo e sociedade.

O Portal Único Offshore, por exemplo, é um ponto importantíssimo para o setor, já que trará dinamismo, organização e vai permitir um acompanhamento transparente do complexo processo de instalação de uma eólica offshore. É necessário sempre reforçar que a eólica offshore tem uma complexidade de órgãos envolvidos maior do que em um projeto Onshore e ter a segurança de informações organizadas de forma concentrada num único portal vai dar mais segurança para todo o processo e tal

segurança é fundamental, para que tanto empresas como sociedade e governo saibam quais são os critérios técnicos, exigências, obrigadoriedades de estudos e os órgãos que responderão e serão responsáveis por analisar, aprovar e formalizar o avanço de cada etapa dos projetos.

O que já se sabe é que o apetite do investidor e nosso potencial são enormes. Já temos mais de 60 projetos e mais de 160 GW de projetos em análise no IBAMA. O Brasil tem um dos melhores ventos do mundo para energia eólica Onshore. Quando falamos de offshore o que vemos é um potencial enorme, mais

de 700 GW. A energia eólica brasileira deve desempenhar no Brasil, nos próximos anos, não apenas o papel de gerar eletricidade e contribuir para que o País tenha uma matriz elétrica cada vez mais renovável, mas também o papel de fabricação de hidrogênio verde. Já temos anunciada a primeira fábrica de hidrogênio verde no Brasil para 2023 com utilização de energia eólica. São estes os passos que enxergo como uma possível revolução, uma transformação energética eficiente e real que vai contribuir para que possamos deixar um planeta mais sustentável para as próximas gerações.

ÚNICA FABRICANTE NO BRASIL

Painel de Alta Tensão Ex

**APLICAÇÃO EM PLATAFORMAS
OFFSHORE E ONSHORE PARA
PASSAGEM E DERIVAÇÃO
DE SISTEMAS TRIFÁSICOS**



Ideal para terminação de cabos
umbilicais em **sistema de distribuição
de alta tensão.**

**Grau de proteção
IP66**

**Zona 2
conforme IEC 60079-10**

**Interligação
até 3 fases**

**Tensão Máxima
11kV ou 15kV**

**Corrente Máxima
270A ou 800A**

CDWi-HV*



Por Leonardo Brito, Getúlio Santos Júnior, Olívio Souto, Sérgio Silva e Fernando Belchior*



Impactos da geração distribuída fotovoltaica na tensão elétrica de uma rede de distribuição em baixa tensão

Nos últimos anos, observou-se no mundo um incentivo ao suprimento da demanda por energia elétrica através de empreendimentos que empregam fontes renováveis. Dentre as motivações fundamentais para o estabelecimento deste cenário estão a crescente preocupação ambiental e a possibilidade de geração da energia elétrica próximo aos centros de consumo, o que reduz os custos de transmissão. As principais fontes renováveis exploradas são: solar, eólica e biomassa. Dada a abundância destas fontes no mundo, diversas unidades geradoras são alocadas dentro ou próximo das cidades e operam, geralmente, conectadas aos sistemas de distribuição de média e baixa tensão. Tais unidades geradoras são denominadas na literatura específica como Geradores Distribuídos (GDs). De acordo com os Procedimentos de Distribuição (Prodist) da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), que regulamentam os sistemas de distribuição de energia elétrica no Brasil, GDs são sistemas de geração de energia elétrica,

de até 5 MW, conectados diretamente na rede de distribuição de energia elétrica, ou através das instalações de consumidores. Os GDs podem operar de forma isolada ou injetando potência ao sistema de distribuição de forma despachada, ou não, pelo Operador Nacional do Sistema (ONS) [1].

O Brasil possui um dos maiores potenciais para energia solar do mundo. E, de acordo com a regulamentação atual apresentada nas Resoluções Normativas nº 482/2012 (RN 482), 687/2015 (RN 687) e 786/2017 (RN 786), qualquer pessoa física ou jurídica pode instalar uma unidade geradora em sua residência, comércio ou indústria [2-4].

O Balanço Energético Nacional (BEN) disponibilizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) aponta um progresso na construção de empreendimentos de GD, com destaque para a solar fotovoltaica [1]. Nos próximos anos é esperado que a parcela de potência elétrica injetada por GDs continue a crescer. Assim, faz-se

necessário verificar, estudar e pesquisar os possíveis impactos nos sistemas de distribuição de energia elétrica em decorrência do aumento exponencial de sistemas fotovoltaicos conectados à rede.

Neste contexto, na última década, diversos autores têm investigado o impacto da inserção de geração distribuída nas redes de distribuição de média e baixa tensão. O primeiro ponto a se destacar sobre a inserção de unidades geradoras fotovoltaicas é a consequente mudança da característica passiva da rede, isto é, o sistema de distribuição, que antes era composto apenas da subestação e diversas cargas consumidoras de energia, passa a possuir unidades geradoras de energia. Além deste aspecto, a rede pode apresentar fluxo de potência elétrica nos dois sentidos, acarretando, desta forma, inúmeros desafios às concessionárias de energia que anteriormente se preocupavam apenas com o fluxo de potência da SE em direção às cargas [5]. O fluxo reverso pode levar a um funcionamento inadequado dos dispositivos de proteção e dos reguladores de tensão, resultando em prejuízos tanto para a empresa distribuidora quanto para o consumidor. Outra característica dos sistemas de distribuição com GD é a possibilidade de ocorrer aumento dos níveis de tensão ao longo do alimentador quando da ocorrência de fluxo reverso de potência injetado pelos geradores fotovoltaicos. Neste sentido, além das questões associadas às quedas de tensão em determinados horários do dia, novos desafios se apresentam ao terem que lidar com este aumento das tensões em horários diversos daqueles supracitados [6].

Além das questões associadas aos indicadores que caracterizam uma rede com qualidade de energia adequada aos padrões impostos pelas normas, as perdas elétricas também devem receber atenção especial das concessionárias de energia. Embora a expectativa inicial seja a redução das perdas técnicas em virtude da diminuição da corrente elétrica nos alimentadores e demais equipamentos que perfazem a rede elétrica devido à compensação energética proveniente da geração fotovoltaica, estudos têm apontado para o possível aumento destas perdas, conforme indicam os estudos realizados em [7].

A inserção maciça de geração descentralizada pode causar elevação excessiva da magnitude de tensão, conforme apresentado em [8], especialmente devido ao fato de a injeção máxima de potência dos sistemas fotovoltaicos ocorrer em momentos de baixa demanda. Nesta abordagem, os autores apresentam os limites de injeção de potência de um GD em um sistema teste para que os limites de tensão superior e inferior sejam respeitados. São abordadas ainda a manutenção das perdas técnicas de potência e a reavaliação do esquema de proteção da rede. Dentre as soluções propostas pelos autores está a recondução de trechos do sistema para que a elevação de tensão no ponto de conexão seja minimizada. Outra análise apresentada em [9] também aponta a extrapolação dos limites de tensão, quando considerado

o grau de penetração igual a 75% da carga total. Neste estudo, os autores propõem a limitação da injeção da potência ativa e a obrigatoriedade da injeção de potência reativa por parte dos proprietários de GDs. Cabe destacar, no entanto, que os inversores comercializados e instalados nos empreendimentos residenciais de sistemas fotovoltaicos são incapazes de cumprir tal exigência em virtude de que a legislação atual impede este procedimento operacional.

Outra frente de pesquisa envolvendo sistemas fotovoltaicos que também diz respeito à qualidade de energia é a investigação das frequências harmônicas da forma de onda de corrente injetada pelo gerador. Sabe-se que os sistemas de geração fotovoltaicos conectados à rede elétrica são compostos por conversores de potência que, por sua vez, são constituídos por dispositivos semicondutores. A utilização destes dispositivos eletrônicos nas redes de distribuição causa deformidades nas formas de onda de tensão e corrente afetando a Qualidade da Energia Elétrica (QEE). Com isso, esses sistemas também atuam como geradores de distúrbios no ponto de vista da QEE. Dentre outros aspectos, o que mais dificulta o controle da QEE, quando sistemas fotovoltaicos são ligados às redes de distribuição, é a natureza intermitente de sua geração de energia elétrica, que pode causar sérios problemas, tais como: sobretensões, afundamentos de tensão, harmônicos e interharmônicos de tensão e corrente, desbalanço de tensão e corrente entre fases e emissão de flicker. Cabe às concessionárias de energia elétrica fiscalizar se as cogerações fotovoltaicas conectadas à rede de distribuição atendem aos requisitos mínimos determinados por normas de regulação da QEE [10].

De acordo com esta breve revisão bibliográfica, fica evidenciado que a análise do impacto da inserção de geração distribuída fotovoltaica em uma rede de distribuição de energia elétrica depende de vários fatores, como o grau de penetração ou o montante de potência fotovoltaica gerada, das características da curva de carga das unidades consumidoras (UCs), das características físicas da rede, das condições ambientais, entre outros. Desta forma, é praticamente impossível estabelecer regras gerais para todas as redes, em outras palavras, cada rede de distribuição merece ser avaliada com vistas a subsidiar a concessionária quando das solicitações de acesso.

Este artigo apresenta os estudos realizados em uma rede de distribuição de baixa tensão do município de Itumbiara-GO. No ranking estadual, Itumbiara encontra-se na terceira posição, atrás somente da capital Goiânia e da cidade de Anápolis. O ramal de BT escolhido, é constituído de 51 UCs alimentadas por uma rede compacta e um transformador de distribuição com potência nominal de 75 kVA. O sistema elétrico em estudo foi devidamente modelado e simulado no software OpenDSS.

As simulações computacionais tiveram por objetivo avaliar os níveis de tensão no secundário do transformador de distribuição,

bem como o seu carregamento à medida que o nível de penetração de geradores fotovoltaicos sofresse acréscimo. Importante observar que o termo nível de penetração (NP) se refere à quantidade de geração fotovoltaica (NFV) instalada na rede secundária. A título de exemplificação, um NP igual a 50% equivale a 25 sistemas FV instalados.

Regulamentação da Qualidade da Energia Elétrica (QEE) no Brasil

As agências reguladoras de cada país determinam o conjunto de critérios mínimos da QEE para conexão de um empreendimento de geração ao sistema de distribuição. Os países do continente europeu, em geral, adotam as normas do padrão da International Electrotechnical Commission (Comissão Internacional de Eletrotécnica – IEC) [11]. Na América do Norte, no entanto, é empregado o conjunto de regras do Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos – IEEE) [12]. O Brasil, por sua vez, adota o módulo 8 do Prodist, criado pela Aneel para regulamentação da qualidade da energia elétrica [13].

Neste trabalho, os dados de simulações coletados no secundário de um transformador serão avaliados segundo os critérios apresentados no módulo 8 do Prodist, que dizem respeito aos limites de magnitude da tensão para um sistema de distribuição com tensão nominal inferior a 1 kV [13].

A - LIMITES DE MAGNITUDE DA TENSÃO

Nos sistemas de distribuição, a tensão pode ser controlada através dos taps dos transformadores abaixadores das subestações e das redes primárias, da inserção de elementos compensadores de reativos e da reconfiguração topológica.

Adicionalmente, a sobretensão também é nociva aos dispositivos eletrônicos. Enquanto a subtensão causa o desligamento de equipamentos, a sobretensão causa a queima dos componentes eletrônicos. Picos de tensão também são suficientes para danificar permanentemente elementos mais robustos como as máquinas elétricas, incluindo motores de indução e transformadores. Novamente, os prejuízos do cenário de sobretensão são imensuráveis. Devido à inserção de GDs na região analisada, neste estudo são esperados que a magnitude da tensão se mantenha elevada. Portanto, os casos de sobretensão com possibilidade de redução da vida útil do transformador em questão são mais prováveis.

A Aneel, através do Módulo 8 do Prodist, regulamenta as faixas aceitáveis para grandezas elétricas em regime estático e dinâmico. Em [13] são apresentadas as faixas de classificação de tensões em regime permanente, classificadas em Adequada, Precária e Crítica, de acordo com a Tabela I.

TABELA I – CLASSIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE TENSÃO [13]

Classificação da tensão	Faixa da tensão monitorada em relação à referência
Adequada	Entre 0,92 pu e 1,05 pu
Precária	Entre 0,87 pu e 0,92 pu Entre 1,05 pu e 1,06 pu
Crítica	$V_{medida} < 0,90$ pu Inferior a 0,87 pu Superior a 1,06 pu $V_{medida} > 1,05$ pu

Materiais e métodos

A metodologia utilizada será a de modelagem e simulação. A modelagem envolve o uso de técnicas matemáticas para descrever o funcionamento de um sistema [14]. A rede de distribuição de energia elétrica será modelada no software OpenDSS. Os parâmetros associados à rede em estudo foram obtidos junto à concessionária local e posteriormente devidamente modelados de acordo com o software OpenDSS.

A investigação dos impactos da inserção de geração distribuída à rede é conduzida segundo as seguintes etapas:

- Realização das simulações de fluxo de potência diário, considerando diferentes cenários, para a análise dos impactos;
- Verificação da influência da conexão de geração distribuída fotovoltaica no perfil de tensão dos diversos barramentos e, em especial, no secundário do transformador de distribuição;
- Avaliação do carregamento do transformador para cada nível de penetração;
- Comparação dos resultados obtidos para os diferentes cenários simulados.

Sistema de distribuição de baixa tensão

A rede de baixa tensão escolhida para os estudos consiste em um ramal secundário oriundo do alimentador 4 da subestação Itumbiara Velha, localizada no município de Itumbiara-GO. Este alimentador é conectado ao lado de baixa de um transformador de 20 MVA e tensões de 69 kV/13,8 kV. Seu tronco principal se estende por 12,4 km e supre a demanda de 7.293 UCs (5.464 residenciais, 1.591 comerciais, 9 industriais, 166 rurais e 63 outras instalações). O sistema conta, ainda, com 241 transformadores de distribuição e 43 transformadores particulares.

A rede de distribuição secundária está localizada no bairro Village Beira Rio, próximo ao campus do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. A potência nominal do transformador é de 75 kVA e tensões de 380 V/220 V. Possui comprimento de 942 metros e alimenta cerca de 51 consumidores residenciais. O diagrama unifilar da rede de distribuição de baixa tensão é apresentado na Figura 1. As análises, aqui mostradas, são extraídas no secundário do transformador (ponto 100 da Figura 1).



A MW TOMADA INTELIGENTE JÁ É REALIDADE NAS GRANDES EMPRESAS.

A nova era em segurança e tecnologia para o setor elétrico chegou.



ISAAC NEWTON

Téc. Esp. em Manutenção Elétrica
VALE S.A. - Carajás/PA

O uso da TOMADA INTELIGENTE da MW AUTOMAÇÃO trouxe maior segurança para os usuários: em vários aspectos:

1º - Eles não possuem acesso a manobra no disjuntor e seccionadora, e a tecnologia nos garante proteção total;

2º - Todas as variáveis elétricas são controladas e em caso de alguma anomalia, os LED's de indicação são muito bem informados na parte frontal da tomada;

3º - A visualização de todas informações desde o controle do usuário, até os registros de todas as fichas possíveis, são usadas para estudo dos casos;

4º - Seu grau de proteção IP69 nos dá total garantia para a área de mineração;

MW TOMADA INTELIGENTE: eu aprovo!

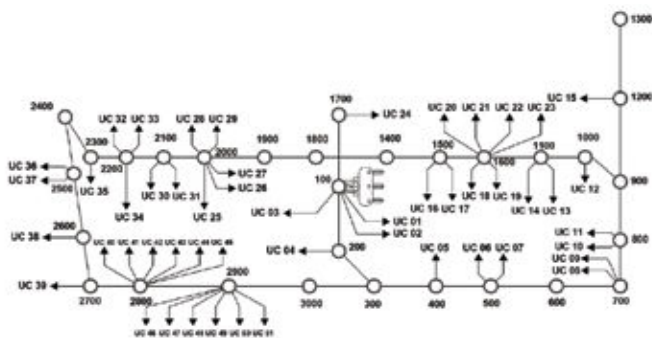


Figura 1 - Sistema de distribuição de energia simulado.

Resultados e discussões

As análises foram realizadas a partir dos resultados das simulações no software OpenDSS, considerando o aumento gradativo da inserção de geradores fotovoltaicos (FV) em cada UC, de acordo com a Tabela II. Os geradores fotovoltaicos foram dimensionados a partir do consumo médio trimestral de cada unidade consumidora fornecido pela concessionária e que garantisse o autoconsumo de cada uma das 51 UCs.

TABELA II – DISTRIBUIÇÃO DA GERAÇÃO FV EM CADA UC

UC	Potência FV kWp	Fase (S)	Conexão
1	1	ABC	TRIFÁSICO
2	1	ABC	TRIFÁSICO
3	5	ABC	TRIFÁSICO
4	1,5	CN	MONOFÁSICO
5	5	ABC	TRIFÁSICO
6	1,5	AN	MONOFÁSICO
7	1	ABC	TRIFÁSICO
8	4	CN	MONOFÁSICO
9	3	BC	BIFÁSICO
10	2	ABC	TRIFÁSICO
11	1,5	ABC	TRIFÁSICO
12	2	ABC	TRIFÁSICO
13	0,5	BN	MONOFÁSICO
14	7	ABC	TRIFÁSICO
15	0,5	AN	MONOFÁSICO
16	3	AN	MONOFÁSICO
17	2	ABC	TRIFÁSICO
18	2	ABC	TRIFÁSICO
19	3	ABC	TRIFÁSICO
20	2	ABC	TRIFÁSICO
21	1	ABC	TRIFÁSICO
22	4	ABC	TRIFÁSICO
23	3	ABC	TRIFÁSICO
24	1	AN	MONOFÁSICO
25	3	CN	MONOFÁSICO
26	2	ABC	TRIFÁSICO
27	2,5	ABC	TRIFÁSICO
28	2	AB	BIFÁSICO
29	4	ABC	TRIFÁSICO

UC	Potência FV kWp	Fase (S)	Conexão
30	5	ABC	TRIFÁSICO
31	2,5	AB	BIFÁSICO
32	2,5	ABC	TRIFÁSICO
33	2	CN	MONOFÁSICO
34	2,5	AB	BIFÁSICO
35	5	ABC	TRIFÁSICO
36	1,5	ABC	TRIFÁSICO
37	2,5	ABC	TRIFÁSICO
38	2	CN	MONOFÁSICO
39	1	AC	BIFÁSICO
40	1,5	AN	MONOFÁSICO
41	3	ABC	TRIFÁSICO
42	10	AB	BIFÁSICO
43	10	ABC	TRIFÁSICO
44	10	ABC	TRIFÁSICO
45	25	ABC	TRIFÁSICO
46	0,5	AN	MONOFÁSICO
47	0,5	AN	MONOFÁSICO
48	0,5	BN	MONOFÁSICO
49	0,5	BN	MONOFÁSICO
50	0,5	CN	MONOFÁSICO
51	0,5	CN	MONOFÁSICO

B - IMPACTO DA INSERÇÃO DE GDs

Considerando o contexto de inserção de GDs às redes de distribuição, é previsto um aumento na magnitude da tensão. Assim, é importante verificar se o aumento da tensão causada pela alocação de GDs nas cargas conectadas ao lado de baixa do transformador extrapole os limites estabelecidos pelo Prodist [13].

A Figura 2 tem por objetivo ilustrar o comportamento da tensão da fase A no secundário do transformador de distribuição, à medida que o número de UCs passa a instalar sistemas FV para atender ao

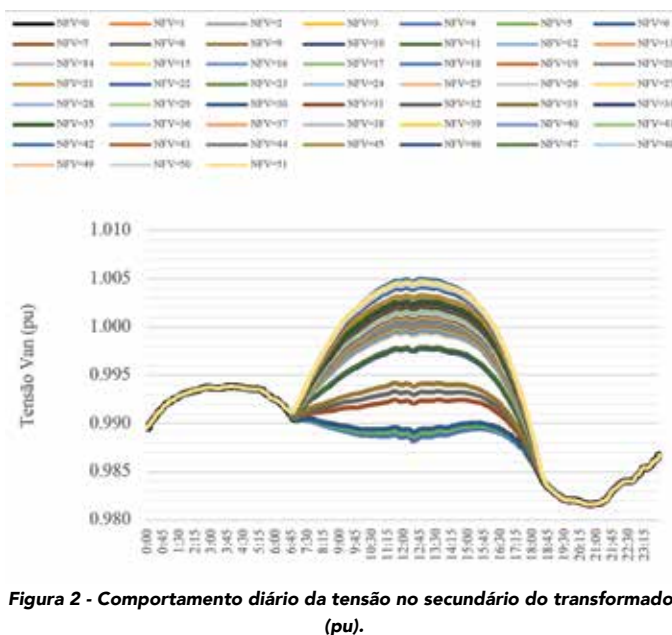


Figura 2 - Comportamento diário da tensão no secundário do transformador (pu).

seu respectivo autoconsumo de energia elétrica. Denomina-se por NfV o número de geradores fotovoltaicos instalados na rede de distribuição. O estudo foi conduzido considerando 51 cenários de simulação, onde o nível de penetração foi aumentando de 0% (sem FV) até 100% (51 FV). As simulações são realizadas ao longo de 24 horas.

A partir da Figura 2 pode-se constatar que à medida que aumenta o número de sistemas FV conectados à rede de distribuição, a tensão aumenta devido ao fluxo reverso de potência ativa injetada pelos inversores fotovoltaicos. Para corroborar esta condição operacional, a Figura 3 mostra a curva de carga e a irradiação solar referente ao sistema simulado, em pu. Observa-se que, no período de máxima produção de potência pelo sistema FV (12h50), o consumo é inferior à potência produzida pelo gerador, o que resulta na injeção desta potência excedente no sistema de distribuição. Em outras palavras, fica evidenciado que o fator de simultaneidade é relativamente baixo, o que provoca a reversão do fluxo de potência ativa injetada pelos geradores fotovoltaicos e, conseqüentemente, o aumento da tensão no ponto de conexão.

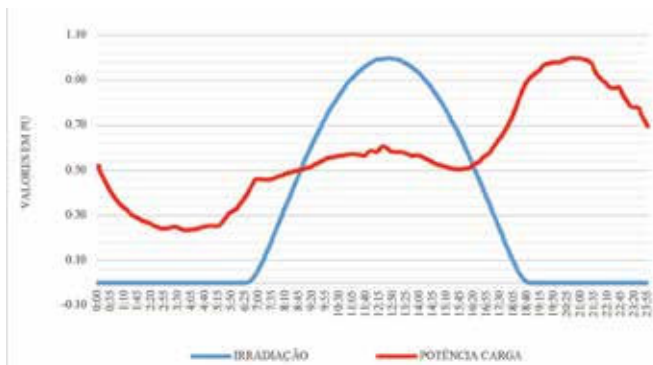


Figura 3 – Perfil de curva de carga (vermelho) e a irradiação solar (azul) referente ao sistema simulado.

Vale enfatizar, também, que nas simulações computacionais optou-se por utilizar uma curva de irradiação que se caracteriza por sol pleno durante o dia, sem qualquer tipo de variabilidade decorrente da passagem de nuvens ou outra questão ambiental. Esta é a pior condição sob o ponto de vista de estudo de impactos quando o objetivo é avaliar os níveis de tensão no ponto de conexão da UC na rede de distribuição.

A Figura 4 mostra o carregamento trifásico do transformador para a condição operacional, onde se tem NP igual a 100%.

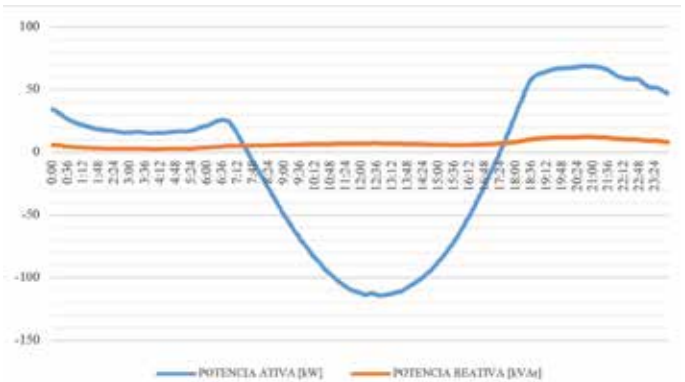


Figura 4 - Carregamento do transformador para NP=100%.

O gráfico da Figura 4 evidencia o fluxo reverso de potência ativa proveniente dos geradores FV instalados nas UCs. A consequência da existência do fluxo reverso é a elevação das tensões no ponto de conexão dos geradores fotovoltaicos e que reflete nas tensões trifásicas no secundário do transformador de distribuição. A Figura 5 apresenta o comportamento da tensão da fase A para duas condições operacionais limites, em um cenário em que não há geradores fotovoltaicos (NP=0%) e em um cenário limite com todas as UCs com FV (NP=100%).



BRAMETAL
Onde tem energia, tem a nossa marca.

ESTRUTURAS METÁLICAS PARA GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E SUBESTAÇÃO DE ENERGIA.

+55 27 99507-3095
comercial@brametal.com.br
brametal.com.br





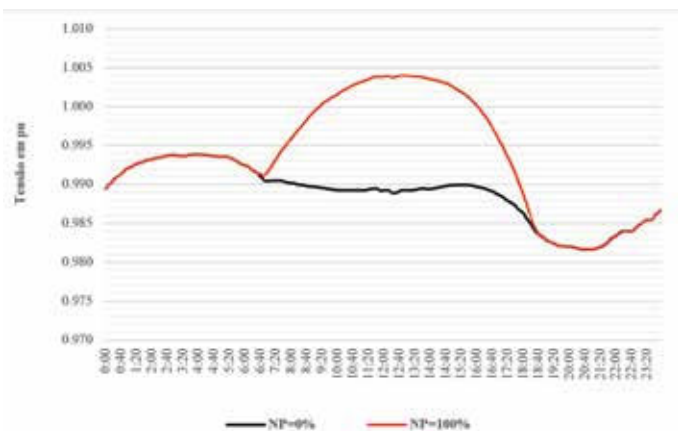


Figura 5 – Perfil da tensão da fase A no secundário do transformador para NP=0% e NP=100%.

Observando a Figura 5 é possível constatar que, em nenhum dos casos, a magnitude da tensão viola os limites impostos em [13]. Por outro lado, nota-se que a inserção massiva de geradores fotovoltaicos contribuiu para o ajuste da tensão que se encontrava abaixo do valor nominal, para valores mais próximos de 1,0 pu.

A Figura 6 apresenta os valores máximos das tensões no secundário do transformador (Van) em função do aumento do NP de sistemas FV para o momento de máxima geração FV que, de acordo com a curva de irradiação utilizada nas simulações, que ocorre por volta das 12h50. Conforme já mencionado, o conceito de NP adotado neste trabalho refere-se ao aumento gradual de GDs conectados nas respectivas UCs. Neste sentido, quando se tem NP igual a 51, significa que todas as UCs deste ramal de distribuição possuem sistemas FV conectados à rede, dimensionados para atender ao autoconsumo da própria UC (Tabela II).

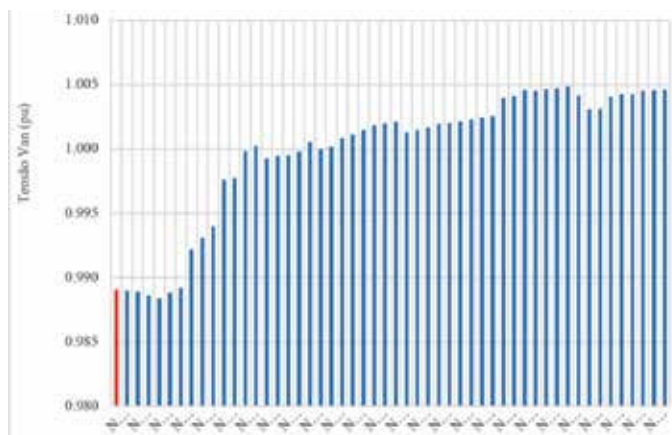


Figura 6 - Tensões máximas no secundário do transformador em função do NP dos sistemas FV.

Através da Tabela III é possível comparar os níveis das tensões fase-neutro no secundário do transformador, onde NP=0 e NP=51.

A tabela IV mostra que a elevação das tensões no secundário do transformador resultou em tensões ainda dentro dos limites

TABELA III – COMPARATIVO DOS VALORES DE TENSÃO NO SECUNDÁRIO DO TRANSFORMADOR COM NP=0 E NP=51

Tensões fase-neutro	NP=0 sem FV	NP=51	Aumento em %
VAN	217,64	220,88	1,47
VBN	217,94	220,12	0,99
VCN	218,14	220,10	0,89

estabelecidos pelo Prodist [13]. Há que se observar que a subtensão existente com a ausência de sistemas fotovoltaicos (NP=0) foi suprimida à medida que tais sistemas foram instalados na rede de distribuição.

Considerando o horário de máxima produção de energia fotovoltaica, instante em que o fluxo reverso de potência também é máximo, podem-se obter alguns indicadores estatísticos com vistas a melhor ilustrar o comportamento da rede de distribuição. A Tabela IV apresenta os valores:

TABELA IV – COMPARATIVO DOS VALORES DE TENSÃO MÍNIMA, MÉDIA, MÁXIMA E PERCENTIL 95 NO SECUNDÁRIO DO TRANSFORMADOR

Tensão fase A	Volts	Pu
Mínima	217,2912	0,987687
Média	219,8512	0,999324
Máxima	220,9375	1,004262
Percentil 95	220,8938	1,004063

Considerando a condição operacional em que todas as UCs possuem GDs, o valor máximo que a tensão apresenta no horário de máxima produção de energia é da ordem de 220,94 V. Observa-se que 95% dos valores de tensão no secundário do transformador foram menores que 220,89 V, valor este inferior ao limite máximo estabelecido pela Aneel [13], que é 231 V.

Outra variável de análise quando se avalia o impacto da instalação de geração FV nas redes de distribuição secundária é o carregamento do transformador de distribuição. É importante verificar se, na ocorrência de fluxo reverso de potência ativa, (o fator de potência do FV é adotado sendo igual a 1,0) o nível de carregamento do transformador se mantém abaixo de sua potência nominal. A Figura 7 mostra o perfil de potência ativa trifásica para a condição operacional onde o nível de penetração é igual a 0% e 100%.

Verifica-se que, na condição operacional em que NP=100%, a potência atinge valores acima da capacidade nominal do transformador.

É importante observar que o fluxo de potência provoca uma sobrecarga no transformador da ordem de 60% acima da sua potência nominal, ou seja, aproximadamente 120 kVA (40kVA em cada fase) em fluxo reverso. Isto demonstra a importância de se analisar a capacidade de hospedagem (hosting capacity) das



Figura 7 - Potência ativa no secundário do transformador para a rede sem FV e com 100% de FV.

redes de distribuição para estabelecer os limites e com isso evitar fenômenos como este acima apresentado.

Conclusões

A proposta deste trabalho é a investigação da magnitude de tensão e o sobrecarregamento em um transformador de distribuição em baixa tensão de um sistema real. O nível de tensão é medido, em ambiente de simulação, no secundário do transformador e no ponto de conexão da UC mais afastada do transformador. Os resultados apontam para o aumento da magnitude da tensão tanto no transformador quanto no ponto de conexão de interesse, mediante o aumento da potência instalada dos GDs.

A análise dos resultados obtidos permite concluir que o aumento da magnitude da tensão não viola o limite superior do Prodíst para nenhum dos 51 casos de inserção de GDs, no sistema elétrico simulado.

Com relação ao carregamento do transformador, durante o período de injeção dos geradores, observa-se que o fluxo reverso é superior à potência nominal do transformador, caracterizando um cenário de sobrecarga.

Desta forma, este artigo aponta para a necessidade de analisar não só o nível de tensão como também o carregamento do transformador ao inserir GDs em sistemas de distribuição de energia elétrica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro.

Referências bibliográficas

[1] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Prodíst – Módulo 1, Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no

Sistema Elétrico Nacional, 2018. <https://www.aneel.gov.br/modulo-1>. Acesso em março de 2021.

[2] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução Normativa 482/2012. Governo Federal, 2012. <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em março de 2021.

[3] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução Normativa 687/2015. Governo Federal, 2015. <https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>. Acesso em março de 2021.

[4] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução Normativa 786/2017. Governo Federal, 2017. <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2017786.pdf>. Acesso em março de 2021.

[5] N. KAGAN, C. C. B. OLIVEIRA, E. J. ROBBIA, Introdução aos sistemas de distribuição de energia elétrica. 1ª edição. Blucher, 2005.

[6] F. C. LUCCHESI, F. ANSEMINI, C. C. MARTINS, M. SPERANDIO, Análise do Impacto da Geração Distribuída Fotovoltaica na Rede Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria. VII CBENS - Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2018.

[7] L. S. GUSMAN, H. A. PEREIRA, A. F. CUPERTINO, A. S. ANTÔNIO. Análise dos Efeitos da Utilização de um Sistema Fotovoltaico no Fator de Potência de uma Empresa Agroindustrial. VII CBENS - Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2018.

[8] H. M. TONHÁ, A. C. B. ALVES, Analysis of the Impact of Power Maximizing Strategy Injected by GD on the Distribution System. SBSE - Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, 2018.

[9] G. L. S. ALMEIDA, P. R. S. JOTA, Estudo da Elevação de Tensão em Redes de Distribuição de Energia Elétrica com Alta Concentração de Geradores. VII CBENS - Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2018.

[10] E. NUNES, Análise de Impactos na Rede de Distribuição de Energia Elétrica Decorrentes da Inserção de Sistemas de Geração Fotovoltaicos. 2017. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Fortaleza, 2017.

[11] International Electrotechnical Commission – IEC. Low voltage electrical installations - Part 6: Verification, 2016.

[12] Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE. IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces, 2018.

[13] R. M. V. BERTO, D. N. NAKANO, A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um Levantamento de Métodos e Tipos de Pesquisa. Produção, v. 9, n. 2, p. 65-76, 2000.

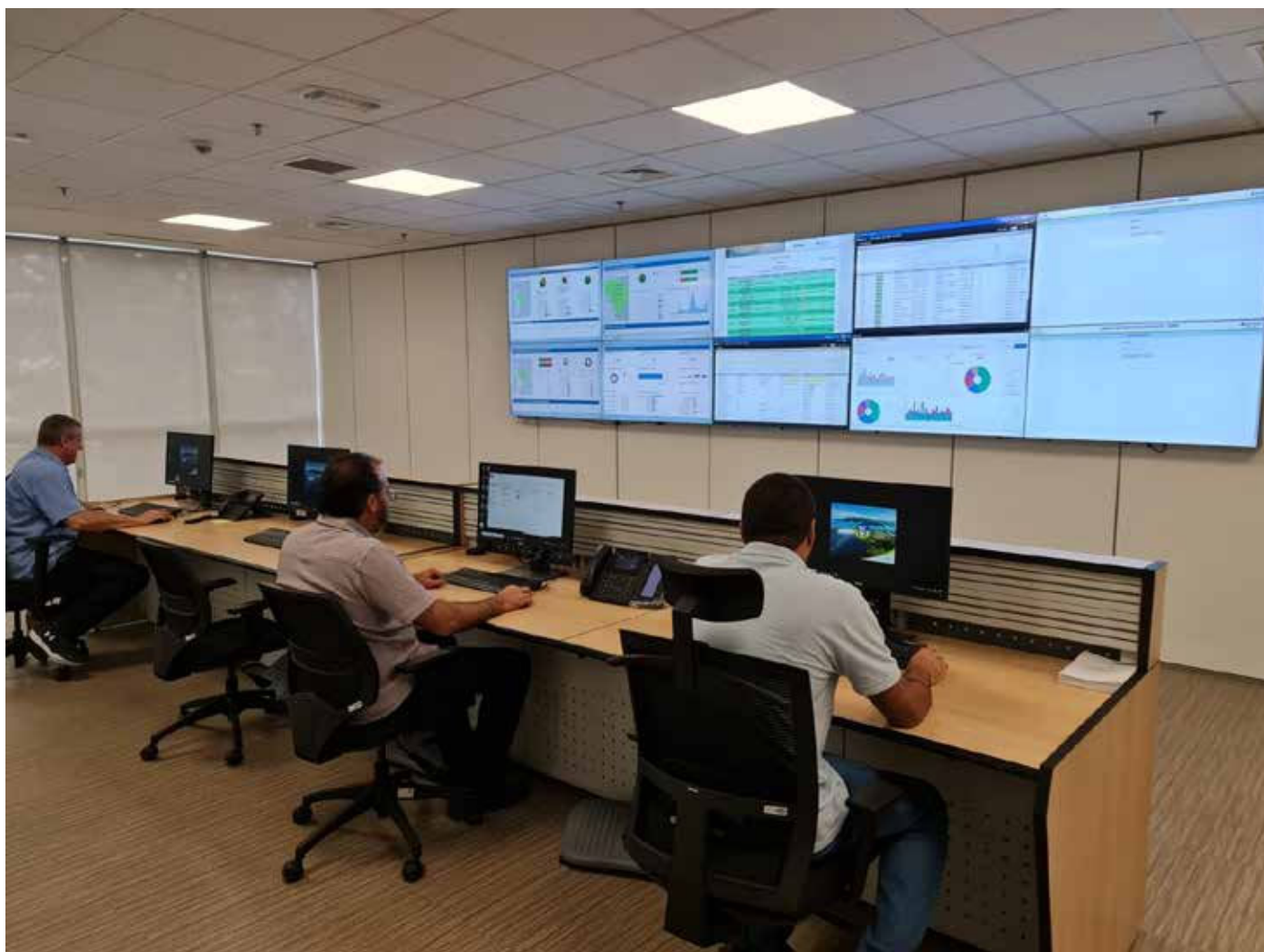
[14] C. D. PEGDEN, R. E. SHANNON, R. P. SADOWSKI, Introduction to Simulation Using SIMAM. McGraw-Hill, New York, USA, v. 2. 1990.

*Leonardo Brito, Getúlio Santos Júnior e Olívio Souto são professores no Instituto Federal de Goiás (IFG).

Sérgio Silva é professor no Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM). Fernando Nunes Belchior é professor na Universidade Federal de Goiás (UFG).

Eletronorte desenvolve centro de monitoramento para otimizar gestão de ativos e apoiar decisões estratégicas

Sistema fornece suporte em tempo integral e abre caminho para alcance da manutenção prescritiva



Plataforma exibe ferramentas e resultados obtidos durante a manutenção e operação dos equipamentos. Imagem: Reprodução/Eletronorte.

Considerada uma necessidade na era da indústria 4.0, a manutenção preditiva (aquela associada às práticas de revisão com caráter preventivo e antecipado) se faz presente há muito tempo na lista dos maiores objetivos do setor elétrico brasileiro, área cujos reparos são feitos, em sua grande maioria, de maneira corretiva. Visando atingir esse importante propósito e dar mais inteligência e agilidade à manutenção de ativos de transmissão e geração, o Grupo Eletronorte desenvolveu e vem aprimorando o Centro de Monitoramento de Gestão de Ativos, sistema que fornece suporte em tempo integral para decisões gerenciais e estratégicas.

Por meio de uma apresentação visual e padronizada em painéis, a plataforma – que está implantada na sede da empresa, em Brasília – exibe suas ferramentas e resultados obtidos durante a manutenção e operação dos equipamentos, fornecendo uma visão nítida e em tempo real da saúde e das curvas de desempenho de equipamentos como transformadores, reatores e geradores de energia. Com isso, a empresa pretende atingir o nível de manutenção prescritiva, modelo que utiliza coleta de dados e softwares para identificar, aprender e reconhecer as tendências e padrões de comportamentos.

A Eletronorte atua hoje na geração e na transmissão. Seu parque gerador conta com cinco hidrelétricas – Coaracy Nunes, Samuel, Curuá-Una, Tucuruí e Balbina –, além de usinas termelétricas em Rondônia, Acre, Roraima, Amapá e Amazonas. Com uma capacidade de geração instalada de 9.109,80 MW, a Eletronorte opera mais de 11 mil quilômetros de linhas de transmissão e 59 subestações.

Origem e desenvolvimento

A superintendente de gestão da manutenção de sistemas da Eletronorte, Lilian Ferreira, explica que a ideia de criar uma central, por meio da qual fosse possível gerenciar ativos surgiu de um desejo antigo da companhia, principalmente por parte

das equipes de engenharia de manutenção. “Desejávamos obter respostas mais rápidas e ágeis, além de tomada de decisão em relação à situação e condição dos ativos que se encontram no campo”, afirma.

Antes dessa virada tecnológica executada pela Eletronorte, o monitoramento da companhia baseava-se em um sistema muito mais simples e moroso, conforme relata Lilian: “Antes era tudo no papel. Possuíamos um painel na parede com gráficos em papel. A análise era mais lenta, pois o engenheiro precisava fazer cálculos para saber se o equipamento teria que ser tirado de operação ou não. Agora o sistema faz isso instantaneamente, dando alarmes caso os valores estejam fora do esperado. Com dados online, conseguimos – além da agilidade e de uma facilidade para equipes de engenharia de manutenção – tomar uma decisão mais rápida”.

Para que a empresa conseguisse alcançar tamanha mudança, foi necessário que o desenvolvimento da tecnologia atingisse um nível ideal de maturidade, principalmente no que diz respeito ao sensoramento. Tal amadurecimento permite que a concessionária dê passos importantes rumo à implementação do sistema em todos os seus parques. “Começamos com o monitoramento de temperatura dos nossos transformadores e reatores. Partimos então para o monitoramento de buchas desses equipamentos e, atualmente, temos confiança no que desenvolvemos ao longo do tempo, de forma que decidimos criar esse centro”, afirma a superintendente.

Lilian Ferreira explica também que o projeto é baseado nos aspectos voltados à implementação da norma de gestão de ativos, visando a certificação da ISO 55000. “Dentre as diretrizes da norma, há toda essa questão focada nos processos de operar e manter o sistema. Por isso, dentro do projeto de manutenção estamos focados nesta parte de monitoramento e predição dos ativos”, complementa.

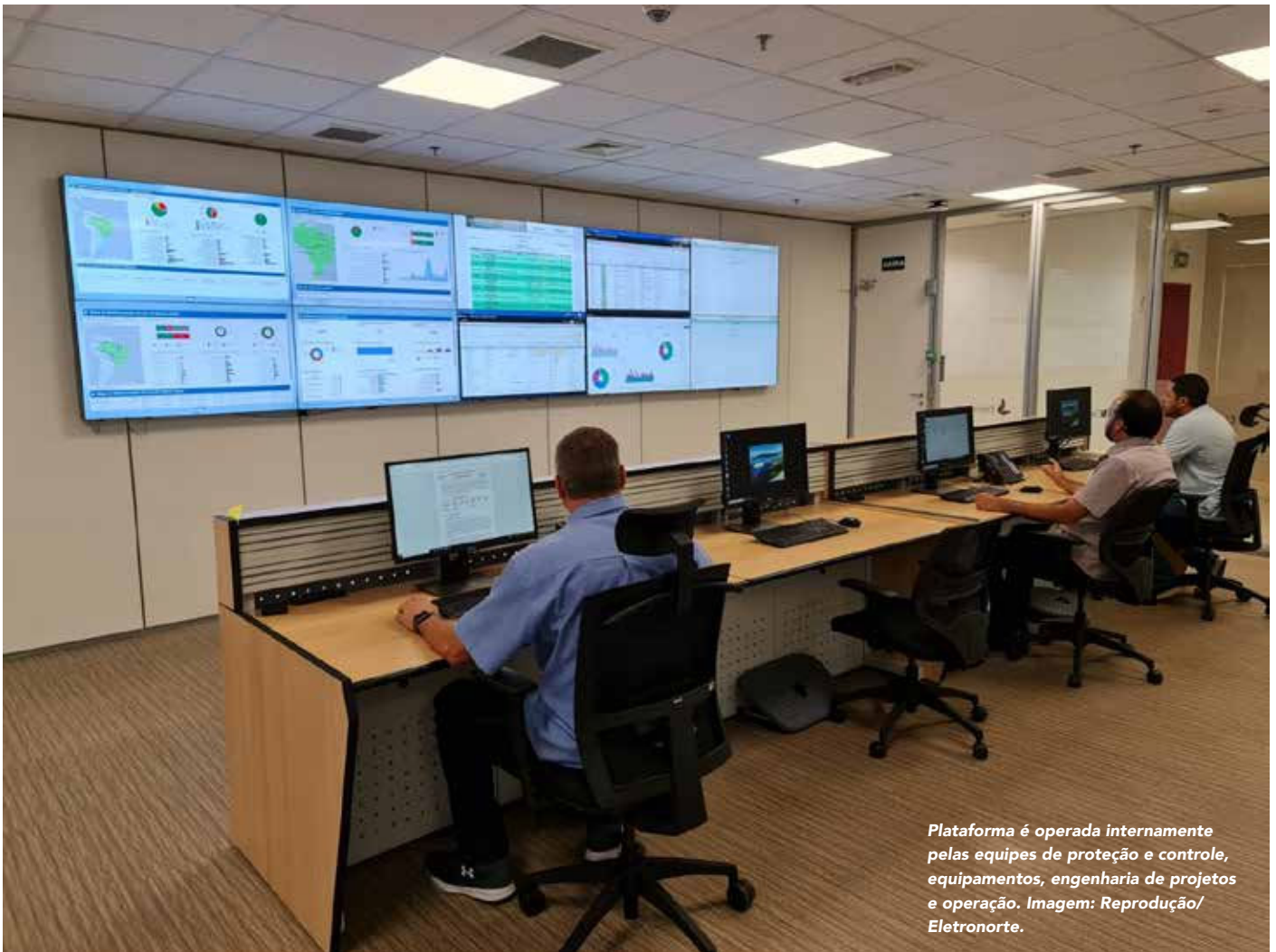
“Decisão ousada”

Os últimos dois anos foram fundamentais para o processo de centralização dos sistemas de monitoramento já presentes na empresa de energia, indica o diretor de Operação e Manutenção da Eletronorte, Antonio Augusto Bechara Pardaul. Apontado como o grande sponsor da proposta, o engenheiro avalia como ousada – e plenamente justificável – a decisão de investir em uma criação como essa, uma vez que ela oferece grandes benefícios para o grupo, que atualmente detém uma série de usinas térmicas e hidrelétricas e mais de 11 mil quilômetros em linhas de transmissão.

“Ao embarcarmos na tecnologia de digitalização, trazendo o que há de melhor no mundo e customizando com os interesses da empresa, os ganhos são fantásticos. Primeiramente, evitamos a exposição de pessoas ao risco de monitorar os equipamentos em campo – uma vez que a ação é feita de maneira remota. Outra vantagem importantíssima é a melhora e a eficiência na construção do planejamento da manutenção, pois as prioridades são estabelecidas em função da saúde real dos dispositivos. Com isso, garantimos que a gestão eficaz de todos os equipamentos de geração e transformação de energia estejam sob controle. É uma ousadia trazer essa centralização? Sim. Contudo, acredito que seja uma questão de sobrevivência de uma empresa de energia ter um monitoramento pleno de todos os ativos de geração e transmissão”, justifica Pardaul.

Funcionalidades

A instalação está equipada com painéis SAP Analytics Cloud, do sistema DianE, desenvolvido pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel). De acordo com o gerente de Pesquisa e Desenvolvimento



Plataforma é operada internamente pelas equipes de proteção e controle, equipamentos, engenharia de projetos e operação. Imagem: Reprodução/ Eletronorte.

do DianE, Christian Ducharme, um dos principais ganhos possibilitados pelo sistema do Cepel é a prevenção a sinistros: “Conseguimos acompanhar vários parâmetros e perceber quando o equipamento está ficando crítico, em condições não adequadas para a operação. Quando isso ocorre, mandamos alarmes e e-mails para os gestores para que tomem uma decisão enquanto o problema ainda é pequeno”, afirma.

Quem também teve papel de destaque para o aprimoramento da tecnologia presente no projeto foi a Treetech, fornecendo grande parte dos dispositivos eletrônicos inteligentes (como monitores de temperatura, monitores de bucha e rede de comunicação) utilizados pela Eletronorte. Para o diretor comercial da

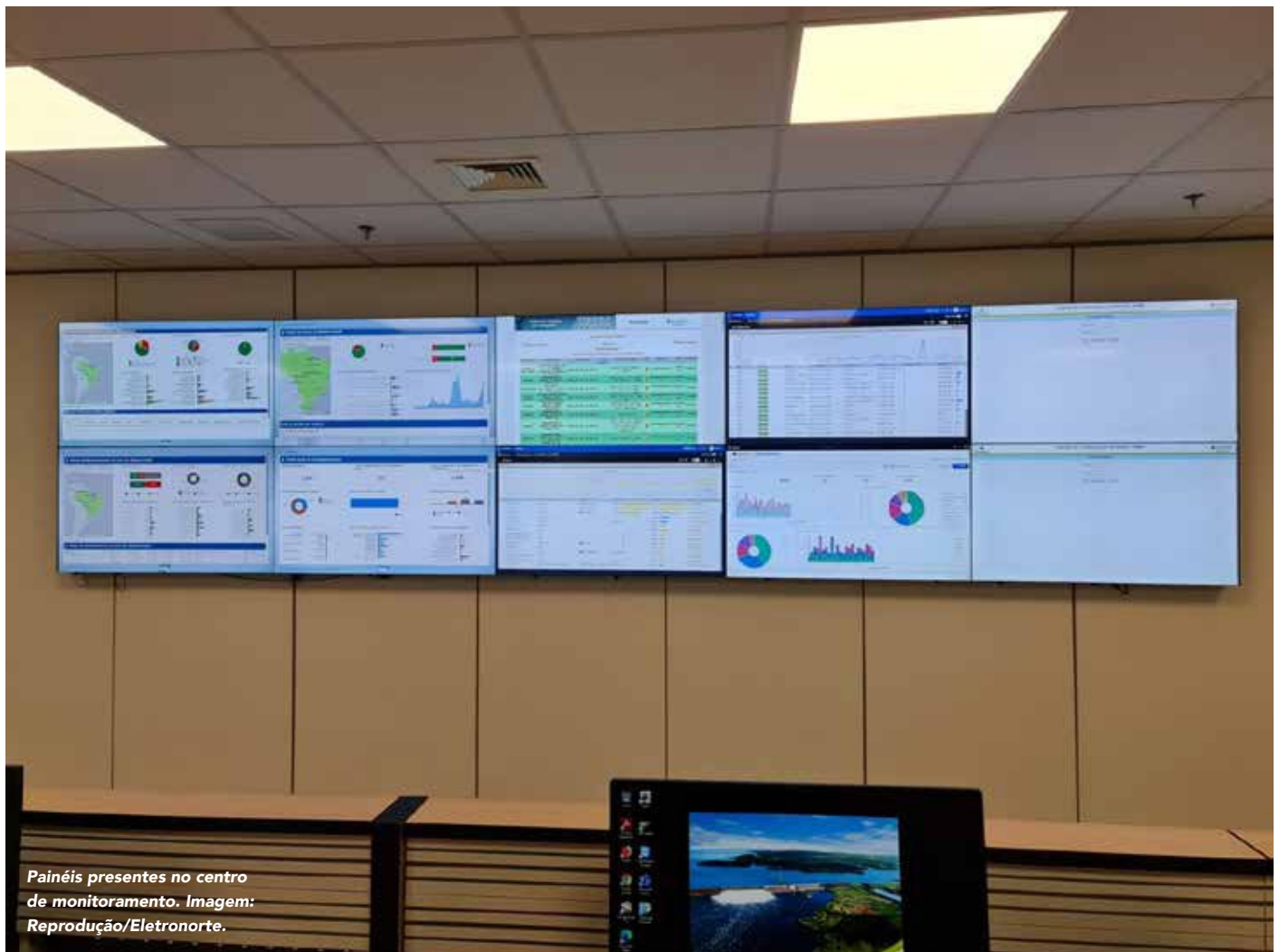
Treetech, Marcio da Costa, a mudança da manutenção para o patamar preditivo contribui com a disponibilidade, confiabilidade e previsibilidade do setor elétrico: “É como se fosse uma corrente formada por elos. Temos que fortalecer todos os elos para que a corrente se torne mais resistente”, compara.

O centro de monitoramento conta ainda com o Sistema Integrado de Apoio à Análise de Perturbações (SINAPE.NET), desenvolvido para fornecer informações às equipes de proteção e controle, além do Sistema de Monitoramento de Equipamentos (SIMME), elaborado pela equipe interna para monitorar as turbinas de Tucuruí. Também foi firmado contrato para aumentar a segurança cibernética das redes, através da detecção e correlação

avanzadas de ameaças, detecção e respostas a incidentes, gerenciamento de logs e relatórios customizáveis.

Resultados e planos para o futuro

Graças à central, já é possível observar um grande avanço no planejamento de manutenção da empresa, conforme avalia o diretor de Operação e Manutenção do grupo: “A usina de Tucuruí já é 100% monitorada na parte de vibração, o que permite adequar o planejamento de manutenção para alocarmos nossas horas de trabalho e os insumos de manutenção para atender à priorização dos equipamentos em função do estado deles. Com isso, começamos a revisar



o planejamento da manutenção online, ou seja: primeiro irei atuar naquele equipamento que já possui algum sinal de desgaste. Consigo ainda traçar as curvas de tendência do desempenho, e com isso aloco melhor os meus recursos necessários para a execução cada vez mais eficiente da manutenção”.

Ainda de acordo com o executivo, outro resultado importante que já pode ser observado é a mitigação do risco de surpresas por falhas de equipamentos. “Uma falha grave em um equipamento de geração ou transmissão de energia leva a grandes indisponibilidades e a prejuízos financeiros proporcionais a isso”, explica.

Atualmente, 42% das buchas pertencentes à Eletronorte já são

monitoradas de forma remota. Pardaul revela que há o plano para que uma sequência de implementações aprimore o papel desempenhado pelo centro de controle. Entre os próximos passos estão a ampliação do programa de monitoramento para o sistema HVDC e o acompanhamento dos gases DGA em transformadores na usina de Tucuruí. A expectativa é que, até o próximo ano, todas as malhas de equipamentos estejam 100% monitoradas, o que incluirá a geração de relatórios diagnósticos, otimizando todos os recursos da empresa – tanto os de colaboradores quanto os recursos para a compra de materiais. “O tempo irá dizer que foi uma decisão acertada, não tenho dúvidas”, conclui o diretor.

Metaverso

De olho nos avanços tecnológicos mais recentes, a Eletronorte também está desenvolvendo um projeto de Realidade Virtual e Aumentada com uso de óculos virtuais para ambiente imersivo do Sistema HVDC, com o propósito de recriar subestações e equipamentos para agilizar treinamentos e melhorar o desempenho da manutenção. Lilian Ferreira explica que as equipes que hoje estão no campo terão acesso a um ambiente do metaverso, no qual, junto à equipe de engenharia de manutenção, será possível interagir com tal realidade virtual.

Internamente, o sistema é operado pelas equipes de proteção e controle, equipamentos, engenharia de projetos e operação.

	Áreas de atuação											Segmentos de atuação							Principais clientes										Possui Certificado ISO	Programas na área de responsabilidade social	Especifica produtos, equipamentos, componentes, fornecedores	Compra produtos, equipamentos, componentes, etc.	Número de funcionário	Ano de início de atividades da empresa				
	Baixa tensão	Média tensão	Alta tensão	Automação	Instrumentação e controle	Cabeamento estruturado	Telecomunicações	Atmosferas explosivas	Energia solar fotovoltaica	SPDA	Eólica	Outras	Residencial	Comercial	Industrial	Serviços	Transmissão, geração e distribuição	Outros	Concessionárias de energia elétrica	Indústria em geral	Construtoras	Instaladoras	Outras empresas de engenharia	Empresas de manutenção	Fabricantes de produtos e equipamentos elétricos	Comércio	Condomínios	Outros							ISO 9001 (qualidade)	ISO 14001 (ambiental)		
x	x										x		x	x	x				x			x						x	x	x	acima de 30	1993						
x			x		x	x		x	x			x	x	x	x				x	x	x		x			x			x	x	x	de 5 a 10	2000					
x	x		x					x					x	x	x		x								x					x	x	x	de 20 a 30	2011				
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x		x		x			x	x		x	x	x	x	x	x	x	acima de 30	1922					
x																	x			x						x	x	x			x	x	até 5	2001				
x	x		x					x	x			x	x	x	x			x	x			x										x	x	de 20 a 30	1999			
x	x		x	x	x			x	x	x			x	x	x			x	x		x	x	x								x	x	de 5 a 10	1983				
	x	x	x		x			x					x	x	x		x	x							x	x					x	x	acima de 30	2012				
x	x		x		x	x						x	x	x	x		x		x	x						x					x	x	de 10 a 20	2015				
x	x	x					x	x	x				x	x	x	x			x	x	x	x	x								x	x	de 5 a 10	1996				
x	x					x		x	x				x	x	x		x									x						x		de 5 a 10	2016			
x	x		x																															até 5	1998			
x	x				x	x		x	x				x	x	x				x	x											x	x	de 10 a 20	2014				
x	x	x	x				x	x	x				x	x	x				x	x	x	x	x			x	x					x		de 5 a 10	2001			
x	x				x								x	x	x	x											x					x		até 5	1990			
x	x	x					x	x	x	x				x	x		x	x	x	x	x	x										x		acima de 30	1995			
x			x										x	x	x																			até 5	2012			
x	x	x					x	x	x	x	x				x	x																x	x	x	acima de 30	2016		
x												x	x							x								x				x		de 5 a 10	1995			
x	x		x		x	x		x				x	x	x	x																			de 10 a 20	1981			
x	x		x		x	x		x	x				x	x	x		x									x	x					x	x	acima de 30	1997			
x	x	x					x	x					x	x	x							x	x									x	x	x	de 5 a 10	2020		
x	x				x								x	x							x												x		de 20 a 30	2018		
x	x				x								x	x	x		x																x		até 5	1984		
x	x							x	x				x	x																					de 5 a 10	2000		
x	x		x		x	x							x	x	x																				de 5 a 10	1990		
							x																											x	x	de 5 a 10	1995	
x	x	x	x	x				x	x				x	x	x	x	x																		acima de 30	2001		
								x																												de 20 a 30	2014	
	x	x	x	x				x	x	x	x																									de 20 a 30	2017	
x	x	x	x	x				x	x				x	x	x	x																				acima de 30	2006	
x	x	x						x	x	x																										até 5	2005	
x	x	x	x	x				x					x	x	x	x																				acima de 30	1978	
x	x	x	x					x	x				x	x	x																					de 10 a 20	2008	
x	x		x		x	x							x	x	x	x																				acima de 30	2002	
x	x		x					x					x	x	x	x																				de 20 a 30	1999	
x			x																																	acima de 30	1979	
x	x												x	x																						acima de 30	1962	
x	x		x	x	x								x	x	x	x																				de 10 a 20	2009	
x	x	x											x	x	x	x																				de 5 a 10	2006	
x	x		x		x	x							x	x	x	x																				de 10 a 20	1986	
x	x	x											x	x	x	x																				de 10 a 20	1976	
x	x		x										x	x	x	x																				até 5	2004	
x	x	x											x		x	x	x																			de 10 a 20	1988	
		x																																			de 5 a 10	2016
x	x		x	x	x								x	x																							acima de 30	2006

Empresas de instalação e manutenção						Tipos de serviços																		
						Engenharia e Consultoria Elétrica	Instalação e Manutenção Elétrica	Projeto	Instalação	Consultoria	Operação	Manutenção	Visitas	Fiscalização de obra	Direção de obra	Reparos	Montagens	Ensaio e análises	Outros					
EMPRESA	Telefone	Site	Cidade	UF	Filiais																			
AÇÃO ENGENHARIA	(11) 3883-6050	www.acaoenge.com.br	São Paulo	SP		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ACR TECNOLOGIA	(48) 3269-5559	www.acrtecnologia.com.br	Florianópolis	SC		x	x		x	x	x			x	x	x	x	x	x	x				
ARAÚJO ABREU	(21) 3865-2500	www.araujoabreu.com.br	Rio de Janeiro	RJ	MG, RS, PR, SC, CE, BA, PA, AM, DF, SP, ES	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
COELTE ENGENHARIA	(12) 3621-6020	www.coelte.com.br	Taubaté	SP		x	x	x	x			x		x		x	x	x						
COLI ENGENHARIA	(11) 2063-2323	www.coli.com.br	São Paulo	SP		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
DBM ENGENHARIA	(21) 99971-4449	www.dbmenergiasolar.com.br	Rio de Janeiro	RJ			x		x	x														
DEODE	(32) 99984-5751	www.deodenergia.com	Juiz de Fora	MG	RJ	x	x	x	x			x					x	x					x	
DUTRA LACROIX	(11) 5573-2327	www.dutralacroix.com.br	São Paulo	Br	RJ, RS	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ENGEPOWER	(11) 3579-8777	www.engepower.com	Barueri	SP		x	x			x	x	x	x											
FAW7 ENGENHARIA	(11) 2768-0800	www.faw7.com.br	São Paulo	SP		x	x	x	x	x		x		x	x					x	x			
GOD POWER ENGENHARIA	(21) 98106-4968	www.godpower.com.br	Rio de Janeiro	RJ		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
KRIEGER ENGENHARIA	(47) 99985-0499	www.krieger.eng.br	Blumenau	SC		x	x	x	x	x			x	x										
MAEX ENGENHARIA	(19) 3455-5266	www.maex.com.br	Santa Bárbara d'Oeste	SP		x	x	x	x	x		x									x			
MASALUPRI ENGENHARIA ELÉTRICA	(21) 3496-0644	www.masalupri.com.br	Rio de Janeiro	RJ	SP, RS, PE, PA, TO, MG	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P3 ENGENHARIA ELÉTRICA	(47) 3333-8077	www.p3engenharia.com.br	Blumenau	SC		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
PRISMA MONT. E SERV. ELÉTRICOS	(21) 2428-3155	em construção	Rio de Janeiro	RJ		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
PROSOLARHEOS	(72) 99141-6576	www.prosolarheos.com.br	Salvador	BA	SP, RJ, MT	x	x	x	x	x											x			
QUADRIMAR QUA. E PAI. ELETRICOS	(21) 2428-3155	www.quadrimar.com.br	Rio de Janeiro	RJ			x																	x
REVIMAQ	(11) 4531-8181	www.revimaq.com	Jundiaí	SP		x	x	x				x								x		x		
SIGMASYS ENGENHARIA	(15) 3218-2222	www.sigmasys.com.br	Sorocaba	SP		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SOLFORTES	(21) 3489-9334	www.solfortes.com.br	Rio de Janeiro	RJ		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TEMON TÉCNICA DE MONTAGEM	(11) 5508-8188	www.temon.com.br	São Paulo	SP			x				x	x									x			
VOLTXS ENERGIA	(71) 99940-0770	www.voltxs.com.br	Salvador	BA	SP, PR	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					

TRAEI 30 anos Evolução contínua, transformando energia em desenvolvimento.

Indústria e Assistência Técnica, Cuiabá-MT • Brasil
 (65) 3611-6500

Assistência Técnica, Ananindeua-PA • Brasil
 (91) 3255-4004

traei.com.br

ISO 9001 ISO 14001 DNV-GL

	Áreas de atuação											Segmentos de atuação						Principais clientes										Possui Certificado ISO		Número de funcionário	Ano de início de atividades da empresa	
	Baixa tensão	Média tensão	Alta tensão	Automação	Instrumentação e controle	Cabeamento estruturado	Telecomunicações	Atmosferas explosivas	SPDA	Energia solar fotovoltaica	Eólica	Outras	Residencial	Comercial	Industrial	Serviços	Transmissão, geração e distribuição	Outros	Concessionárias de energia elétrica	Indústria em geral	Construtoras	Engenharia	Empresas de manutenção	Comércio	Condomínios	Outros	ISO 9001 (qualidade)	ISO 14001 (ambiental)	Programas na área de responsabilidade social			Específicos produtos, equipamentos, componentes, fornecedores
x	x		x								x	x	x	x				x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	acima de 30	1993
x			x		x	x		x	x			x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	de 5 até 10	2000
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	acima de 30	1922
x	x		x						x	x			x	x	x	x			x	x			x					x		x	de 20 até 30	1999
x	x		x	x	x				x	x	x		x	x	x				x		x	x	x					x	x	x	de 5 até 10	1983
x	x								x	x			x	x	x				x	x								x	x	x	acima de 30	1986
x	x	x	x							x			x	x	x				x	x		x		x					x	x	acima de 30	2020
x	x	x						x	x	x			x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x			x	x	de 5 até 10	1996	
x	x	x						x	x	x	x			x	x		x		x	x	x	x			x			x	x	x	acima de 30	1995
x	x								x	x	x			x	x	x			x	x	x				x			x	x	x	acima de 30	2016
x	x	x							x	x			x	x	x				x		x	x	x	x				x	x	x	de 5 até 10	2020
x	x										x		x	x	x		x		x	x	x			x	x				x		até 5	1984
								x						x					x										x	x	de 5 até 10	1995
x	x	x	x	x					x		x		x	x	x	x			x	x								x	x	x	acima de 30	2001
x	x	x	x	x					x	x	x			x	x	x			x	x	x							x	x	x	acima de 30	2005
x	x	x	x						x	x				x	x	x			x	x	x	x	x					x	x	x	de 10 até 20	2008
x	x		x							x			x	x	x				x	x								x	x	x	de 20 até 30	1999
x	x												x	x	x				x	x	x							x	x	x	de 5 até 10	2008
x	x													x					x	x							x	x	x	acima de 30	1979	
x	x		x	x	x								x	x	x	x			x	x	x							x	x	x	de 10 até 20	2009
x	x	x								x			x	x	x				x	x	x	x	x	x				x	x	x	de 5 até 10	2006
x	x	x	x	x									x	x	x				x	x	x							x	x	x	acima de 30	1979
x	x	x											x	x	x	x			x	x	x							x	x	x	de 10 até 20	1988

Conector de emendas recuperável: para instalações rápidas, fáceis e seguras

MADE FOR REAL®



HellermannTyton

HelaCon Plus Releasable é um conector recuperável para emendas e derivações de fios **rígidos** ou **flexíveis** com bitolas 0,2 a 4,0mm². Suporta corrente de até **32A**, **tensão máxima de 450V**, possui tamanho compacto e corpo transparente que auxilia visualmente a correta instalação. Além disso, ele também possui ponto de teste para verificação da passagem de corrente elétrica.



HCRN-2 (2 pólos)



HCRN-3 (3 pólos)



HCRN-3 (5 pólos)



Para saber mais informações, aponte a câmera do seu Smartphone para o QRCode e baixe nosso folheto.

Modelos geoeletricos 3D ou 1D?

Engenheiros eletricitistas estão acostumados a elaborar projetos de sistemas de aterramento utilizando os chamados "Modelos de solo", que são modelos geoeletricos 1D. Para os aterramentos limitados a áreas relativamente pequenas, com menos de 20.000 m² (área de uma subestação, por exemplo), os modelos de solo são usualmente construídos pelos próprios engenheiros eletricitistas, geralmente com base em sondagens elétricas verticais executadas com terrômetros com arranjo de Wenner.

Os requisitos de geração e de transmissão de energia no início do século 21 trouxeram novos desafios, que são os sistemas de aterramento de grandes dimensões, que requerem modelos geoeletricos de profundidade compatível com a sua dimensão:

- Sistemas de transmissão de energia em corrente contínua – complexos de geração e de transmissão do Rio Madeira e de Belo Monte, além de outros que estão por vir;
- Grandes plantas de geração renovável – usinas hidroelétricas, parques eólicos e usinas fotovoltaicas, que atingem dimensões da ordem de quilômetros.

O setor elétrico reconheceu os novos desafios e tomou a iniciativa de promover uma significativa revisão da norma ABNT NBR-7117 – Medições de Resistividades do Solo e Modelagem Geoeletrica, que foi publicada em novembro de 2020. Esta revisão agregou importantes novidades a esta norma:

- Reconhece que o modelo de solo básico tem, pelo menos, três camadas;
- Adota a nomenclatura internacionalmente empregada para os arranjos de sondagem por eletrorresistividade (AB e MN) e reconheceu o uso do resistímetro como equipamento mais adequado para solos de alta resistividade (acima de 1000 Ωm);

- Reconhece que o parâmetro resistividade do solo tem distribuição estatística que se aproxima da log-normal e adota a média geométrica para o cálculo de uma curva média de resistividades aparentes;
- Recomenda a complementação das medições rasas (SEVs) com campanhas eletromagnéticas (TDEM, AMT e MT), quando forem necessários modelos geoeletricos profundos (caso dos grandes aterramentos), e reconhece a eventual necessidade de suporte qualificado para a sua construção.

A última revisão da norma ABNT NBR 7117/2020 recomenda que o modelo geoeletrico tenha profundidade compatível com o porte da instalação. A construção destes modelos de solo mais profundos baseia-se em três tipos de sondagens geofísicas:

- Rasa: utiliza métodos elétricos (com arranjos de Wenner ou Schlumberger) para construir modelos geoeletricos com dezenas de metros de profundidade;
- Near-surface: utiliza métodos eletromagnéticos (AMT e/ou TDEM) para construir modelos geoeletricos de centenas de metros de profundidade (até um ou dois quilômetros);
- Profunda (EM): também utiliza métodos eletromagnéticos (magnetotelúrico) para construir modelos geoeletricos de quilômetros de profundidade.

Os modelos geoeletricos, no âmbito da geologia, investigam profundidades específicas, dependendo do objeto do estudo – água, geotecnia, prospecção mineral, tectônica etc. Por este motivo, frequentemente utilizam apenas uma das técnicas acima relacionadas para os seus objetivos. Porém, projetos de aterramento elétrico exigem modelos geoeletricos que vão desde a superfície do solo até dezenas de metros, centenas de metros

ou quilômetros de profundidade, dependendo das dimensões e do tipo do sistema de aterramento objeto do estudo. Neste caso pode ser necessária a combinação destas diferentes técnicas de sondagem geoeletrica em um único modelo de solo, usualmente unidimensional (1D).

Aqui cabe responder à questão que frequentemente é levantada, especialmente pelo pessoal da geofísica: Por que o Modelo 1D? Um modelo 3D não seria melhor?

Evidentemente, um modelo 3D seria melhor, porém, ele é inviável em termos de custo e prazo. Modelos 3D poderiam ser construídos e utilizados nos projetos, mas o custo e o tempo envolvidos nas campanhas de campo e no pós-processamento da imensa massa de dados levantada inviabilizariam o projeto. Ainda que fossem produzidos modelos 3D, as simulações 3D exigiriam programas de elementos finitos, que não são adequados para a modelagem de volumes de subsuperfície de dimensões

quilométricas, que envolvem longos tempos de processamento e que exigem software e hardware caros e complexos.

A Figura 1 ilustra uma parte de uma propaganda de um fabricante de equipamentos de sondagens geofísicas, em que ele diz: a típica campanha de sondagens de resistividade 1D envolve cerca de 10 a 20 medições, enquanto uma campanha para imageamento 2D envolve entre 100 e 1000 medições. Em comparação, uma campanha 3D pode envolver milhares de medições.

Desta maneira, a modelagem 1D é a mais compatível com o tempo e com as verbas usualmente disponíveis para os projetos de aterramento elétrico, além de atender às limitações dos programas de simulação de sistemas de aterramento utilizados pelo setor.

A Figura 2 ilustra um modelo 3D produzido para o projeto do eletrodo de aterramento da estação conversora de Estreito, do Sistema HVDC de Belo Monte 1 (projeto elaborado pelo autor para a Siemens).

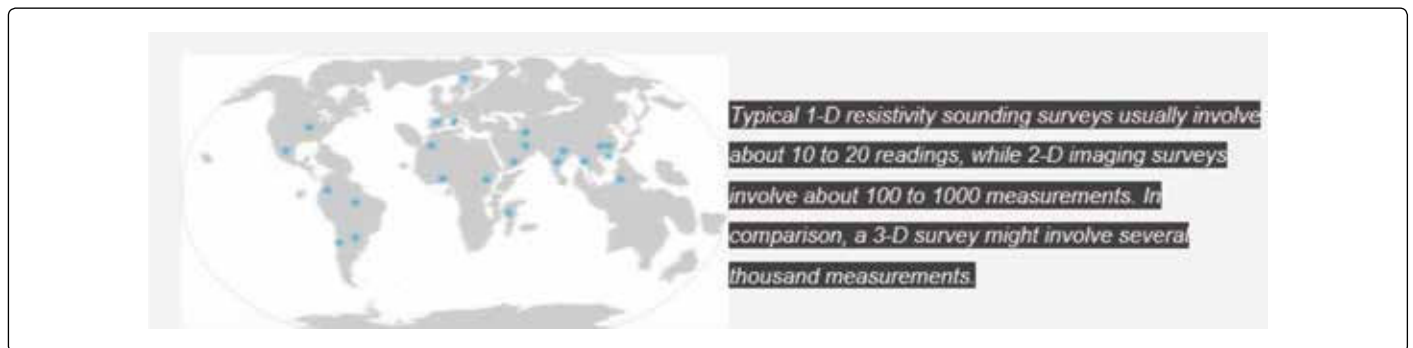


Figura 1 - Sondagens geofísicas para modelos 1D, 2D e 3D.

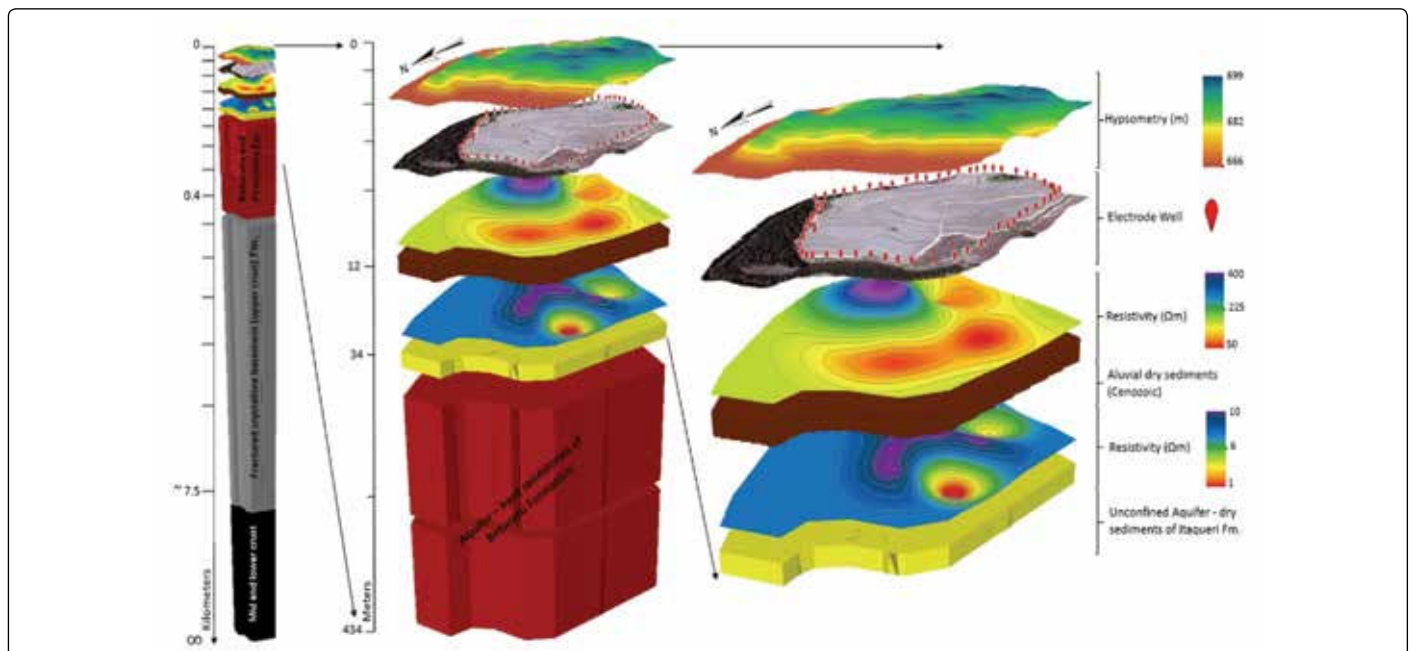


Figura 2 - Modelo 3D produzido para o projeto do eletrodo de aterramento da estação conversora de Estreito, do Sistema HVDC de Belo Monte 1 (projeto elaborado pelo autor para a Siemens).

Considerações sobre o fator de potência em prédio universitário com geração fotovoltaica

Com a crescente demanda de energia elétrica exigida pela sociedade atual, aliada aos grandes avanços tecnológicos, várias são as discussões acerca de novos meios de produção de energia, em especial aqueles que promovem menor agressão ao meio ambiente. Neste contexto, as fontes renováveis de energia, com grande participação dos sistemas eólicos e fotovoltaicos, integram a cadeia de geração a partir da Geração Distribuída (GD). Portanto, essa modalidade de geração, por estar próxima aos locais de consumo, dispensa gastos relacionados à transmissão, aliviando as linhas e usinas tradicionais. Entre vários outros benefícios proporcionados pela GD, ela também traz algumas preocupações, principalmente no que se refere à Qualidade da Energia Elétrica (QEE). A produção de eletricidade a partir de geradores eólicos e células fotovoltaicas, por exemplo, não é constante, oscilando conforme as condições ambientais, podendo deixar o sistema instável.

Quando considerada a inserção de potência ativa no sistema elétrico devido à produção fotovoltaica (FV), o triângulo de potências sofrerá alteração conforme variar a diferença entre potência gerada e consumida. Os inversores de controle dos módulos fotovoltaicos, em sua grande maioria, são configurados para operar com FP constante e unitário, injetando apenas potência ativa no sistema para que as chaves de comutação operem com eficiência máxima.

Considerando-se, então, um consumo reativo Q constante, quanto menor for o módulo da diferença entre potência gerada e consumida, menor será o fator de potência da instalação. Da Figura 1, nota-se tal variação para os cenários distintos: (a) apenas consumo; (b) consumo > geração; (c) geração; (d) geração > consumo; (e) consumo = geração.

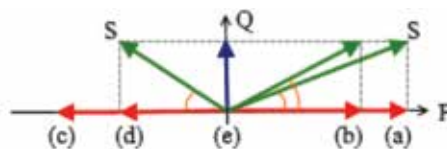


Figura 1 – Relação entre variação do módulo da potência e o FP, variando-se a quantidade de geração.

As noções de atraso e avanço para o FP se invertem quando há fluxo reverso de potência. Portanto, não é mais relacionado ao tipo de carga, indutiva ou capacitiva, mas apenas à defasagem da onda de corrente em relação à tensão.

Com o intuito de verificar, na prática, estas questões, a Figura 2 representa um diagrama unifilar composto por três inversores (2 de 7,5 kW e 1 de 12 kW) alimentando um total de 27 kWp de GD fotovoltaica, conectados à rede por meio de transformadores de 20 kVA e 12 kVA, respectivamente, e um transformador de entrada (150 kVA). As cargas da instalação consistem majoritariamente de iluminação, computadores, televisores e monitores, havendo

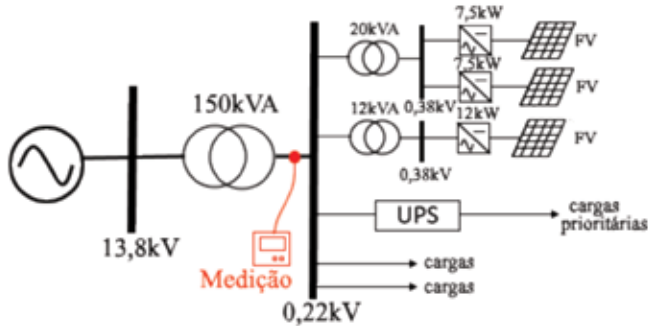


Figura 2 – Diagrama unifilar simplificado da instalação.

alguns aparelhos de ar condicionado e motores (ventiladores, elevador, bombas d’água). Há também uma Fonte Ininterrupta (UPS) conectada à rede destinada à alimentação de cargas prioritárias. Os cenários apresentados a seguir trazem as medições no secundário do transformador de 150 kVA.

Para a análise da variação do FP, foram definidos alguns cenários conforme a Tabela I. O cenário 0 indica um dia comum de utilização do prédio, em que se realizaram duas medições de 24 horas, uma sem o sistema FV conectado à rede e outra com

	GD	Tempo de medição	Carga
Cenário 0	Não/Sim	24h	9,5kVA
Cenário 1	Sim	3h	Sem carga
Cenário 2	Não	3h	31kVA
Cenário 3	Sim	3h	31kVA

o sistema conectado. Para os demais cenários houve intervenção quanto à geração: o cenário 1 com apenas geração, o cenário 2 apenas consumo, e cenário 3 com geração e consumo, referentes às partes (c), (a), e (b) ou (d), da Figura 1, respectivamente.

		FP	P (kW)	Q _{ind} (kvar)	S (kVA)
Sem	Max	0,903	9,03	3,14	9,56
FV	Min	0,680	3,71	3,43	5,05
Com	Max	0,980	-21,15	2,14	21,26
FV	Min	0,056	-0,32	3,37	3,40

Os resultados das medições encontram-se nas Tabelas II, para o cenário 0 e na Tabela III, para os cenários 2 e 3, divididos conforme as ocorrências observadas na Figura 1. Os valores máximos e mínimos mencionados nas tabelas são devidos à variação de carga e geração ao longo do período de medição, ou seja, os maiores e menores valores obtidos durante as medições.

		FP	P (kW)	Q _{ind} (kvar)	S (kVA)
Sem	Max	0,924	29,43	10,77	31,35
FV	Min	0,907	25,76	10,93	27,98
Inv.	Max	0,862	24,05	12,78	27,23
7,5kW	Min	0,801	18,22	12,76	22,24
Inv.	Max	0,855	21,07	11,94	24,22
12kW	Min	0,700	12,43	11,72	17,09
Inv.	Max	0,737	12,06	9,72	15,49
Tot	Min	0,221	2,52	9,42	9,75

Ambiente despojado e moderno é com canaleta aparente preta da Dutotec.

O conceito industrial aplicado a residências e corporativos.

- Manutenção de baixo custo.
- Durabilidade e fácil limpeza.
- Instalação sem quebrar paredes.
- Canaleta e acessórios para diferentes capacidades de cabos.

Conheça as opções em: dutotec.com.br/canaletas-de-aluminio



O cenário 2 quantifica o consumo máximo alcançado pela instalação, chegando a 31,35 kVA, sendo 29,43 kW de potência ativa e 10,77 kvar de reativa capacitiva, com $FP = 0,924$.

A carga da instalação em geral apresenta fator de potência variável ao longo do dia, apresentando menor FP em períodos ociosos (à noite), como visto na Figura 3.

Com a inserção de GD fotovoltaica, em períodos de grande quantidade de potência ativa exportada para a rede, o FP aumenta consideravelmente ($FP > 0,90$). Contudo, no limiar entre potência consumida e geração serem iguais ou apresentarem pequena diferença frente à potência reativa da instalação, o valor do FP reduz, podendo chegar a 0,221. Tal cenário corresponde à faixa (e) da Figura 1, ou convergindo para esta.

Quando se faz o aumento da carga para os testes (Cenário 3) não ocorre exportação de energia para a rede, não havendo então inversão no fluxo de potência. Contudo, quando $P < Q$, o FP apresenta-se abaixo de 0,5, como pode ser visto na Figura 4.

Assim, de acordo com os dados apresentados, ao instalar sistemas fotovoltaicos torna-se interessante avaliar o perfil de consumo do local, de forma a evitar que o FP permaneça abaixo dos valores recomendados; principalmente para os casos de consumidores tarifados por extrapolá-lo (Grupo A), buscando alternativas para ocorrências dos cenários "d" e "e" da Figura 1.

Quando a geração é significativamente maior que o consumo, o FP aumenta, porém, quando a produção se equipara ao consumo (maioria das instalações), o FP fica menor que 0,92. Devido à correlação entre a geração fotovoltaica e irradiação, o FP apresenta grandes oscilações durante a intermitência do sol.

Nesta premissa, o FP entra como um parâmetro importante a ser avaliado antes de inserir um sistema de geração FV na rede, visto que a capacidade de hospedagem de geração fotovoltaica não deve afetar o bom funcionamento do sistema (confiabilidade, qualidade da energia elétrica, limites térmicos).

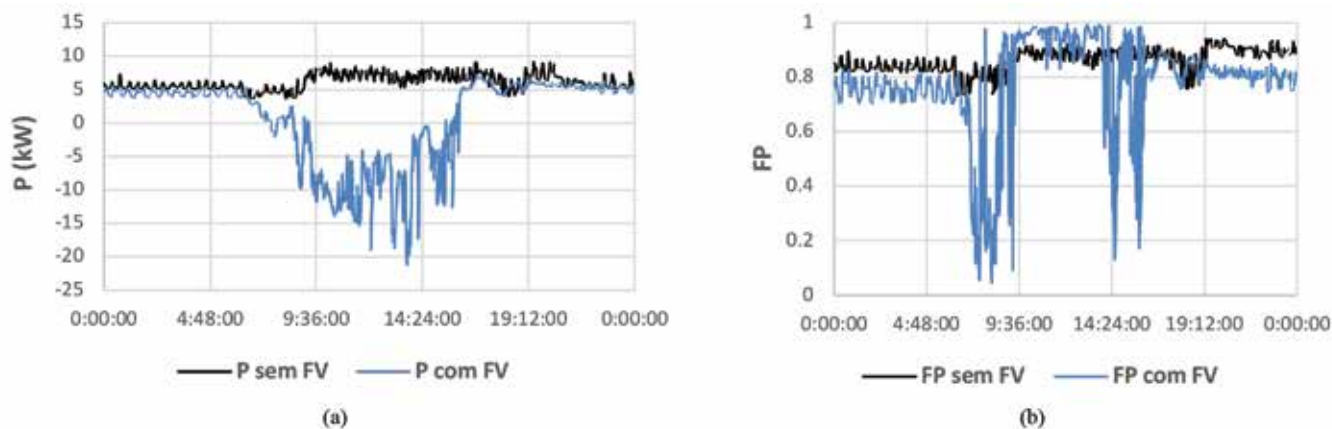


Figura 3 – Cenário 0 carga típica – (a) potência ativa com e sem geração FV, (b) FP com e sem geração FV.

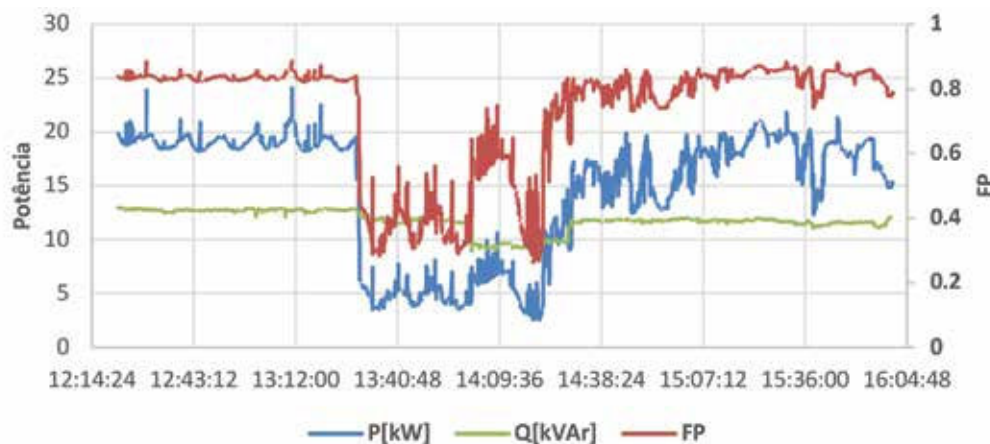


Figura 4 – Para o Cenário 3, as medições começaram com o inversor de 7,5 kW ligado, então, foram acionados todos os inversores por volta de 13h30, prosseguindo apenas com o inversor de 12 kW das 14h30 em diante.



BR6

Conjunto de manobra de média tensão
Isolação Ar/SF6.



G2 SLIM

Conjunto de manobra em média tensão
isolado a ar.



TRANSFORMADOR

A Seco De Média Tensão.



PROSE7

Conjunto de manobra em baixa tensão.

Nova Unidade

BRVAL Sorocaba-SP





Retomada dos eventos técnicos do CIGRE-Brasil

O CIGRE-Brasil (CB) possui como missão promover a produção, o compartilhamento e a disseminação dos conhecimentos técnicos no setor de energia, atuando como indutor da qualidade de vida sustentável. Aliado a este fato busca o reconhecimento nacional e internacional e serve de referência na produção e gestão do conhecimento técnico no setor elétrico brasileiro gerando como resultados publicações técnicas (artigos, recomendações, brochuras e livros) e promovendo eventos técnicos. Para este alcance possui 16 Comitês de Estudo (CEs) que reúnem especialistas de diversas regiões e segmentos, gerando grupos de trabalho e promovendo eventos nacionais periódicos e participando dos internacionais do CIGRE.

A pandemia da Covid 19 nos anos 2020 e 2021 afetou a quantidade de eventos, mas promoveu a realização dos encontros digitais. Em 2022 retornaram os eventos em formato presencial incluindo os online, aproveitando a experiência adquirida. Principais eventos realizados e programados pelo CB e seus CEs:

• **SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica**

Reúne 16 CEs desde 1972, maior evento da América Latina. A XXVI edição, realizada em maio de 2022, contou com 2.500 participantes. A próxima edição será de 19 a 22/11/23, em Brasília;

• **SEPOPE – Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão de Sistemas de Energia Elétrica**

Início em 1985, é coordenado pelos CEs C1 a C6. A XV edição ocorreu em março de 2022, em Foz do Iguaçu;

• **SINTRE – Seminário Internacional de Transmissão de Energia Elétrica: Inovação, Regulação e Qualidade do Serviço Público**

Recente parceria com a Associação Brasileira das Empresas de Transmissão de Energia Elétrica (Abrate). A 1ª edição ocorreu em 2019 e a segunda aconteceu nos dias 15 e 16 de

setembro de 2022. Reúne especialistas para debater questões referentes a regulação, qualidade do serviço e inovação;

• **STPC – Seminário Técnico de Proteção e Controle**

Promoção do CE B5 desde 1986, envolve tecnologias emergentes em automação, medição, proteção e controle. A XVI edição será de 24 a 27 de outubro de 2022, no Rio de Janeiro;

• **SENCESEF – Seminário Nacional CIGRE de Energia Solar Fotovoltaica**

Coordenado pelo CE C6, trata do crescimento e da consolidação tecnológica da energia solar fotovoltaica, estado da arte e integração com recursos energéticos. A 4ª edição será em 04 de novembro de 2022, em Florianópolis (SC);

• **WORKSPOT – Workshop Internacional sobre Transformadores de Potência, Equipamentos de Transmissão e Distribuição, Subestações, Materiais e Tecnologias Emergentes**

Evento promovido desde 1999 pelos CEs A2, A3, B3 e D1, debate temas relacionados no título. A X edição será de 27 a 30 de novembro de 2022, em Foz do Iguaçu (PR);

• **EDAO – Encontro para Debates de Assuntos da Operação**

Desde 1990 é o principal fórum de debates da operação e suas instalações e aspectos técnico-operacionais e de gestão. A próxima edição será entre 5 e 7 de dezembro de 2022, em São Paulo (SP);

• **SMARS – Seminário Brasileiro de Meio Ambiente e Responsabilidade Social no Setor Elétrico**

Desde 2004, promovido pelo CE C3, aborda os desafios do planejamento, implantação e operação de empreendimentos do setor frente a sustentabilidade, legislação ambiental e responsabilidade social. O X SMARS será em maio de 2023, no Rio de Janeiro (RJ);

• **ERIAC – Encontro Regional Ibero-Americano do CIGRE**

Iniciado em 1986, envolve a região Ibero-

Americana do CIGRE – Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Espanha, México, Paraguai, Peru e Portugal –, com realização pelos Comitês Nacionais do Brasil, Argentina e Paraguai. Seus temas preferenciais abrangem os 16 CEs. A XIX edição, com organização do CIGRE-Brasil, ocorrerá de 21 a 24 de maio de 2023, em Foz do Iguaçu (PR);

• **SIMPASE – Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos**

Iniciado em 1992, é coordenado pelos Comitês de Estudo B5, C2 e D2 e abrange temas, como automação e digitalização de usinas, subestações, redes de distribuição e instalações; materiais e tecnologias emergentes; integração de sistemas de supervisão e controle de instalações e de centros de operação com sistemas corporativos. A XIV edição está programada para agosto de 2023;

• **ENAM – Encontro Nacional de Máquinas Rotativas**

Evento promovido pelo CE A1 desde 2002, reúne especialistas e representantes da indústria de equipamentos, de empresas geradoras e de consultoria, de universidades e centros de pesquisa para debates sobre a tecnologia de geradores e motores. A X edição está prevista para outubro de 2023, em Florianópolis (SC).

Em resumo, o CIGRE-Brasil, com suas atividades e publicações técnicas e organização de eventos no setor de energia, vem contribuindo com o desenvolvimento dos profissionais e, conseqüentemente, com o progresso da engenharia eletroenergética brasileira, ao longo dos seus 51 anos de existência.

**Carla Damasceno Peixoto é engenheira eletricista com pós-graduação em Sistemas de Potência e MBA em Gestão de Pessoas. Atualmente, é consultora de linhas subterrâneas de alta tensão e diretora voluntária de Assuntos Corporativos do CIGRE-Brasil.*



EMBRASTEC[®]

Líder em Qualidade!



Linha DPS

Ecobox

geração 6

Os Dispositivos de Proteção Contra Surtos da Linha DPS Ecobox foram desenvolvidos para proteger a instalação elétrica.



@embrastec



www.embrastec.com.br

Quer saber mais sobre os nossos produtos?

Capture o QR Code e fale com a gente!





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



Condutores de descida

As correntes da descarga atmosférica devem ser conduzidas desde a captação até o eletrodo de aterramento de forma adequada, sem provocar centelhamento perigoso e com o mínimo de indução possível ao interior da estrutura. Um subsistema de descida bem projetado e instalado deve ser responsável por essa função. As exigências estabelecidas pela ABNT NBR 5419-3 para esse subsistema visam controlar os níveis de tensão gerados ao longo da proteção.

A ABNT NBR 5419-3 mostra na Tabela 1 as quantidades necessárias para distribuir as correntes relacionadas ao nível de proteção e ao perímetro da estrutura.

TABELA 1 – ESPAÇAMENTOS MÉDIOS ENTRE OS CONDUTORES DE DESCIDA.

Nível	Espaçamento (m)
I	10
II	10
III	15
IV	20

É importante notar que há uma tolerância máxima de 20% para aplicação dos espaçamentos entre os condutores de descida, ou seja, os valores da tabela não são máximos, mas médios. Tomemos como exemplo o nível 1, se somarmos os valores

de todos os espaçamentos adotados na distribuição dos condutores e dividirmos pela quantidade de espaçamentos, o resultado dessa operação não poderá ser maior que 10, logo, alguns espaçamentos poderão ser maiores que 10 e outros serão menores que 10 para que o valor médio se mantenha. Mas os valores maiores do que 10 tem um limite. No nosso exemplo esse valor seria 12.

O subsistema de descida não é composto somente pelos condutores verticais. Ele também recebe condutores na horizontal, anéis intermediários de interligação. Esses anéis têm a função principal de redistribuir a corrente da descarga atmosférica, reduzindo os potenciais gerados e, eventualmente, para estruturas acima de 60 m, complementar a função da captação relacionada às descargas laterais. Esses anéis tinham um espaçamento fixo de 20 m na ABNT NBR 5419:2005, já na versão de 2015 esses valores variam de acordo com o nível de proteção. A distância máxima entre os anéis, sendo o primeiro o do aterramento, não poderá ultrapassar os valores estabelecidos na tabela 1, assim a distância entre os anéis intermediários é a mesma utilizada para os condutores de descida.

Outros detalhes relacionados aos condutores de descida:

- Não há obrigatoriedade da existência de proteção mecânica (eletroduto de PVC ou metálico) dos condutores de descida;
- O espaçamento entre a fixação dos condutores deve ser de, no máximo, 1,5 m;
- As distâncias entre os condutores de descida, portas, janelas e elementos que não possam sofrer com centelhamento perigoso devem ser calculadas utilizando o conceito da distância de segurança (s);
- Observar a preferência pelos cantos da estrutura na instalação dos condutores de descida;
- Não são permitidas emendas nos cabos em condutores de descida; e
- Há a necessidade de um conector de ensaio, onde é realizada a desconexão dos subsistemas de captação e descida em relação ao subsistema de aterramento, para possibilitar o seu ensaio de continuidade elétrica.

Essas prescrições devem ser consideradas para o SPDA externo não natural, aquele que não utiliza as armaduras de aço da estrutura como elemento natural de descida.



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

O setor da iluminação e a retomada dos eventos em 2022

Dedicarei este espaço a fazer um balanço da retomada de eventos que se acentuou no mês de agosto de 2022. Desde o início do ano tivemos as feiras e eventos relacionados ao tema cidades inteligentes, especificamente, nos meses de março e maio, respectivamente, em Curitiba e São Paulo. Embora o tema iluminação estivesse presente nestes eventos, não era o assunto principal. Pois bem, miremos nos eventos realizados em agosto de 2022 em que a iluminação foi destaque.

Dos dias 2 a 5 de agosto de 2022 foi realizada a 17ª edição da EXPOLUX, em São Paulo, marcando a retomada dos eventos de iluminação. Destaque positivo para a organização do Simpoled – Simpósio Internacional de Iluminação, que trouxe temas relevantes, como o futuro da iluminação, a iluminação conectada, a iluminação de interiores e o Fórum Nacional de Iluminação Pública. A programação do fórum contemplou temas atuais e grande envolvimento do público participante, com destaque para temáticas que fizeram o público refletir sobre o estágio atual em que estamos, os desafios da iluminação eficiente e a qualidade da iluminação. Além disso, as PPPs no segmento foram destacadas, assim como a importância da telegestão e a revisão da norma ABNT NBR 5101, que estabelece os requisitos para a iluminação de vias públicas, propiciando segurança ao tráfego de pedestres e de veículos e que estava em consulta nacional. A próxima edição da EXPOLUX está programada para ocorrer entre os dias 6 e 9 de agosto de 2024 e tem boas perspectivas para o segmento.

Destaco também a retomada do CINASE-Circuito Nacional do Setor Elétrico de forma presencial na cidade de Salvador foi um grande sucesso de público e, no que diz respeito à iluminação, deu palco para o tema da qualidade da iluminação pública e para a discussão sobre o modelo de gestão de IP da cidade de Salvador, incluindo discussões técnicas relevantes e a qualidade dos projetos de iluminação. O painel foi realizado no segundo dia do evento com participação de público qualificado e diversos profissionais que atuam neste segmento, com debate de altíssimo nível sobre a iluminação das cidades, incluindo os critérios técnicos na gestão pública e a aplicação de novas tecnologias quando as cidades estiverem 100% iluminadas por tecnologia LED.

Na terceira semana de agosto foi realizado o LED Fórum, considerado por muitos o maior evento de iluminação dedicado ao “lighting design”, apresentando novidades e conceitos para projetos de iluminação em geral. Com

o tema de reconexão, o evento foi sucesso de público e apresentou boa qualidade de palestras e expositores, literalmente reconectando as pessoas que fazem uso da luz em seus projetos, atualizando conteúdo e buscando cobrir as mais diferentes aplicações.

E o que vem pela frente? As edições do CINASE Goiânia e Campinas em outubro e novembro, respectivamente, devem atualizar os profissionais destas cidades quanto às novidades da iluminação. Internacionalmente, aguardamos a Feira Internacional L+B Lighting + Building, que será realizada em outubro de 2022 na cidade de Frankfurt, e a feira Smart City Expo, em Barcelona de 15 a 17 novembro.

A volta dos eventos presenciais tem sido um sucesso e cada vez mais importante compartilhar conhecimento e experiências para levar inovação, qualidade da iluminação e eficiência energética a todos os lugares e todas as pessoas.





José Starosta é diretor da Ação Engenharia e Instalações e presidente da Sociedade Brasileira de Qualidade da Energia Elétrica (SBQEE)
jstarosta@acaoenge.com.br



A Resolução 1000 da Aneel - Parte 2

Na edição passada desta publicação (nº 188), foram apresentados alguns tópicos sobre a nova resolução ANEEL 1000, a RN 1000, que envolvem diretamente a temática da qualidade da energia elétrica. Nesta edição complementamos alguns outros pontos sobre o mesmo tema com comentários aplicáveis.

a) Cumprimentos de prazos (qualidade de serviço):

Art. 439.

A qualidade do serviço prestado pela distribuidora é avaliada pela verificação do cumprimento dos prazos relacionados no Anexo IV.

Art. 440.

No caso de não cumprimento dos prazos do Anexo IV, a distribuidora deve creditar ao consumidor e demais usuários a seguinte compensação:

O anexo IV traz uma tabela com prazos para diversas atividades relativas ao atendimento das distribuidoras e recomenda-se a consulta para entendimento do tema ora informado.

$$\text{Compensação} = k_1 + k_2 \cdot \text{VRC} \cdot \log(P_v/P_r)$$

Em que:

P_v = Prazo verificado;

P_r = Prazo regulatório;

VRC = valor monetário base para o

cálculo da compensação, que corresponde ao Encargo de Conexão Parcela B – ECCD(PB) para unidades consumidoras pertencentes ao subgrupo A1; ou ao Encargo de Uso do Sistema de Distribuição correspondente à parcela TUSD Fio B – EUSDB, para as unidades consumidoras pertencentes aos demais subgrupos;

k_1 = coeficiente de majoração da parte fixa da compensação: 50% do custo administrativo de inspeção homologado pela ANEEL, conforme o tipo de conexão; k_2 = coeficiente de majoração da parte variável da compensação, com os seguintes valores:

- Grupo B: 15 (quinze) para prazos do Tipo 1; 20 (vinte) para prazos do Tipo 2; e 30 (trinta) para prazos do Tipo 3, conforme Anexo IV;

- Grupo A: 10 (dez) para prazos do Tipo 1; 15 (quinze) para prazos do Tipo 2; e 25 (vinte e cinco) para prazos do Tipo 3, conforme Anexo IV.

b) Da tensão em regime permanente e da continuidade do serviço (GD)

Definições de SIGFI e MIGDI:

• SIGFI: Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente – sistema de geração de energia elétrica exclusivamente por meio de fonte de energia renovável intermitente, utilizado para o atendimento de uma unidade consumidora;

• MIGDI: Microsistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica – sistema isolado de geração de energia elétrica com fonte de energia renovável intermitente, utilizado para o atendimento de mais de uma unidade consumidora e associado à microrrede de distribuição de energia elétrica.

Art. 542.

Para o fornecimento de energia elétrica em corrente alternada devem ser observadas as disposições do PRODIST de contratação da tensão, classificação da tensão de atendimento e instrumentação e metodologia de medição da tensão em regime permanente.

Parágrafo único. O sistema individual ou coletivo em corrente contínua deve garantir os níveis de tensão definidos no projeto desse sistema, não sendo aceitos desvios significativos que possam prejudicar o funcionamento dos equipamentos do consumidor.

Art. 543.

Quando houver reclamação do consumidor sobre a qualidade da tensão em regime permanente no ponto de conexão de unidade consumidora atendida por meio de MIGDI ou SIGFI, a distribuidora deve: I - efetuar inspeção técnica até o ponto de conexão da unidade consumidora, no prazo de até 30 (trinta) dias contados a partir da

reclamação;

II - realizar na inspeção do inciso I, pelo menos duas medições instantâneas do valor eficaz no ponto de conexão em um intervalo mínimo de 5 (cinco) minutos;

III - regularizar o nível de tensão em até 60 (sessenta) dias contados a partir da reclamação, no caso de registro de valores inadequados de tensão;

IV - comprovar a regularização por meio de pelo menos duas medições instantâneas do valor eficaz no ponto de conexão em um intervalo mínimo de 5 (cinco) minutos; e

V - organizar os registros das reclamações sobre não-conformidade de tensão em arquivos individualizados, incluindo número de protocolo, data da reclamação, data e horário das medições instantâneas com os valores registrados, providências para a normalização e data de conclusão.

Parágrafo único. Para atendimento em corrente alternada, consideram-se valores inadequados de tensão aqueles situados na faixa precária ou crítica, conforme regulação da ANEEL ou, para atendimento em corrente contínua, aqueles que ultrapassem os limites definidos nas normas aplicáveis da ABNT.

Art. 544. A unidade consumidora atendida por meio de MIGDI ou SIGFI não deve ser considerada na definição da amostra para a medição de tensão.

Art. 545.

A distribuidora deve observar para todas as unidades consumidoras atendidas por meio de MIGDI ou SIGFI os seguintes padrões para a duração de interrupção individual por unidade consumidora – DIC:

I - limite mensal para o indicador DIC: 216 (duzentos e dezesseis) horas; e

II - limite anual para o indicador DIC: 648 (seiscentos e quarenta e oito) horas.

§ 1º No caso de violação do limite de continuidade individual, a distribuidora deve calcular a compensação ao consumidor de acordo com o PRODIST.

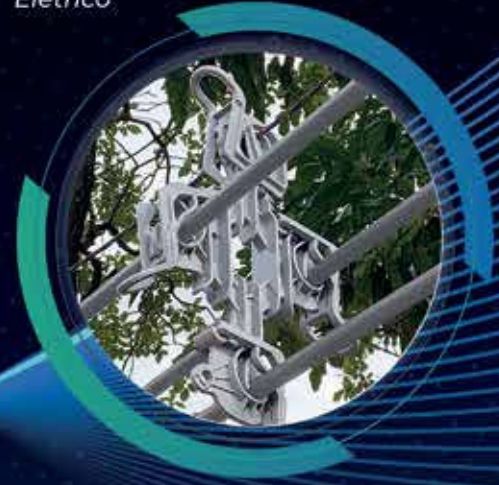
A RN 1000 materializa e consolida em regulação as situações que ocorrem ou ocorrerão nos novos modelos de geração e consumo e a relação entre distribuidoras e consumidores. O mercado deve estar atento não só às mudanças como é o caso da Geração Distribuída (GD), mas também às próximas que chegarão em breve em função da disponibilização de tecnologia segura e viável.

REDE DE DISTRIBUIÇÃO COMPACTA DE ALUMÍNIO

Alta Resistência
4,75 kV
Trilhamento Elétrico

NBR
11873

Com **WATER
BLOCKING**



SOLUÇÃO COMPLETA

Cabo Protegido 15, 25 e 35 kV
Fabricado com 1 ou 2 coberturas, resistente às intempéries e raios UV. Pode ser empregado em locais arborizados.

Espaçadores 15 kV e Conectores 1 kV
Espaçadores de alta durabilidade. Conectores de alta performance e múltiplas derivações.

Caixa de Distribuição 1 kV
Diversos ramais independentes, sistema liga e desliga e balanceamento de fases.

EMPRESA CERTIFICADA
ISO 9001

Conдумax e Incesa

EMPRESA CERTIFICADA
ISO 14001

Conдумax e Incesa

EMPRESA CERTIFICADA
ISO 45001

Conдумax

EMPRESA CERTIFICADA
IATF 16949

Conдумax

SOLICITE UMA
**DEMONSTRAÇÃO
TÉCNICA**

0800 701 3701
www.condumax.com.br

Conдумax
FIOS E CABOS ELÉTRICOS

Incesa
COMPONENTES ELÉTRICOS

f CONDUMAX/INCESA
E GRUPOCONDUMAX/INCESA

ig CONDUMAX/INCESA

in CONDUMAX ELETRO
METALÚRGICA CIA/FUNDI



Roberval Bulgarelli é engenheiro electricista. 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 Electricidade (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".



Aterramento e equipotencialização em áreas classificadas - Parte 2

Proteção contra descargas atmosféricas em tanques de armazenamento de gases e líquidos inflamáveis em áreas classificadas

Os requisitos contra os efeitos de descargas atmosféricas em equipamentos e instalações em atmosferas explosivas estão especificados nas normas técnicas brasileiras ABNT NBR IEC 60079-14 (Atmosferas explosivas - Parte 14: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas) e ABNT NBR 5419-3 (Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida).

De acordo com a ABNT NBR 5419-3, podem ser utilizadas chapas ou tubulações metálicas para atuarem como captadores de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas caso sua espessura seja maior que 4,0 mm, nos casos de materiais metálicos fabricados em aço carbono ou aço inoxidável, de forma que sejam prevenidas perfurações, pontos quentes ou ignição. A continuidade elétrica entre as diversas partes do sistema de proteção contra os efeitos de descargas atmosféricas deve ser feita de forma duradoura, como por exemplo, por meio de solda, aparafusamento ou conectado com parafusos e porcas.

Requisitos específicos para SPDA em áreas classificadas são apresentados no Anexo D (Informação adicional para SPDA no caso de estruturas com risco de explosão) da ABNT NBR 5419-3.

Equipamentos ou contêineres fechados, fabricados de aço, com áreas internas definidas como Zona 0 e Zona 20, devem ter uma espessura de parede de, no mínimo, 5,0 mm nos locais onde for possível o impacto direto de uma descarga atmosférica. Se as paredes tiverem espessura inferior à 5,0 mm, um subsistema de captação deve ser instalado.

Para um sistema de proteção contra os efeitos de descargas atmosféricas de tanques de armazenamento contendo gases ou líquidos inflamáveis, deve ser ressaltado que muitos tipos de estruturas utilizadas para armazenamento destes produtos que geram a presença de áreas classificadas são normalmente considerados autoprotetidos, ou seja, contidos totalmente dentro de recipientes metálicos, contínuos,

com uma espessura de parede superior a 5 mm de aço ou 7 mm de alumínio, sem espaços que permitam centelhamento.

Nestes casos de tanques autoprotetidos, não existe a necessidade de proteção "adicional", de acordo com os requisitos apresentados no Anexo D (Informação adicional para SPDA no caso de estruturas com risco de explosão) da ABNT NBR 5419-3 (Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida). De forma similar, tanques de armazenamento em áreas classificadas que estejam em contato direto com o solo e linhas de encaminhamento de tubulação não necessitam da instalação do subsistema de captação.

Tanques ou contêineres metálicos individuais instalados em áreas classificadas devem ser ligados ao eletrodo de aterramento de acordo com os requisitos apresentados na norma ABNT NBR 5419-3 sobre "Sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas" por meio de duas interligações, no mínimo, dispostas equidistantemente no perímetro para dimensões horizontais, diâmetro ou comprimento de até 20 m, ou duas interligações mais uma interligação adicional a cada 10 m de perímetro, dispostas equidistantemente para dimensões horizontais, diâmetro ou comprimento acima de 20 m.

Para tanques de armazenamento agrupados em áreas classificadas, por exemplo, em refinarias e pátios de tanques de armazenamento de terminais de combustíveis, o aterramento de cada tanque em um único ponto é suficiente, independentemente da maior dimensão horizontal. Quando dispostos em pátios, os tanques devem estar interconectados.

Além das conexões descritas nas tabelas "Material, configuração e dimensões mínimas de eletrodo de aterramento" e "Dimensões mínimas dos condutores que interligam diferentes barramentos de equipotencialização ou que ligam essas barras ao sistema de aterramento" da norma ABNT NBR 5419-3 - Anexo D, as tubulações em áreas classificadas que estejam eletricamente conectadas, de acordo com os requisitos de "componentes naturais", também podem ser consideradas como interligação contra efeitos e os riscos de ignição de atmosferas explosivas proveniente de descargas atmosféricas.

No caso de tanques de armazenamento de produtos inflamáveis

com teto flutuante, este deve ser interligado à carcaça principal do tanque de forma eficaz. O projeto dos selos e derivadores e suas relativas localizações necessitam ser cuidadosamente considerados de forma que o risco de qualquer eventual ignição da mistura explosiva por um centelhamento seja reduzido ao menor nível possível.

Quando uma escada móvel for instalada, condutores de equipotencialização, flexíveis de 35 mm², devem ser conectados nas dobradiças da escada, entre a escada e o topo do tanque e entre a escada e o teto flutuante. Quando uma escada móvel não for montada no tanque de teto flutuante, um ou mais condutores flexíveis de equipotencialização de 35 mm² devem ser conectados entre a estrutura principal do tanque e o teto flutuante, dependendo das dimensões do tanque de armazenamento de produtos inflamáveis.

As linhas de tubulações metálicas externas (ao tempo) aos processos industriais em áreas classificadas devem estar conectadas ao eletrodo de aterramento a cada 30 m, ou serem interligadas ao nível do solo a elementos já aterrados, ou serem aterradas com eletrodo vertical.

Para tubulações de longos comprimentos que transportam produtos inflamáveis em áreas classificadas, como por exemplo em estações de bombeamento e instalações similares, as tubulações principais devem ser interligadas por condutores de seção transversal de pelo menos 50 mm², de forma a proporcionar uma devida equipotencialização contra os riscos e efeitos de descargas atmosféricas em áreas classificadas.

Os riscos da eletricidade estática associados aos condutores “isolados” em áreas classificadas

A eliminação das fontes de ignição com elevado potencial eletrostático em atmosferas explosivas pode ser considerada um ponto de partida óbvio na etapa de projeto das instalações industriais e dos equipamentos de processo. Uma das principais áreas de preocupação é aquela que pode apresentar os denominados “condutores isolados”. Estes condutores são objetos condutivos que podem indevidamente permanecer eletricamente isolados de sistemas aterrados, de forma acidental ou inadvertida.

A isolação elétrica de objetos metálicos representa o risco de evitar que cargas eletrostáticas que tenham se acumulado no objeto possam se dissipar com segurança para o sistema de aterramento, resultando desta forma na elevação de seu potencial. No caso de estes condutores isolados eletrostaticamente carregados se aproximarem de um outro objeto que esteja aterrado ou com baixo potencial, pode haver o risco de ignição de uma atmosfera explosiva devido à liberação de energia na forma de centelhas com energia capaz de causar uma explosão.

São tradicionalmente reconhecidos que alguns tipos de conjuntos de montagem (skids) interconectados no sistema de processo de uma planta, como por exemplo os equipamentos de processamento



Exemplo de caixas de terminais ou painéis locais de controle com tipos de proteção combinados Ex “db eb mb”, instalados em áreas classificadas, com a instalação de cabos de aterramento e de equipotencialização.

de poeiras combustíveis, os quais representam uma preocupação de fonte de ignição em áreas classificadas, uma vez que pode haver partes metálicas ou equipamentos que podem estar eletricamente isolados entre si de forma acidental ou inadvertida.

De forma similar, também são tradicionalmente reconhecidos como uma preocupação que trechos isolados de tubulações para transporte de líquidos, gases ou para transporte pneumático podem também representar condutores isolados, resultando na geração e, subsequente, acúmulo de cargas eletrostáticas capazes de causar centelhamentos em atmosferas explosivas.

Nestes casos, se houver uma falha na continuidade de terra ou de equipotencialização, as cargas eletrostáticas não serão capazes de ser adequadamente dissipadas, permitindo a existência de uma alta tensão potencial, a qual será descarregada em uma primeira oportunidade. Desta forma, a geração e o acúmulo de cargas em equipamentos de processo ou de transporte de poeiras combustíveis, gases inflamáveis ou transporte pneumático representam um risco eletrostático em atmosferas explosivas a ser mitigado.

Pode haver nas instalações “Ex” diversos casos de condutores que permaneçam indevidamente ou inadvertidamente isolados, incluindo acoplamentos metálicos, flanges, acessórios de tubulação, válvulas, vasos transportáveis, containers portáteis, funis e até mesmo pessoas. Durante as operações diárias em instalações industriais em áreas classificadas, como na indústria do petróleo, petroquímica, farmacêutica, de alimentos e de cosméticos, os condutores isolados são considerados como sendo uma fonte possível de acidentes envolvendo ignição de atmosferas explosivas, devido ao indevido acúmulo de eletricidade estática.

QUANTOS ANOS UM DPS ADICIONA À VIDA ÚTIL DE UM EQUIPAMENTO?



Para entender bem como o Dispositivo de Proteção contra Surtos Elétricos (DPS) atua, é preciso entender o quanto seus equipamentos estão vulneráveis aos danos causados pelos surtos elétricos.

De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o primeiro bimestre do ano de 2022 apresentou um aumento de 29% na quantidade de raios em relação ao mesmo período do ano passado. Foram registrados 8,8 milhões de

raios em janeiro e 8,2 milhões de raios em fevereiro de 2022, totalizando, assim, 17 milhões de raios.

Esses números são relevantes, porém, o problema pode ser ainda mais grave. Isso porque as descargas atmosféricas representam apenas 15% do total de surtos em uma instalação elétrica, sendo que 85% dos surtos elétricos têm sua origem no chaveamento na rede elétrica e no processo de liga e desliga de máquinas ou

motores elétricos.

Esses números fazem do surto elétrico o distúrbio mais comum nas instalações, sendo responsável por diversas falhas nos sistemas eletroeletrônicos, colocando em risco a segurança das pessoas e dos processos, além de provocar perdas consideráveis com substituição dos equipamentos e horas de inatividade.

Por isso, é importante conhecer o nível de surto que os eletrodomésticos suportam

e quantificar quão eficazes são os DPSs utilizados próximos aos equipamentos, ou seja, os DPSs de classe III, objeto de estudo desse artigo.

Descrição do experimento

Para isso, foi realizada uma bateria de testes em equipamentos comerciais presentes nas residências brasileiras. Todos os equipamentos utilizados eram originais e testados em um laboratório montado especificamente para esses ensaios. Ou seja, o laboratório e os testes atendem aos requisitos propostos nas normas nacionais e internacionais que tratam do assunto.

Por serem comuns nas residências brasileiras, os equipamentos testados foram carregadores de celular, notebooks e geladeiras, sendo divididos em dois grupos: aqueles testados sem DPS e o restante com DPS. Os estudos, nesses testes, levam em consideração duas hipóteses de resultados: quantidade de surtos até ocorrer a falha ou não falhar.

O experimento

Nos testes realizados sem a proteção do DPS, os carregadores de celular apresentaram falha permanente em todos os testes. Para surtos de 5 kV de pico, o carregador queimou com apenas 2 surtos, mostrando baixa suportabilidade. Os carregadores de notebook, assim como os carregadores de celular, queimaram com apenas 2 surtos com tensão de 4 kV. Os refrigeradores suportaram em média 346 surtos com tensão de 4 kV, porém, não suportaram sequer 1 surto com tensão de 5 kV.

Tabela I
DADOS EXPERIMENTAIS DOS EQUIPAMENTOS
TESTADOS SEM DPS

LOTE	Carregador de Celular		Carregador de Notebook		Refrigerador	
	5 kV	FE	4 kV	FE	5 kV	FE
1º	2	FE	1	FE	1	FE
2º	1	FE	1	FE	1	FE
3º	1	FE	2	FE	1	FE

FE: Ocorreu falha no equipamento

Quando testados com a proteção do DPS, o carregador de celular, o notebook e o refrigerador não apresentaram falha em todos os testes com valores de tensão de 5 kV, 4 kV e 5 kV, respectivamente. Para os testes com valores de 6 kV, os equipamentos protegidos por DPS suportaram até 700 surtos sem danos.

É importante salientar que a única diferença nos testes realizados é a inserção do DPS, sendo mantidas todas as demais condições. Assim, a comparação dos resultados relata apenas a influência positiva do dispositivo de proteção contra surtos elétricos.

Conclusão

Se considerarmos o estado de Tocantins, local com maior densidade de descargas atmosféricas, e os raios como a única fonte dos surtos, os equipamentos são expostos a 85 surtos por ano. Nesse caso, os equipamentos testados, quando submetidos a surtos de apenas 4 mil volts, apresentariam danos nos quatro primeiros anos de uso. Com o uso dos DPS classe III, considerando a mesma intensidade e quantidade de surtos, não haveria falhas

no conjunto DPS e equipamento por um período de 16 anos.

Esse experimento demonstra, de modo quantitativo, a importância da utilização do DPS na proteção contra surtos elétricos. Os equipamentos testados relatados neste artigo apresentaram baixa suportabilidade a surtos elétricos, o que acarreta a redução da vida útil. Porém, com o uso dos DPS, permanecem operando em um tempo quatro vezes maior em relação àqueles sem a proteção.

Referências bibliográficas

- Efficiency of Class III Surge Protection Devices against Lightning Surges/2020.*
INPE – Instituto nacional de pesquisas espaciais;
Livro CLAMPER-Proteção de equipamentos elétricos e eletrônicos contra surtos elétricos em instalações;
ABNT NBR 5419 - *Proteção contra descargas atmosféricas;*
Efficiency of Class III Surge Protection Devices Against Lightning Surges”.

Artigo desenvolvido pela equipe de Engenharia de Aplicação da Clamper.

Por Danilo Ferreira de Souza e Walter Aguiar*

POR QUE O FURTO DE CABOS ELÉTRICOS É CADA VEZ MAIS FREQUENTE?

O cobre é um dos metais mais utilizados no setor elétrico, sobretudo nas instalações elétricas de baixa tensão, pois, além de apresentar excelente condutividade elétrica, perdendo apenas para a prata, tem condutividade aproximadamente 40% acima da do alumínio. O cobre ainda possui outras características importantes, como boa maleabilidade, podendo ser moldado; boa ductibilidade, ou seja, suporta elevado grau de deformação antes do rompimento; grande durabilidade; e elevada resistência à corrosão.

O furto desse metal vem causando prejuízo de centenas de milhões de reais às entidades públicas e privadas, pois esses furtos de cabos e fios de cobre interrompem o fornecimento de energia em locais de serviços públicos essenciais à população, como a sinalização no trânsito e a iluminação de vias públicas, causando acidentes, em hospitais, paralisando atendimento e cirurgias, colocando em risco a vida de pessoas, e, no transporte público, dificultando a mobilidade urbana.

Configura-se o cobre como matéria-prima para muitos tipos de indústrias de transformação, que fabricam produtos, como panela, tubulação para aparelho de ar-condicionado, encaçamento, estátua, medalha, adorno, eletroímã, magnetron de forno micro-ondas, motor elétrico, transformador elétrico, interruptor e relés, tubo de vácuo, cunhagem de moeda etc. Este processo garante a recepção e estimula o furto.

O metal é também utilizado na

composição de ligas populares, como o latão, que é composto de cobre e zinco, e no caso do bronze, que é composto de cobre e estanho.

Existem evidências de que o cobre foi o primeiro metal manipulado pelo homo sapiens. Marcou o fim da Idade da Pedra Polida com a substituição das ferramentas de pedra pelas de cobre e ligas de cobre. Esse período histórico ficou conhecido como Idade do Bronze.

Preço do Cobre (Cu) & Custo do dólar no período
22 anos de dados (01/2000 to 06/2022)



Fonte: www.macrotrends.net

O cobre é um dos metais mais utilizados no mundo, assume papel estratégico para a intensificação da industrialização, e agora, mais recentemente, é um insumo fundamental no processo de mobilidade elétrica - motores de combustão interna usam, em média, 25 quilos de cobre. Os carros híbridos utilizam, em média, 40 quilos, enquanto veículos totalmente elétricos podem usar até 70 quilos. Isso fez o preço do minério saltar nos últimos anos, saindo de 4,4 USD/kg em março de 2020 para 11 USD/kg em março de 2022. No mesmo período, o dólar subiu de R\$ 4,8 para R\$ 5,4, além de, nos últimos 20 anos, o dólar (US\$) ter se valorizado mais de 300% em relação ao real (R\$). Esse cenário fez com que o preço do cobre subisse significativamente no mercado brasileiro, aumentando de R\$ 28.000,00/tonelada para R\$ 52.000,00/tonelada, fator que incentivou o furto.

A pandemia da Covid-19, combinada aos acentuados índices de consumo do minério por parte da China, também contribuiu para o aumento do preço. Assim, é comum serem encontrados estabelecimentos de sucatas/ferros-velhos pagando até R\$ 50,00 por quilo de cobre.

Historicamente, o maior produtor mundial de cobre é o Chile, que representa aproximadamente 30% de toda a produção mundial. Mesmo estando geograficamente próximo ao Brasil, o Chile acaba tendo a China como seu principal mercado consumidor, não só pelo atual apetite voraz chinês por commodities, mas também pela facilitada rota marítima pelo Pacífico.

O problema de furto do material para venda é muito comum nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento. Geralmente, os furtos de cabos ocorrem em locais públicos, como praças, cabeamento aéreo e galeria com rede de energia elétrica, iluminação de vias públicas, sistema de abastecimento de água, escola pública, por não ter vigilância, unidade pública de saúde etc.

Esse tipo de furto geralmente era

Produção de Cobre (Cu) por país - 2020 (Em milhões de toneladas métricas)



Fonte: world-mining-data.info

praticado por pessoas em situação de vulnerabilidade social e o material furtado era vendido em sucatas/ferros-velhos. Porém, o aumento do preço do cobre atraiu quadrilhas que se especializaram nesse delito.

Do ponto de vista geológico, outro desafio encontrado é a limitação/escassez dos depósitos naturais de minério de cobre, pois os superdepósitos estão terminando, e os novos que são descobertos normalmente apresentam teor mais baixo de cobre e são menores, o que faz com que o custo de extração do minério aumente também.

Nesse sentido, destacam-se algumas medidas para reduzir o furto de fios e cabos de cobre:

- atuação do poder público para fiscalizar os meios receptadores, como sucateiros/ferros-velhos;
- fiscalização e rastreabilidade aos sucateiros/ferros-velhos sobre as origens dos fios e cabos de cobre, como: informações pessoais dos vendedores, endereço, quantidade negociada e a frequência que ocorrem as vendas;

- em negociações de grandes volumes deve-se comprovar a origem do material em descarte através de nota fiscal;
- aumentar o controle das galerias de redes públicas e blindagem das caixas de passagem em vias públicas;
- nas situações possíveis, substituir o cobre por outros tipos de materiais condutores, arranjos ou ligas;
- aumento da vigilância eletrônica dos espaços públicos.

A reciclagem do material na perspectiva da economia circular é muito bem-vinda. O processo de reciclagem do cobre é cada vez mais importante. O que deve ser combatido é o furto do material, que provoca elevadíssimos impactos sociais.

**Danilo Ferreira de Souza é professor na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), doutorando em Energia pela IEE/USP e membro das Comissões de Estudo ABNT/CB-003/CE.003.064.001 - Instalações Elétricas de Baixa tensão e ABNT/CB-003/CE.003.064.010 - Proteção contra descargas atmosféricas. Walter Aguiar é engenheiro eletricista e especialista em sustentabilidade. Atua como diretor geral da Abracopel-MT.*

Brametal 45

(27) 99507-3095
www.brval.com.br

BRVAL 61

(21) 3812-3100
www.brval.com.br

Clamper 17 e Fascículos

(31) 3689-9500
www.clamper.com.br

Cobrecom 15

(11) 2118-3200
www.cobrecom.com.br

Condumax/Incesa 67

0800 701 3701
www.condumax.com.br

Embrastec 63

(16) 3103-2021
www.embrastec.com.br

Exponencial 33

(31) 3317-5150
www.exponencialmg.com.br

Famatel Brasil 19

(15) 3326-5429
www.famatelbr.com

Gimi Soluções 2ª capa, 8, 9 e Fascículos

(11) 2532-9825
www.gimi.com.br

Hellermann Tyton 55

(11) 99610-6060
www.hellermanntyton.com.br

Intelli 4ª capa

(16) 3820-1500
www.grupointelli.com.br

Itaipu Transformadores 11

(16) 3263-9400
www.itaiputransformadores.com.br

Kitframe 21

(11) 4613-4555
www.kitframe.com

Montax 27

(41) 99104-3006
www.montax.eng.br

MW Automação 43

(15) 3318-7392

Paratec 6

(11) 3641-9063
www.paratec.com.br

Polar Componentes Brasil 39

(22) 2105-7777
www.polarb2b.com

Romagnole 7

(44) 3233-8500
www.romagnole.com.br

S&C 35

(41) 9687-9222
www.sandc.com

Senai Jorge Mahfuz 3ª capa

(11) 3901-9301
https://pirituba.sp.senai.br/

Trael 54

(65) 3611-6500
www.trael.com.br

WEG 5

0800 701 0 701
www.weg.net

SENAI



CURSOS DA ÁREA DE ENERGIA

- PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA
- PROTEÇÃO, PARAMETRIZAÇÃO E ENSAIOS DE RELÉS DE PROTEÇÃO
- OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE CABINE PRIMÁRIA
- MONTAGEM DE CABINE PRIMÁRIA
- OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE GRUPO MOTOGERADOR À DIESEL
- SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS-SPDA
- PROJETOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA USINA DE ATÉ 5MW
- PROJETOS E PROTEÇÃO DE MÉDIA TENSÃO PARA USINAS SOLARES ATÉ 5MW
- DRONES - INSPEÇÕES AÉREAS EM SISTEMAS DE ENERGIA

Escola SENAI "Jorge Mahfuz"

Rua Jerônimo Telles Jr., 125 - Pirituba
São Paulo - SP - CEP 05154-010
Telefone: (11) 3901-9301

E-mail: senaipirituba@sp.senai.br

• Inscrições no site ou em
nossa unidade presencial

• Formas de pagamento:
- Até 12 vezes no cartão de
crédito ou boleto (parcelas
variam em relação ao curso)



<https://pirituba.sp.senai.br>

CONECTORES PERFURANTES

- ✓ CONEXÃO SEGURA E CONFIÁVEL
- ✓ LÂMINAS EM COBRE ELETROLÍTICO (100% IACS)
- ✓ DISPENSA FERRAMENTAS ESPECIAIS



ENTENDA OS PERIGOS
AO USAR CONECTORES
COM LÂMINAS DE AÇO



CDP CONECTOR DERIVAÇÃO PERFURANTE

Principal: 10 a 240mm²
Derivação: 1,5 a 240mm²



CDPN

PARA REDE NUA

Principal: 2 a 4/0 AWG/MCM (Nu)
Derivação: 1,5 a 120mm² (Isolado)



CDPF

PARA CONDUTORES FLEXÍVEIS

Principal: 10 a 120mm²
Derivação: 6 a 240mm²



CDPU

UNIVERSAL

(RÍGIDO / FLEXÍVEL / NU / ISOLADO)

Principal: 6 a 35mm²
Derivação: 1,5 a 35mm²



CDP-4D

PARA 4 DERIVAÇÕES

Principal: 25 a 150mm²
Derivação: 1,5 a 35mm²



CDPRP

PARA REDE PROTEGIDA - 15kV

Principal: 50 a 185mm²
Derivação: 50 a 185mm²



CDPRPE

COM ESTRIBO PARA REDE PROTEGIDA - 15kV

Principal: 35 a 185mm²
Estribo: 2 e 1/0 AWG/MCM

Siga-nos nas redes sociais.



GRUPO
INTELLI

WWW.GRUPOINTELLI.COM.BR