REVISTA
o setor elétrico
ISSN 1983-0912
Ano 16 - Edição 180 / Julho de 2021

15 ANOS se

DA DIGITALIZAÇÃO À INTERNET OF BEHAVIOR

Conheça algumas das principais tendências para a indústria e as tecnologias já disponíveis no mercado brasileiro

GUIA SETORIAL DE FABRICANTES E DISTRIBUIDORES DE DISPOSITIVOS ELÉTRICOS

PROTEÇÃO DE TERRA EM GRANDES SISTEMAS INDUSTRIAIS CONSIDERANDO RESISTOR DE NEUTRO E CORRENTE DE CHARGING E DE BLINDAGEM

A IMPORTÂNCIA DA NOVA NORMA DE SEGURANÇA, A ABNT NBR 16384

FASCÍCULOS COLECIONÁVEIS
- Motores elétricos e a eficiência energética
- Queda de tensão na partida de motores elétricos de indução
- Desafios da universalização do acesso à energia elétrica no Brasil

GBL
Gimi Bonomi
LATIN AMERICA

A GIMI BONOMI LATIN AMERICA nasce da união do GRUPPO BONOMI e GRUPO GIMI, empresa voltada ao mercado Sul-Americano, oferecendo cubículos Microcompact mistos em SF6/Ar até 36kV, cubículos tipo RMU – Ring Main Unit, integralmente isolados em SF6 até 36kV e equipamentos e soluções para gestão de redes elétricas inteligentes SMART GRID.

MICROCOMPACT
Tensão nominal 17,5kV, 24kV e 36kV;
Corrente nominal 630A;
Classificação de Arco Interno IAC A FLR 12,5kA/1s e IAC A FLR 16kA/1s;
Conforme NBR IEC 62271-200;
Modularidade, tamanho reduzido e Facilidade e Segurança Operacional.

ESG MATIC
Interruptor de manobra seccionador de uso externo, Seccionalizador em SF6;
Tensão nominal 24kV e 36kV;
Corrente nominal 630A;
Capacidade de curto circuito 25kA/1s;
Conforme NBR IEC 62271-102;
Unidade de controle automático remoto com IED.

RMU - Integral SF6
Tensão nominal de 24kV e 36kV;
Corrente nominal 630A;
Classificação de Arco Interno IAC A FLR 20kA/1s
Conforme NBR IEC 62271-200;
Modularidade, tamanho reduzido e Facilidade e Segurança Operacional.

GBL Gimi Bonomi LATIN AMERICA

GBL - Gimi Bonomi Latin América
www.gimibonomi.com.br

Atitude.editorial
atitude@atitudeeditorial.com.br

Diretores
Adolfo Vaiser
Simone Vaiser

Assistente de circulação, pesquisa e eventos
Henrique Vaiser – henrique@atitudeeditorial.com.br

Administração
Paulo Martins Oliveira Sobrinho
administrativo@atitudeeditorial.com.br

Editora
Flávia Lima – MTB 40.703
flavia@atitudeeditorial.com.br

Publicidade
Diretor comercial
Adolfo Vaiser - adolfo@atitudeeditorial.com.br

Contato publicitário
Ana Maria Rancoleta - anamaria@atitudeeditorial.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, Nunziante Graziano, Roberval Bulgarelli.

Colaboradores desta edição
Alcebiades Bessa, Arthur Bonelli, Carlos Evangelista, Cláudio Mardegan, Cresencio Segura-Salas, Daniel Sobrinho, Danilo Ferreira de Souza, Edson Martinho, Elbia Gannoum, Francisco Antônio Marino Salotti, Guilherme Chrispim, Hédio Tatizawa, Ildo Luis Sauer, João Mamede Filho, Jobson Modena, José Starosta, Kiane Silva, Luciano Rosito, Pablo Macedo, Paulo Edmundo Freire, Roberval Bulgarelli, Rodrigo Sauaia, Ronaldo Kascher, Ronaldo Koloszuk.

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: www.shutterstock.com | thinkhubstudio
Impressão - Grafilar
Distribuição - Correios

Atitude Editorial Publicações Técnicas Ltda.
Rua Piracuama, 280, Sala 41
Cep: 05017-040 – Perdizes – São Paulo (SP)
Fone - (11) 98433-2788
www.osetoreletrico.com.br
atitude@atitudeeditorial.com.br

Filiada à anatec www.anatec.org.br

39 *Suplemento Renováveis*
Novo fascículo: microrredes no Brasil. Neste primeiro capítulo, leia sobre ambientes de negócios propícios para esta modalidade de geração. E mais: a importância da geração distribuída para auxiliar a retomada econômica e gerar empregos; uma análise sobre a força dos ventos na safra de 2021; o apoio da engenharia para o desenvolvimento da fonte solar fotovoltaica. Estas e outras notícias sobre o universo das fontes renováveis de energia.

4 *Editorial*

6 *Coluna do consultor*
Tecnologia embarcada nos equipamentos elétricos.

8 *Painel de notícias*
Prysmian fornece 350 km de cabos para a Petrobras; Esfera lança marketplace para compra e venda de energia; Cemig investe R$ 170 milhões em automatização do sistema; Schneider Electric lança painel de distribuição "verde"; GE moderniza subestações da Chesf. Estas e outras notícias sobre produtos, empresas e mercado da engenharia elétrica no Brasil.

19 *Fascículos*
Instalações elétricas de média e alta tensão
Pesquisa e Desenvolvimento - Os melhores projetos
Eficiência energética - Planejamento e execução

50 *Aula prática*
Proteção de terra levando-se em conta o dimensionamento do resistor de neutro, a corrente de Charging e a corrente da blindagem em grandes sistemas industriais.

56 *Inovação*
A volta dos veículos eletrificados.

58 *Guia setorial*
Um guia prático de consulta às empresas fabricantes e distribuidoras de dispositivos elétricos de proteção, manobra e comando de baixa e média tensão.

62 *Espaço Aterramento*
ABNT NBR 7117-1 – Processamento das curvas de resistividade aparente.

64 *Espaço SBQEE*
Saiba quando e como será a Conferência Brasileira de Qualidade da Energia Elétrica que, neste ano, será on-line.

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

72 *Opinião*
A importância da norma de segurança ABNT NBR 16384.

Edição 180

Pessoas, independência de localização e resiliência

Como já é sabido, a pandemia acelerou a transformação digital em todo o mundo e em praticamente todas as esferas do convívio social: trabalho, lazer, etc. Quando falamos sobre a indústria, que já vem trilhando este caminho há alguns anos em direção à revolução 4.0, a tecnologia embarcada nos sistemas e equipamentos é uma realidade cada vez mais concreta, embora ainda esbarrem em muitos obstáculos especialmente em um momento de estagnação econômica como o que vivemos no país atualmente.

Como mostra a reportagem de abertura do guia setorial desta edição, um relatório recente da Gartner aponta uma grande tendência para os próximos anos: a Internet of Behavior (IoB), que, grosso modo, significa a combinação da Internet das Coisas (IoT) a outros dados para monitorar e controlar o comportamento humano. Exemplos desse comportamento são compras online, tendências de consumo até condutas durante o trabalho. Segundo a Gartner, as tendências tecnológicas para 2021 percorrem três temas que estarão sempre conectados: foco nas pessoas, independência de localização e resiliência. A IoB deve contribuir com as empresas no sentido de permitir e contribuir com essa flexibilidade.

O que algumas empresas já têm feito com sucesso no Brasil e no mundo é o uso do people analytics, que, como o nome sugere, se propõe a analisar e identificar, por meio de dados, comportamentos das pessoas para diversos fins, como prever demissões, fazer recrutamento mais assertivo com base nos perfis que melhor performam ou ainda para promover mudanças na companhia com a finalidade de reter talentos. Apenas para efeito de ilustração, a Nestlé tem usado a técnica para promover diversidade e inclusão em todos os países onde está presente. Uma das medidas inclui a análise profunda de dados para possibilitar a equalização salarial entre gêneros em todo o Grupo. As tendências descritas acima demonstram como pessoas e tecnologia são os dois principais ativos das empresas.

Chamo a atenção de vocês ainda para o fascículo que inauguramos nesta edição para tratar sobre desafios e oportunidades em microrredes de energia elétrica. Microrrede pode ser definida como a integração de geração distribuída, armazenadores de energia e cargas em um pequeno sistema capaz de operar de forma isolada do sistema de distribuição. Este capítulo é o primeiro de uma série de quatro artigos e traz um panorama sobre as microrredes no Brasil e os modelos de negócio possíveis para este sistema.

Novo site no ar

Aproveito este paço para convidar os nossos leitores a visitar o novo site da Revista O Setor Elétrico, que acaba de entrar no ar. O site foi totalmente reformulado e, com um layout mais moderno, foi reorganizado de forma a facilitar a busca por temas de interesse e facilitar a leitura. Basta procurar no menu principal o assunto de seu interesse e clicar para o site trazer todo o conteúdo relativo a este tema.

Além de todo o conteúdo da revista disponível, o site traz agora materiais exclusivos, como artigos de opinião assinados por autoridades do setor elétrico, acesso rápido e organizado a todas as lives e webinars realizados até agora e notícias do setor em tempo real. A revista na íntegra também pode ser folheada virtualmente.

Visite o site e nos diga o que achou: www.osetoreletrico.com.br

Abraços,

Flávia Lima

flavia@atitudeeditorial.com.br

YouTube — ***Acompanhe nossoas lives e webinars com especialistas do setor em nosso canal no YouTube: https://www.youtube.com/osetoreletrico***

José Starosta é diretor da Ação Engenharia e Instalações e membro da diretoria do Deinfra-Fiesp e da SBQEE. É consultor da revista O Setor Elétrico
jstarosta@acaoenge.com.br

A tecnologia embarcada dos equipamentos elétricos

A incorporação de funções em equipamentos elétricos tem permitido outras integrações relacionadas ao controle e gestão não só das próprias instalações onde os equipamentos estão inseridos, mas também dos processos a que elas atendem, e esse ponto é digno de nota e atenção.

Essa constatação é oportuna quando as tarifas de energia são incrementadas pela bandeira tarifária com custos que simplesmente fogem ao controle devido ao esvaziamento dos reservatórios. Nos acostumamos a essa rotina sazonal de criticidade variável e dessa forma os pratos da balança vão sendo equilibrados pelos gestores do sistema elétrico, servindo como pano de fundo para uma série de discursos sazonais, oportunista às vezes e na maior parte delas dotada de falta de embasamento técnico como os relacionados aos hábitos de consumo das residências, instalação de sistemas de geração distribuída, aquecimento global, retorno do horário de verão e outras constatações que somos convidados a ler e ouvir.

A forma mais eficiente de reduzir a conta da energia é consumi-la adequadamente e, apesar de óbvio, poucos têm a certeza que o fazem corretamente por falta de métricas adequadas e consistentes.

De acordo com o anuário estatístico de energia elétrica do Brasil produzido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2019 o país registrou o consumo industrial de 167 TWh, da ordem de 35% do consumo total do Brasil. Na sequência aparecem o residencial com 30% e o comercial com 19%. Portanto, os setores industrial e comercial representam juntos quase 55% do consumo brasileiro e são nesses locais em que potencialmente são aplicadas as soluções que permitem as ações de eficiência energética com melhores resultados, mais consistentes e sobretudo práticas que levam esses resultados à perenidade. Tomando os "três Ds" do sistema elétrico – a descentralização, a descarbonização e a digitalização – no contexto da eficiência energética nas instalações industriais e comerciais e a integração de funções dos componentes, observam-se funções definitivamente disruptivas.

O PMVIP – protocolo internacional de medição e verificação de performance e a ISO 50.001 se apoiam na existência de dados e informações para as atividades no entendimento dos modelos de consumo de energia e gestão. A possibilidade de incorporação de medidores de variáveis elétricas junto aos disjuntores de alimentação das cargas, por exemplo, possibilita a obtenção dos consumos "descentralizados" e permite levantamento de dados líquidos, sem aproximações ou desvios, sendo possível, por exemplo, serem estabelecidas avaliações da energia consumida relacionada aos determinados processos e, após a intervenção de melhorias, a quantificação das economias na mesma base de comparação.

A digitalização das informações com armazenamento confiável e disponível, com protocolos universais de comunicação, permite o adequado tratamento em grandes volumes de dados em relatórios consistentes e confiáveis com "dashboards" e produção de dados analíticos de fácil entendimento. Bons projetos de eficiência energética e combate ao desperdício são muito mais "descarbonizantes" do que produção de qualquer outro tipo de energia, até que o modo continuo seja enfim descoberto. Por que outro tipo de energia? A eficiência energética é a energia não desperdiçada e que evita aquela estupidamente consumida. Não vale a pena?

Equipamento Elétrico Ex para Áreas Classificadas

Todos os tipos de proteções são confiáveis e possuem a função de não causar uma explosão.

Valorize as Normas Técnicas e o Sistema de Avaliação da Conformidade praticado mundialmente.

Fabricado no Brasil.
Segurança certificada.
Garantia de reposição.
Melhor custo-benefício

ALPHA EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS
Kraus & Naimer
MELFEX
NAVILLE®
SG grün EX sermatex GRÜN
TECHMULTLAB
telbra Ex® Indústria e Comércio

Esfera lança marketplace para compra e venda de energia

A Esfera Energia, empresa que atua com tecnologia, gestão e comercialização de energia elétrica, anuncia o lançamento do hud Cotação, um marketplace digital e automatizado de compra e venda de energia. A plataforma conta com 130 comercializadoras cadastradas e, somente na fase de testes, já transacionou mais de 100 MW médios por mês, o que equivale a mais de R$ 10 milhões, dependendo do PLD mensal. A novidade será disponibilizada gratuitamente para todo o mercado de forma gradual. Para garantir a participação, as empresas precisam solicitar um convite no site da companhia: https://esferaenergia.com.br

A plataforma surge como uma inovação para o setor de cotação de energia, que possui um processo bastante manual, ainda feito por e-mail, telefone ou até Skype. Além disso, as cotações hoje são mais complexas ainda quando a empresa precisa cotar individualmente o melhor preço com diferentes comercializadoras. Por isso, a proposta do hud Cotação é reunir compradores, vendedores, demandas e propostas em um só lugar.

Para realizar uma cotação, basta o interessado preencher as informações como volume de energia que deseja comprar ou vender, qual tipo de energia e para qual período. Em alguns segundos, as comercializadoras recebem o pedido e enviam suas propostas, tanto por e-mail quanto pela própria plataforma. Todas as etapas da negociação ficam registradas, o que facilita a auditoria.

Grupo Prysmian fornecerá 350 km de cabos umbilicais para a Petrobras

O Grupo Prysmian fechou um contrato para o fornecimento de 350 km de cabos umbilicais eletro-hidráulicos de alta performance em águas profundas, usando tubos de aço e tecnologia termoplástica, juntamente com serviços offshore e logísticos especializados para a Petrobras.

O contrato, no valor aproximado de 92 milhões de euros, tem como objetivo atender à demanda tecnológica de atualização de instalação e operação em projetos brownfield e greenfield no Brasil. Tubos umbilicais de aço e termoplásticos serão projetados, produzidos, testados e entregues entre 2022-2025 pelo Centro de Excelência do Grupo para tecnologias dinâmicas submarinas em Vila Velha/Espírito Santo.

"Essa conquista é o resultado bem-sucedido do foco do Grupo Prysmian na entrega de soluções umbilicais de última geração para usar os recursos de forma mais segura e eficiente. É também mais um passo à frente no desenvolvimento de tecnologias offshore avançadas e destaca o papel do Grupo como o parceiro perfeito para uma transformação global digital, remota e eletrificada", afirma Hakan Ozmen, VP da Unidade de Negócios em Projetos do Grupo Prysmian.

Cemig investe mais de R$ 170 milhões na automatização do sistema elétrico de Minas Gerais

Com o objetivo de modernizar o sistema elétrico de Minas Gerais, a Cemig está investindo, somente neste ano, cerca de R$ 173 milhões na instalação de 7.445 religadores na sua área de concessão. Esses equipamentos trazem um grande benefício para a continuidade do fornecimento de energia, pois recompõem o sistema elétrico automaticamente, no menor tempo possível, em caso de interrupções por defeitos transitórios.

A Cemig possui a maior rede de distribuição de energia elétrica da América do Sul, com mais de cerca de 540 mil quilômetros de linhas e redes. Os religadores são instalados nas redes elétricas urbanas e rurais. Somente na Região Metropolitana de Belo Horizonte, a companhia vai adicionar 558 novos equipamentos à rede de distribuição.

"Nas cidades, a instalação dos equipamentos busca atender áreas com grande concentração populacional e de manutenção da vida, como hospitais por exemplo, e assim garantir a continuidade do abastecimento para o maior número de clientes em caso de uma oscilação transitória na rede elétrica. Em áreas rurais, em que os circuitos são longos e atendem a clientes muitas vezes dispersos, a instalação de religadores agiliza o restabelecimento a essas unidades, evitando que os defeitos afetem circuitos maiores", afirma Gleiston Bianch Andrade, gerente de Gestão de Ativos da Distribuição.

Schneider Electric lança painel de distribuição de energia "verde" para mercado brasileiro

Lançado durante o Innovation Summit 2021, evento promovido recentemente pela Schneider Electric para clientes e parceiros, o painel de distribuição de energia sustentável SM AirSet destaca-se por não utilizar o gás de efeito estufa SF6 e faz parte do planejamento estratégico da companhia de reduzir gradualmente as suas emissões de carbono.

O produto é voltado para os consumidores em média tensão e é considerado "verde" (ou "ecologicamente amigável") por utilizar somente ar puro e vácuo, ao invés de hexafluoreto de enxofre (SF6), um dos gases de efeito estufa listado no protocolo de Kyoto.

"Esse é mais um avanço da Schneider Electric em suas ações de sustentabilidade para redução gradual da emissão de carbono, permitindo que os usuários aproveitem ao máximo os recursos digitais para extrair o valor dos dados sem comprometer o meio ambiente", afirma Julio Martins, vice-presidente da Schneider Electric no Brasil, destacando que "a nova oferta é um modelo ambientalmente superior de uma das linhas mais populares da Schneider Electric para distribuição elétrica secundária, a SM6".

O SM AirSeT é ideal para utilização em sistemas de distribuição de até 24 kV, especialmente em hospitais, edifícios comerciais e industriais, além de data centers.

GE fecha contrato para modernização de subestações da Chesf

A divisão de Grid Solutions da GE Renewable Energy fechou seu maior contrato de serviços de modernização de rede na América Latina com a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf), uma das maiores empresas de energia do Brasil. De acordo com o contrato, a GE realizará o retrofit (fornecimento de materiais e serviços para a substituição de equipamentos antigos) de seis subestações da Chesf localizadas nos estados de Alagoas, Bahia e Pernambuco, no nordeste do Brasil, com suas mais avançadas tecnologias de grid.

O contrato prevê a substituição de cerca de 250 disjuntores e seccionadores, em operação há mais de 45 anos. Os engenheiros de campo certificados da GE serão responsáveis por oferecer uma estratégia para avaliação da condição dos ativos de alta tensão da Chesf, bem como pelo planejamento e priorização do processo de retrofit para propor a solução mais adequada sob os aspectos de custo e tempo.

Segundo a Chesf, a troca desses equipamentos de níveis de tensão de 69 kV, 230 kV e 500 kV proporcionará mais confiabilidade ao sistema de transmissão da Companhia, contribuindo para melhorar a qualidade e o acesso ao fornecimento de energia elétrica. Permitirá, ainda, que milhões de pessoas continuem tendo acesso à energia limpa e renovável no país, através dessas instalações que ajudam a transmitir energia das usinas hidrelétricas e parques eólicos localizados no Nordeste para o Sistema Interligado Nacional (SIN).

Levantamento indica apenas 19% de mulheres em cargos de direção no setor de energia

Estudo realizado pela FESA Executive Search, empresa de seleção de executivos C-Level do Grupo FESA, com as 25 principais empresas de energia que atuam no Brasil, aponta que o gênero masculino ainda responde por grande parte de executivos de alta gestão na área de energia. O estudo considerou empresas nos setores de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia, mapeando um total de 238 profissionais.

Apesar de dados do CREA (Conselho Federal de Engenharia e Agronomia) apontarem para um crescimento de 42% no número de profissionais femininas registradas entre 2016 e 2018, o levantamento da FESA mostra que 19% dos cargos são exercidos por mulheres, sendo que apenas 6% atuam nas posições de negócios, como CEO ou líder das áreas de Operações, Manutenção, Novos Negócios ou Engenharia / Construção.

Se forem consideradas posições de apoio ao negócio, como nas áreas Jurídico/ Regulatório, RH, Financeiro ou Comunicação, o número de mulheres chega a 13%. "Isso significa que as empresas ainda apresentam restrições no que se refere a empregar mulheres em áreas técnicas especificamente ligadas à engenharia, ou que ainda não investem igualitariamente no desenvolvimento técnico do público feminino em relação ao investimento dos homens do setor. Também existe o fato de a procura pela qualificação universitária nos cursos de engenharia ainda serem predominantemente masculina. Conseguimos ver esse reflexo ao analisarmos o corpo docente da Escola Politécnica da universidade de São Paulo - USP, uma das renomadas do Brasil, no qual os professores representam 87%", afirma Carlos Guilherme Nosé, CEO e Sócio do Grupo FESA.

Para Diego Lopes, sócio do Grupo FESA e especialista no setor de energia, além das questões citadas por Carlos Guilherme, precisamos ter discursos mais inclusivos dos Conselheiros de Administração e da Alta Gestão das companhias.

Ainda segundo mostra o estudo feito pela empresa, o segmento de Distribuição é o mais inclusivo, com 31% de mulheres na gestão. Em seguida, Geração de Energia apresenta 23%, enquanto os setores de Transmissão e de Comercialização apresentam apenas 13% e 12% de mulheres no C-level, respectivamente.

Omega Geração anuncia aquisição e amplia aposta em energia eólica na Bahia

A Omega Geração, geradora digital de energia renovável, e a EDF Renewables, uma das principais empresas globais em energias renováveis, anunciam a assinatura da aquisição de 50% do Complexo Eólico Ventos da Bahia 3 por R$ 422,9 milhões, dos quais R$ 196,6 milhões serão pagos em caixa e R$ 226,3 milhões representam endividamento líquido assumido pela compradora.

"Todos os países têm acesso à tecnologia de ponta para a produção de energia solar e eólica, mas só o nosso Nordeste tem o melhor vento do mundo de forma abundante. Imaginem uma revolução industrial no Nordeste? Ela é uma possibilidade concreta e as energias eólica e solar podem ser a grande alavanca para tal. Precisamos com urgência dedicar esforços para transformar a extraordinária oportunidade de ter a energia mais barata e

limpa do mundo em prosperidade para milhões de brasileiros", diz Antonio Bastos Filho, fundador da Omega Geração.

O Complexo Eólico Ventos da Bahia 3 está localizado em Mulungu do Morro (BA) e, com capacidade instalada projetada de 181,5 MW, possibilita o abastecimento de 387 mil residências ao longo de um ano e tem sua entrada em operação comercial prevista para janeiro de 2022.

Neoenergia inicia operação comercial do Complexo Eólico Chafariz

A Neoenergia iniciou a operação comercial do Complexo Eólico Chafariz, no Sertão da Paraíba. Desde o último dia 29 de julho, os primeiros 10 aerogeradores do empreendimento entraram em pleno funcionamento e têm capacidade instalada correspondente a 34,65 MW. A entrega está com 17 meses de antecedência, em relação ao início da vigência do contrato no Mercado Regulado.

A fase de teste dos demais aerogeradores segue em andamento de acordo com a programação e a companhia manterá o mercado informado acerca das novidades. No total, o Complexo terá 471,25 MW de capacidade instalada, sendo 61% da energia alocada para o Mercado Regulado (ACR) e 39% para o Ambiente de Contratação Livre (ACL). A implantação completa está prevista

para ser finalizada até o fim deste ano, com significativa antecipação em relação ao plano de negócios e reforçando o posicionamento da Neoenergia em executar seu plano estratégico e o seu compromisso com a taxa de retorno dos projetos.

O Complexo Eólico Chafariz terá 15 parques, sendo um dos maiores projetos de geração eólica da Neoenergia no País e da Iberdrola na América Latina. Serão instaladas 136 turbinas com capacidade unitária de 3,465 MW, que atualmente estão em fase de testes.

Elgin lança inversor de 208 kW que dispensa climatização

Com design compacto e recursos avançados de controle e gerenciamento, equipamento reduz necessidade de grandes volumes de cabeamento, além de otimizar a área física ocupada no projeto

A Elgin, distribuidora de equipamentos fotovoltaicos e provedora de soluções nas áreas de climatização, refrigeração, iluminação, automação e costura, acaba de lançar o inversor de 208 kW, um equipamento voltado para sistemas fotovoltaicos de minigeração em comércios, indústrias e propriedades rurais no país.

Adequado para sistemas a partir de 200kWp, o novo dispositivo não necessita de climatização e pode ser instalado em ambientes externos, o que reduz o investimento total no projeto. Com design compacto e recursos avançados de controle e gerenciamento, o inversor também reduz a necessidade de grandes volumes de cabeamento e de mais equipamentos de proteção, além de otimizar a área física ocupada no projeto.

O lançamento faz parte do plano estratégico da empresa, que projeta para este ano um crescimento de 150% no volume de negócios de geração de energia solar no país.

Software Eaton IPM contribui para conformidade com a LGPD

A Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) exige 3 requisitos especialmente dependentes da infraestrutura de TI: segurança, backup e recuperação de desastres. Todos eles, intrinsecamente, estão relacionados à qualidade de energia.

Como o próprio nome diz, o software Intelligent Power Manager (IPM) da Eaton agrega inteligência à gestão da infraestrutura energizada, contribuindo assim para que os dados estejam sempre em segurança e em conformidade com a LGPD. Ele automatiza processos que de outra forma exigiriam grande esforço e tempo, protegendo todos os equipamentos de missão crítica, com alarmes e ações imediatas em caso de falhas e análise de dados históricos para manutenção preditiva, resolvendo problemas antes que eles aconteçam.

O IPM fornece as ferramentas necessárias para monitorar e gerenciar dispositivos de energia em seu ambiente físico ou virtual. Esta solução de software inovadora garante que os gestores visualizem, monitorem e administrem servidores físicos e virtuais, mas também nobreaks, unidades de distribuição de energia (PDU) e todos os outros dispositivos integrantes da rede.

Alubar alcança marca de 250 mil toneladas de cabos de alumínio faturadas

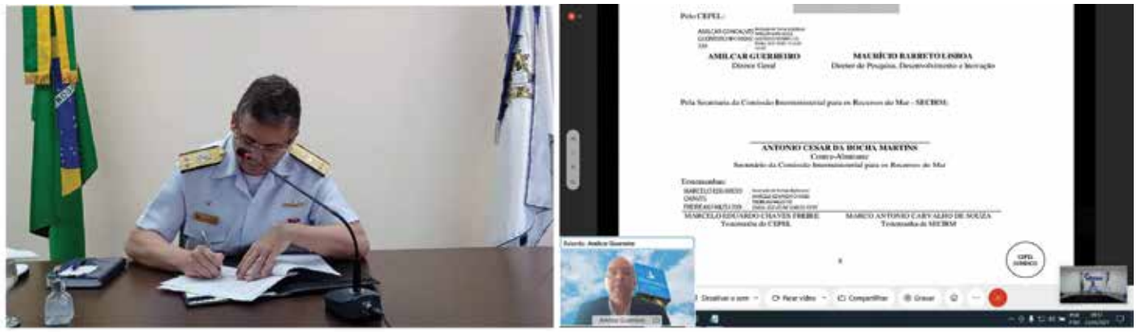
A Alubar alcançou, no primeiro semestre deste ano, a marca de 250 mil toneladas de cabos elétricos de alumínio liga 1120 faturadas, desde o início do desenvolvimento do produto em 2013. A empresa, que é líder de mercado na América Latina na fabricação de condutores elétricos de alumínio e uma das maiores produtoras de vergalhões de alumínio do continente, é a única fabricante do Brasil a atingir um patamar tão alto de entrega de volumes deste tipo de cabo no país. Neste número, estão contabilizados os condutores produzidos nas fábricas de Barcarena, no Pará, e Montenegro, no Rio Grande do Sul.

Os condutores elétricos de alumínio liga 1120 são utilizados principalmente em linhas de transmissão de energia (LTs). Eles se destacaram em relação aos cabos com alma de aço por serem mais leves e possuírem maior condutividade elétrica, o que permite a construção de estruturas de torres menos robustas, diminuindo o custo global de uma obra do tipo.

"Hoje em dia, mais de 90% dos projetos de LTs no Brasil trabalham com cabos de alumínio liga 1120. A principal vantagem é que a liga tem características mecânicas que permitem que ela seja utilizada em cabos elétricos sem a necessidade de reforço do aço. É uma liga mais leve, com boa capacidade elétrica e que forma flechas menores quando o cabo está esticado. Com isso, você pode fazer torres mais baixas, o que dá uma economia global para o projeto de transmissão", explica o Gerente de Mercado da Alubar, José Luiz Conte.

Antes de chegar no Brasil, a liga 1120 já era utilizada em LTs da Austrália. Na Alubar, a tecnologia começou a ser desenvolvida em 2011 e comercializada em 2013. Em 2020, 84% dos cabos produzidos pela Alubar foram de alumínio liga 1120. Considerando apenas os cabos nus de alumínio, o total no ano chega a 90%. A Alubar trabalha com liga 1120 em todas as suas unidades fabris. Na fábrica em Bécancour, no Canadá, a empresa produz vergalhões com esta liga de alumínio; na unidade em Montenegro, no Rio Grande do Sul, a liga 1120 é utilizada na fabricação de cabos elétricos. Já em Barcarena, no Pará, a empresa realiza a produção tanto de cabos quanto de vergalhões com a liga 1120.

Cepel e Marinha do Brasil assinam acordo de cooperação técnica em energias renováveis



O Cepel e a Marinha do Brasil, enquanto coordenadora da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), formalizaram acordo de cooperação técnica para o desenvolvimento de projetos de abastecimento de energia elétrica das ilhas oceânicas do país, a partir de fontes renováveis. O acordo foi assinado pelo diretor-geral do Cepel, Amilcar Guerreiro, e o contra-almirante Antonio Cesar da Rocha Martins, secretário da CIRM.

O Cepel já havia prestado apoio técnico à Marinha em iniciativas do gênero, por meio de solicitação direta do Ministério de Minas e Energia (MME) e da Eletrobras, e o novo termo de cooperação terá início justamente no arquipélago de São Pedro e São Paulo, onde, há mais de duas décadas, o Centro instalou a única fonte de energia elétrica local, por meio de painéis fotovoltaicos e baterias.

"O arquipélago de São Pedro e São Paulo não é apenas mais um conjunto de pequenas ilhas no Oceano Atlântico, quase desconhecidas. No local, a Marinha mantém uma Estação Científica, que precisa ter seu suprimento elétrico revitalizado, haja vista a potencialidade do local enquanto campo de pesquisa e também o interesse estratégico para o nosso país. Essa potencialidade justifica a necessidade de superação dos obstáculos naturais do sítio. A cooperação que ora renovamos se reflete, portanto, em ações especificamente voltadas para questões relacionadas à maximização da eficiência energética, como a adoção de sistemas de produção de energia solar, ressalta Amilcar Guerreiro.

O acordo também prevê o apoio técnico do Cepel em projetos de geração renovável e eficiência energética em outras ilhas brasileiras de interesse da Marinha. Além do arquipélago de São Pedro e São Paulo, a Marinha possui estação científica na ilha de Trindade, onde pleiteia extensão da plataforma continental junto à Comissão de Limites, e tem perspectiva de ter uma terceira estação, em Fernando de Noronha.

Neste sentido, Amilcar Guerreiro vê como promissor o acordo de cooperação. Tanto para a Marinha, que terá atendida sua necessidade de soluções energéticas sustentáveis para as ilhas oceânicas brasileiras, quanto para o Centro, que poderá avançar na pesquisa da degradação de painéis fotovoltaicos, estudo relevante nas condições brasileiras. "Essa cooperação do Cepel com a Marinha do Brasil é mais uma evidência de como o Centro contribui para o desenvolvimento do nosso país", considera.

A parceria pode render mais frutos. O contra-almirante Antonio Cesar da Rocha Martins assinala também o potencial da parceria no fomento a projetos de geração de energia no mar, a partir de marés, ondas, correntes, ventos, plataformas de petróleo. Segundo Martins, Cepel e Marinha podem construir outras alternativas, não só em atividades em que a Marinha esteja diretamente envolvida, mas em outras, que visem aproveitar as potencialidades do mar e resultar em desenvolvimento sustentável para o Brasil.

Brasileira Gimi e italiana Bonomi unem-se para explorar mercado brasileiro de média tensão

O italiano Grupo Bonomi e a brasileira Gimi passaram de parceiros comerciais para sócios com a criação da Gimi Bonomi Latin America, empresa estabelecida para explorar o mercado sul-americano de painéis isolados em SF6 e dispositivos para redes inteligentes de energia (smart grids).

Desde 1928 as empresas Bonomi vêm se especializando em soluções para sistemas elétricos e de isolamento e ampliando sua atuação e alcance não apenas com o desenvolvimento tecnológico e lançamento de produtos, mas também com aquisições ao longo desses anos.

Em 2015, o Grupo adquiriu a Organização Eletromecânica de Brendola, empresa que já mantinha relações comerciais com o Grupo Gimi. O diretor da nova empresa, Nunziante Graziano, conta que com a abertura do mercado brasileiro de GTD e a chegada empresas europeias no país, o Grupo italiano enxergou oportunidades de crescimento não apenas no Brasil, mas também nos países vizinhos. Foi então que os dois grupos - Gimi e Bonomi - uniram esforços para criar uma joint-venture com o propósito de atender à demanda por dispositivos de média tensão e por tecnologia de isolamento por SF6.

Atualmente, a Gimi Bonomi desenvolve três soluções para distribuição de energia elétrica:

- ***Ring Main Unit (RMU)*** **–** conjuntos de manobra e comando de distribuição secundária integralmente isolados com SF6 indicados para aplicações, como indústrias, parques eólicos e fotovoltaicos e smart grids;
- ***ESG-Matic*** **–** seccionadora de média tensão para montagem em poste, isolado em SF6, indicado para uso externo (24 kV a 36 kV, 630 A);
- ***Microcompact*** **–** conjunto de manobra e comando e invólucro metálico de isolação mista Ar/SF6. Indicado para distribuição elétrica secundária pública, privada e industrial. Classes 17,5 kV, 24 kV e 36 kV.

O gás SF6 fornece excelente isolamento elétrico, o que permite uma compactação de todo o sistema em até 60% comparado aos sistemas com isolamento totalmente a ar. A técnica possibilita ocupação de espaços menores e uso reduzido de materiais construtivos, demandando, consequentemente, menos manutenções técnicas, eliminando custos.

A fábrica da Gimi Bonomi ocupa hoje um galpão de 2.400 m2 localizado na cidade de Suzano (SP). "A grande vantagem da fábrica local é que conseguimos fornecer para o nosso cliente um atendimento rápido e eficaz no pós-venda, assim como garantia e suporte técnico ágil", afirma Graziano. "É importante dizer que os nossos produtos possuem muita tecnologia embarcada, estando 100% preparados para o mundo conectado da indústria 4.0", conclui.

Energisa Paraíba, Mux Energia e cooperativa Castro-Dis são as mais bem avaliadas em pesquisa de satisfação da Aneel

A agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) premiou as concessionárias de distribuição mais bem avaliadas em pesquisa de satisfação com consumidores. As distribuidoras Energisa Paraíba, Mux Energia e a cooperativa Castro-Dis foram as grandes vencedoras da premiação. As três empresas foram as mais bem avaliadas por seus consumidores em relação aos serviços prestados em 2020.

Na cerimônia de premiação, realizada de forma virtual na noite de 29/07, o diretor da Aneel, André Pepitone ressaltou que a confiança dos consumidores no fornecimento de energia elétrica, por meio da regulação e da fiscalização dos serviços de distribuição, é o pilar da relação da agência com os consumidores brasileiros. "Trata-se de relação construída diariamente, com dedicação, cuidado, transparência e respeito às regras do setor", afirmou.

O ministro de Minas e Energia Bento Albuquerque ressaltou: "apesar das dificuldades, as concessionárias se superaram e no geral prestaram um serviço de qualidade e eficiência", elogiou. Albuquerque também destacou que as permissionárias e concessionárias, em média, cumpriram os limites de duração e frequência de interrupções no fornecimento de energia estabelecidos pela agência reguladora.

As avaliações das 51 permissionárias e 53 concessionárias de energia elétrica foram obtidas a partir de pesquisa de opinião realizada em todo o Brasil, no período de 17/11/2020 a 12/2/2021. As equipes de pesquisa percorreram 75 mil km e entrevistaram 29.611 consumidores de 612 munícipios atendidos pelas distribuidoras de energia.

Confira a relação das vencedoras em cada categoria:

Categoria	Vencedora
Região Nordeste	Sulgipe
Região Centro-Oeste acima de 30 mil unidades consumidoras	CEB-Dis
Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste até 30 mil unidades consumidoras	Mux Energia
Regiões Sul e Sudeste acima de 30 mil até 400 mil unidades consumidoras	CPL Santa Cruz
Região Sudeste acima de 400 mil unidades consumidoras	Energisa Sul-Sudeste
Região Sul acima de 400 mil unidades consumidoras	Copel
Maior crescimento 2020/2019 – concessionárias	Energisa Paraíba
Brasil – concessionárias até 400 mil unidades consumidoras	Mux Energia
Brasil – concessionárias acima de 400 mil unidades consumidoras	Energisa Paraíba
Permissionárias	
Permissionárias até 10 mil unidades consumidoras	Castro-Dis
Permissionárias acima de 10 mil unidades consumidoras	Ceriluz
Maior crescimento 2020/2019 – permissionárias	Cernhe
Prêmio Aneel de Qualidade 2020 Brasil Permissionárias	Castro-Dis

Fascículos

18 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE MÉDIA E ALTA TENSÃO

Este fascículo discutirá tecnicamente alguns pormenores das instalações elétricas de média e alta tensão e está sob a coordenação do engenheiro João Mamede Filho, diretor técnico da CPE Estudos e Projetos Elétricos e autor de diversos livros sobre sistemas elétricos de potência. Serão abordados neste espaço durante todo o ano de 2021 temas como subestações, interferências eletromagnéticas, perdas em linhas de transmissão, aplicação de resistores, isolamento, entre outros. No capítulo desta edição:

Capítulo V – Queda de tensão na partida de motores elétricos de indução
Autor: João Mamede Filho
- Centros de Controle dos Motores (CCMs) e circuitos de alimentação
- Chaves de partida
- Valores de cálculos na partida de motor

24 PESQUISA E DESENVOLVIMENTO - OS MELHORES PROJETOS

As concessionárias de energia investem, necessariamente, uma parcela de sua receita líquida em pesquisa e desenvolvimento. O objetivo deste fascículo é dar luz a alguns dos melhores projetos, considerando inovação, viabilidade e resultados obtidos. Nesta edição, conheça um trabalho detalhado de pesquisa sobre universalização do acesso à energia elétrica no Brasil.

Capítulo V - Universalização do acesso à energia elétrica no Brasil: novas oportunidades e desafios
Autores: Cresencio Segura-Salas, Kiane Silva e Pablo Macedo
- Expansão da rede convencional
- Microrredes
- Sistemas individuais de geração de energia
- Operação e manutenção dos SIGFIs
- Recomendações para implementação de sistemas isolados de geração

32 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO

O intuito deste fascículo é discutir eficiência energética e sua importância para a segurança energética e para a construção de um país mais sustentável. Serão oito artigos, que contam com a curadoria do professor Danilo Ferreira de Souza, da Universidade Federal de Mato Grosso, e que tratam de temas, como avaliação de ciclo de vida, sistemas de condicionamento ambiental, impactos da MP 998, sistemas motrizes e outros. Nesta edição:

Capítulo V - Os motores elétricos e a eficiência energética - tendências e desafios
Autores: Danilo Ferreira de Souza, Francisco Antônio Marino Salotti, Ildo Luis Sauer e Hédio Tatizawa
- Motores de indução trifásicos
- Motores elétricos de operação síncrona

Por João Mamede Filho*

Capítulo V

Queda de tensão na partida de motores elétricos de indução

Introdução

As indústrias estão repletas de motores elétricos e o de maior aplicação são os motores de indução, por serem os de menor preço e de baixo custo de manutenção. No entanto, quando são acionados elevam a corrente em todos os elementos dos circuitos que os alimentam, desde a fonte de geração até os seus terminais. A elevação da corrente tem como consequência uma redução de tensão em todos os pontos do sistema que de uma forma ou de outra estejam ligados ao circuito do motor.

Em uma instalação industrial, os motores, em geral, são ligados aos Centros de Controle dos Motores (CCMs) de onde partem os circuitos de alimentação desses motores. Nos CCMs estão instalados os dispositivos de proteção dos circuitos de alimentação dos motores e muitas vezes a chave de acionamento.

Embora a queda de tensão durante a partida direta do motor seja elevada, a duração de sua aceleração é de curto tempo, em média 0,5 s a 1,0 s. Esse tempo depende fundamentalmente da inércia da carga acoplada ao eixo do motor, podendo-se obter tempos muito superiores aos indicados anteriormente para cargas de conjugado resistente elevado. Quando a carga possui uma grande inércia, os motores quase sempre são acionados diretamente da rede, pois assim aproveitam o seu conjugado natural de valor elevado na partida, conforme mostrado na Figura 1.

Os motores são classificados em três categorias básicas quanto à curva conjugado × velocidade de acordo com NBR 17094: [I] categoria N; [II] categoria D; e [III] categoria H, conforme mostrado na Figura 1.

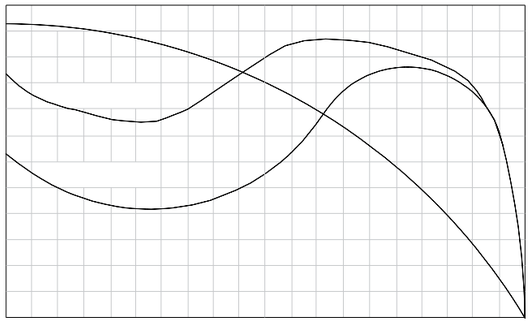


Figura 1 – Curvas características dos motores de indução.

Pode-se observar que os motores de categoria D apresentam um conjugado muito elevado no momento da partida decaindo permanentemente com o aumento da velocidade. São utilizados para cargas com momento de inércia muito elevado, como no caso dos elevadores em geral. Tem corrente de partida normal. Já os motores de categoria N, que constituem a maioria dos motores utilizados nas aplicações de carga normal, tem como característica um conjugado de partida normal, atingindo o seu conjugado máximo na velocidade cerca de 80%. Os motores de categoria H apresentam um conjugado elevado de partida e corrente de partida normal. São utilizados em cargas de inércia muito elevada, tais como britadores.

Como o conjugado de partida varia com a tensão imposta aos terminais do motor no momento do acionamento, deve-se levar em consideração esse parâmetro quando for selecionar a chave de comando. A partida direta dos motores é a forma mais econômica de acionamento que é feita normalmente por meio do conjunto contactor, relé termomagnético e fusível associado a um dispositivo de proteção diferencial-residual (DPS), ou por meio de disjuntor-motor. O DPS pode ser instalado no circuito de cada motor ou na proteção geral do CCM. No primeiro caso, havendo uma fuga de corrente no circuito do motor e/ou no próprio motor, o DPS aciona o sistema de seccionamento. Logo fica fora de operação aquele motor específico e facilmente se identifica o ponto de defeito. Quando o DPS é instalado junto à chave de comando/proteção do CCM, para uma corrente de fuga, em qualquer circuito dos motores, são desconectados todos os motores do CCM. Isso dificulta a localização do ponto de defeito. No primeiro caso, eleva-se o custo do CCM. Já no segundo caso, o custo é menor, porém, com a desvantagem decorrente do longo período de perda da produção. Na indústria, especificamente, a decisão de selecionar o tipo de partida dos motores deve ser tomada pela análise da queda de tensão durante a partida desses motores. Para aqueles cuja queda de tensão na partida não prejudica a carga que está conectada ao CCM o dispositivo de partida pode ser direto. Quando há interferência na operação do próprio motor e nos demais motores ligados ao mesmo CCM devem-se utilizar dispositivos de compensação de partida: chaves eletromecânicas (estrela x triângulo, compensadora e reator) ou estáticas (soft starters e inversores de frequência).

As chaves de partida estáticas são dotadas de uma função denominada de pulso de tensão de partida (*kick start*) de valor ajustável. Sua finalidade é ajudar os motores com cargas de inércia elevada a iniciar o processo de partida. O valor dessa tensão deverá ser suficientemente elevado para que se possa obter um conjugado motor adequado para vencer o conjugado inicial da carga. Na prática, o pulso de tensão de partida deve ser ajustado entre 75% a 90% da tensão do sistema. Já o tempo de pulso de tensão de partida T_{imp} deve estar ajustado entre 100 ms e 300 ms. Há casos em que é necessário um ajuste maior.

Um exemplo prático para o uso do pulso de tensão de partida refere-se às estações de saneamento em que as bombas, que em muitos casos acumulam lama ou detritos no seu interior, necessitam vencer a sua inércia.

É importante observar que ao habilitar a função do pulso de tensão de partida, fica eliminada a atuação da limitação da corrente de partida e, portanto, o sistema elétrico pode sofrer elevadas quedas de tensão durante o tempo ajustado para o pulso de tensão. Esse recurso só é aconselhável em condições muito desfavoráveis de partida, pois elimina as vantagens da chave estática quanto à queda de tensão reduzida na partida do motor, pois a corrente de partida é muito elevada. Porém, como o tempo de atuação é pequeno, muitas vezes, não influencia no conjugado de partida. Para conjugados resistentes elevados que

resulta em tempos elevados durante a partida, não se justifica o uso da chave *soft starter*.

Existem também as chaves estrela x triângulo e as chaves compensadoras. Essas últimas ocupam muito espaço nos CCMs.

Há uma discussão sobre o uso de chaves de partida compensadas para qualquer tipo de motores, por exemplo, acima de 10 cv, mesmo que esses não ofereçam risco de distúrbios durante o seu acionamento, sob o argumento de reduzir a vida útil do motor e/ou da máquina em decorrência do impacto inicial do conjugado resistente.

Por fim, temos a utilização das chaves inversoras muito utilizadas nas indústrias de química e petroquímica, cimento, siderurgia, têxtil, bebidas etc., e é amplamente utilizada no controle de velocidade dos motores elétricos em função do processo de fabricação. Há anos atrás estas questões foram resolvidas com a aplicação de motores de corrente contínua quando se desejava um controle de velocidade contínuo.

Os motores de indução, como se sabe, são robustos, de fácil manutenção e de custo reduzido comparado aos demais. Já os motores de corrente contínua são caros e de manutenção frequente e onerosa. A maioria dos motores de indução utilizada é do tipo rotor em gaiola de esquilo com auto ventilação.

Como se sabe, as perdas de um motor têm origem no ferro e no cobre. As perdas no cobre dependem do valor da carga acionada. Já as perdas no ferro são praticamente constantes com a variação da carga. Quando o motor opera em condições nominais de carga e velocidade angular, as perdas no ferro e no cobre assumem os seus valores nominais. Porém, quando o motor, controlado pelo inversor de frequência, assume velocidades inferiores a sua nominal, mantendo a mesma carga girante, por redução do fluxo refrigerante, aumentará o aquecimento no motor. Nesse caso, é necessário superdimensionar a potência nominal do motor ou utilizar um motor com fator de serviço elevado, dependendo a solução, da faixa de velocidade em que irá operar o motor. No entanto, se ao reduzir a velocidade angular a carga também diminui, como acorre no bombeamento de líquidos através de bombas centrífugas, a corrente decresce e, consequentemente, as perdas diminuem, compensando a deficiência de ventilação.

Deve-se utilizar o inversor de frequência com a mesma tensão nominal do motor. Já a corrente nominal do inversor de frequência deve ser igual ou superior à corrente nominal do motor. Os inversores de frequência fornecem uma forma de onda não inteiramente senoidal, o que implica perdas adicionais no motor em cerca de 15%. No caso de motores já em operação, é necessário verificar se existe capacidade de potência de reserva para compensar o incremento de perda. Em geral, os inversores são dimensionados com um valor da corrente nominal superior à corrente nominal do motor, a fim de atender qualquer necessidade de sobrecarga.

A aplicação de chaves inversoras para controle de velocidade em motores de indução deve ser precedida de uma análise envolvendo as características técnicas do motor, condições operacionais, componentes harmônicas e outras considerações a seguir discutidas.

O uso de inversores de frequência em motores com ventilação independente não resulta em sobreaquecimento, já que o ventilador é acionado por um motor auxiliar.

Os inversores de frequência são equipamentos geradores de correntes harmônicas capazes de prejudicar o desempenho das cargas conectadas ao sistema. Para evitar essa condição é necessário realizar estudos das cargas que poderão ser afetadas pelas componentes harmônicas.

Os motores elétricos operados por chaves inversoras podem desenvolver velocidade desde os valores mínimos necessários (imediatamente superior ao valor nulo) até o valor máximo admitido pelo fabricante do referido motor. Esse limite respeita normalmente o tempo de vida útil dos rolamentos que são afetados severamente pelo regime de velocidade aplicada.

Iremos implementar um exemplo de aplicação utilizando a mesma instalação industrial, vista na Figura 2, estudada no cálculo das correntes de curto-circuito publicado na edição anterior da revista. Considerar as seguintes condições lá previstas: [I] tensão nominal primária: $V_{np} = 13{,}8kV$; [II] tensão nominal secundária: $V_{ns} = 380\ V$; [III] impedância de sequência positiva do sistema de suprimento: $Z_{sp} = 0{,}0136 + j0{,}2578\ pu$ informada pela concessionária; [IV] potência base dos valores de impedância fornecidos pela concessionária: *100 MVA*. O projetista poderá utilizar outro valor de sua conveniência desde que faça às devidas conversões de base; [V] impedância percentual do transformador: $Z_{pt} = 6\%$; [VI] potência nominal do transformador: 1.500 kVA; [VII] comprimento do circuito entre o QGF e o CCM4: 30 m.

Valores calculados no artigo anterior:

- Impedância de sequência positiva do sistema primário de suprimento até o ponto de conexão com a indústria na base $P_b = P_{nt}$: $Z_{sp} = 0{,}00020 + j0{,}00387\ pu$, sendo P_{nt} a potência nominal do transformador da subestação.
- Impedância do transformador da subestação industrial na base: P_b: $Z_{spt} = 0{,}0103 + j0{,}0591\ pu$
- Impedância do circuito entre o transformador e os terminais do motor na base P_b: $Z_{cir} = 0{,}02431 + j0{,}03324\ pu$
- Impedância do circuito entre o transformador e o motor M (considerou-se que a distância entre o motor e o Centro de Controle do Motor - CCM é muito pequena o suficiente para desprezar a sua impedância):

$$Z_{us} = Z_{sp} + Z_{spt} + Z_{cir} = 0{,}03481 + j0{,}0961pu \rightarrow |Z_{us}| = 0{,}10221pu$$

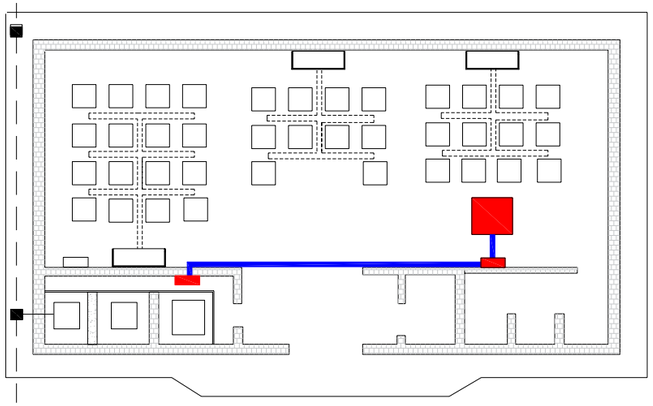


Figura 2 – Planta baixa de uma indústria atendida em média tensão.

Valores calculados na partida do motor de 300 cv

Impedância do motor

• Resistência dos enrolamentos do motor: $R_{um} \cong 0{,}0pu$ (valor muito pequeno quando comparado com a reatância);

• Reatância dos enrolamentos do motor: X_{um} (valor fornecido pelo fabricante do motor ou calculado tomando como base a relação entre a corrente de partida do motor e a corrente nominal, valor este normalmente dado nos catálogos dos fabricantes);

• Corrente nominal do motor: $I_{nm} = 385{,}2\ A$ (valor fornecido pelo fabricante ou constante na placa do motor);

• Relação entre a corrente de partida do motor, I_{pm} e a corrente nominal do motor I_{nm}: $I_{pm}/I_{nm} = 6{,}8$ (catálogo)

– Reatância do motor na base de sua potência nominal

$$X_{um} = \frac{I_{nm}}{I_{pm}} = \frac{1}{6{,}8} = 0{,}147\ pu \text{ (na base de 300 cv)}$$

$$P_{nm} = \frac{P_{mcv} \times 0{,}736}{\eta \times F_p} = \frac{300 \times 0{,}736}{0{,}96 \times 0{,}88} = 261{,}3 \text{ kVA}$$

Sendo η o rendimento do motor e F_p o seu fator de potência, valores esses fornecidos pelo fabricante.

– Reatância do motor na base P_b

$$X_{um} = X_{pm} \times \frac{P_2}{P_1} = 0{,}147 \times \frac{1.500}{261{,}3} \rightarrow X_{um} = 0{,}8438\ pu \ (\text{na potência base } P_{nt})$$

$$\vec{Z}_{um} = 0 + j0{,}8438\ pu$$

Corrente de partida direta do motor

$$\vec{I}_p = \frac{1}{\vec{Z}_{us} + \vec{Z}_{um}} = \frac{1}{\vec{Z}_{tots}} \text{ (corrente de partida do motor em } pu \text{ na base } P_b)$$

Logo, a impedância total do sistema incluindo a impedância do motor vale:

$$Z_{tots} = Z_{us} + Z_{um} = 0{,}03481 + j0{,}09621 + j0{,}8438 = 0{,}03481 + j0{,}94001pu$$

$$I_p = \frac{1}{0{,}03481 + j0{,}94001} = 1{,}0631\angle -87{,}87^{\circ}\ pu \quad \rightarrow \quad |I_p| = 1{,}0631pu$$

Queda de tensão nos terminais do motor durante a partida direta

$$\Delta V_{um} = Z_{tots} \times I_p = (0{,}03481 + j0{,}09621) \times 1{,}0631\angle -87{,}87$$
$$= 0{,}10877\angle -17{,}76^{\circ}\ pu = 10{,}8\%$$

A queda de tensão 10,8% ultrapassou tenuamente o limite máximo aceitável que é 10% para a partida de motores.

Tensão nos terminais do motor na partida direta do motor

$$V_{up} = 1 - \Delta V_{um} = 1 - 0{,}10877 = 0{,}8912\ pu = 8{,}9\%$$

Logo, a tensão nominal do motor é: 380×0,89 = 338,2 V.

Ou ainda pode ser calculada por:

$$V_{up} = \frac{Z_{um}}{Z_{us} + Z_{um}} = \frac{j0{,}8438}{(0{,}03481 + j0{,}09621) + j0{,}8438} = 0{,}8970\angle 2{,}12^{\circ}\ pu\ .$$

Neste caso, a tensão nos terminais do motor vale:

$$V_{tm} = 0{,}8970 \times 380 = 340{,}8\text{ V}.$$

Queda de tensão na partida através de chave compensadora no tape 65%

K = 65% = 0,65 pu (tape de ligação da chave compensadora)

$$I_{pc} = K^2 \times |I_p| = 0{,}65^2 \times 1{,}0631 = 0{,}449\ pu \text{ (corrente de partida do motor)}$$

$$\Delta V_{up} = |Z_{us}| \times I_{pc} = 0{,}10221 \times 0{,}449 = 0{,}046\ pu = 4{,}6\%$$

Queda de tensão na partida através de chave estrela-triângulo

$$I_{pc} = 0{,}33 \times |I_p| = 0{,}33 \times 1{,}0631 = 0{,}3508\ pu \text{ (corrente de partida)}$$

$$\Delta V_{up} = |Z_{us}| \times I_{pc} = 0{,}10221 \times 0{,}3508 = 0{,}0358\ pu = 3{,}5\%$$

Queda de tensão no ponto de entrega de energia

$$\Delta V_{up} = Z_{sp} \times |I_p| = (0{,}00020 + j0{,}00387) \times 1{,}0631 = 0{,}0041\ pu = 0{,}41\%$$

Conjugado de partida

• Partida direta da rede

$$C_{up} = C_{unp} \times \left(\frac{1 - \Delta V_{up}}{1}\right)^2 = C_{unp} \times \left(\frac{1 - 0{,}10877}{1}\right)^2 = 0{,}794 \times C_{unp}$$

C_{unp} é o conjugado nominal do motor no momento da partida (veja gráfico da figura 1)

• Partida através da chave compensadora

$$C_{up} = C_{unp} \times \left(\frac{K - \Delta V_{up}}{1}\right)^2 = C_{unp} \times \left(\frac{0{,}65 - 0{,}046}{1}\right)^2 = 0{,}364 \times C_{unp}$$

• Partida através da chave estrela-triângulo

$$C_{up} = C_{unp} \times \left(\frac{1 - \Delta V_{up}}{\sqrt{3}}\right)^2 = C_{unp} \times \left(\frac{1 - 0{,}0358}{\sqrt{3}}\right)^2 = 0{,}309 \times C_{unp}$$

Considerações finais

• O motor de 300 cv pode ser acionado por um dispositivo de compensação de tensão utilizando um dos dispositivos mencionados na introdução deste artigo e cuja seleção deve ser feita pelo projetista;

• Se não houver cargas sensíveis ligadas ao barramento do CCM, o motor pode ter acionamento direto. Aqui, podemos entender por cargas sensíveis os dispositivos de TI ou mesmo se há outros motores conectados ao barramento que se possa desligar por perda de conjugado;

• Se o motor for destinado para acionamento de uma bomba, pode-se utilizar a chave estrela x triângulo cuja queda de tensão é muito baixa, conforme foi demonstrado no item "Queda de tensão na partida através de chave-estrela-triângulo". No entanto, para isso, a bomba deve partir com o registro fechado. Caso isso não seja aceitável por questão de peculiaridades do emprego da bomba, é necessário o uso de uma chave de compensação. Se a bomba, por exemplo, for utilizada em uma estação de tratamento de esgoto, em que durante a madrugada o fluxo dos rejeitos é muito pequeno comparado com os outros horários, é preferível utilizar o inversor de frequência por meio do qual se pode controlar a potência do motor, reduzindo as perdas elétricas, além da partida com conjugado elevado.

**João Mamede Filho é engenheiro eletricista e atualmente é diretor técnico da CPE - Estudos e Projetos Elétricos. Foi professor na Universidade de Fortaleza entre 1979 e 2012 e presidente da Nordeste Energia nos anos 1999 e 2000. É autor dos livros Manual de Equipamentos Elétricos (5ª Edição), Instalações Elétricas Industriais (9ª Edição), Proteção de Sistemas Elétricos de Potência (2ª Edi-ção) e Proteção de Equipamentos Eletrônicos Sensíveis (2ª Edição).*

Por Cresencio Segura-Salas, Kiane Silva e Pablo Macedo*

Capítulo V

Universalização do acesso à energia elétrica no Brasil: novas oportunidades e desafios

Introdução

Embora a "luz artificial" seja conhecida por todos, o aproveitamento dos seus benefícios não é universal, mesmo em nossos dias. Levar esse serviço para todos os extremos do país é ainda um problema desafiador. Em termos geográficos, classicamente regiões com alta complexidade de acesso são locais em que a instalação e manutenção das redes de energia elétrica se tornam onerosas e inviáveis. Caso esses consumidores sejam atendidos pelas redes de energia elétrica, eles certamente possuem a pior qualidade de energia elétrica, com indicadores de qualidade de energia que extrapolam os limites regulatórios impostos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

Entre os principais obstáculos relacionados ao sucesso da eletrificação de áreas rurais localizadas em regiões remotas, destacam-se [1], [2] e [3]:

- Baixa densidade demográfica;
- Baixo nível de renda;
- Baixo consumo;
- Longas distâncias;
- Custo elevado de investimento.

A falta de acesso à energia elétrica em áreas rurais tem sido apontada por diversos autores como o fator para a dificuldade de desenvolvimento econômico e social, influenciando na qualidade de vida e oportunidades de trabalho, tendo um grande impacto no alívio da pobreza [1], [4]. No passado, diversos países, como Inglaterra [5], China [6], Coreia do Sul [7], Espanha [8] e Índia [9] realizaram ações voltadas à eletrificação rural, conforme as suas condições econômicas, sociais, ambientais e geográficas, procurando reverter as consequências da falta de energia elétrica.

Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA), em 2019, o Brasil possuía 99,7% da população universalizada dos Serviços Públicos de Energia Elétrica, sendo que aproximadamente 600 mil pessoas ainda não estavam usufruindo do serviço [10]. Conforme projeções para 2030, da mesma IEA, o efeito da pandemia da Covid-19 impactará em menor maneira o Brasil e os países da América Central e Sul em relação a países na Ásia e África, em que as metas do ODS-7 (Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis da ONU), que dizem respeito à universalização da energia, correm o risco de não serem atendidas. A Figura 1 apresenta o mapa da porcentagem de domicílios com acesso à energia elétrica por estado, considerando tanto a área urbana quanto a rural publicados pelo IBGE em 2019 em que os estados do Norte e Nordeste são menos beneficiados do país.

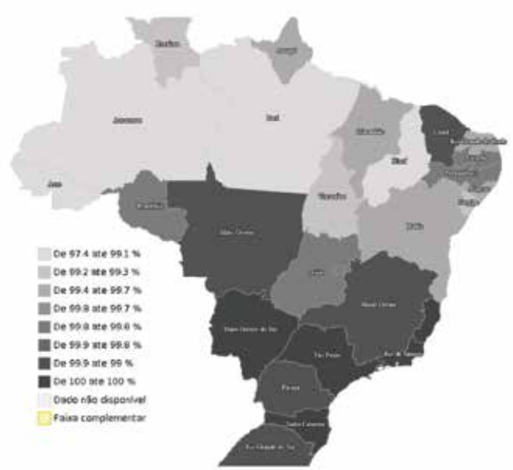


Figura 1 – Mapa do percentual de universalização do Brasil por estado. Fonte: [11]

Em [11] se consideram universalizados os estados que, por meio de suas concessionárias, apresentaram seus planos de universalização anteriormente a sua publicação, mas que pequenos percentuais ainda serão materializados efetivamente até 2022, como é o caso de Mato Grosso do Sul, que aparece 100 % atendido.

Mas voltando aos casos de novos atendimentos, no Brasil, a Aneel define as regras para atendimento de novos consumidores, pelo que consideramos que o tema regulatório em termos de investimento está resolvido para esses consumidores, sejam esses atendidos pela extensão da rede convencional ou, caso não seja possível, por sistemas isolados, que podem ser microrredes ou sistemas individuais de energia elétrica. Nesse grupo, diferenciam-se os sistemas isolados em que a fonte de geração é renovável intermitente, conhecidos como SIGFIs, e os que podem considerar fontes híbridas e combustível fóssil.

A escolha da melhor alternativa passa sempre pelo critério de mínimo custo global, sendo que no Brasil existem basicamente três formas de financiamento do investimento. A primeira forma é com recursos próprios da distribuidora que, se aplicada conforme os critérios de racionalidade, serão recuperados pela distribuidora através da tarifa de energia elétrica. A segunda forma e a mais relevante é mediante o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - Luz para Todos (LPT), instaurado em 2003 pelo governo federal, juntamente com os governos estaduais, por meio da Lei 10438/2002. Até o ano de 2018, foram eletrificadas 3,4 milhões de unidades consumidoras, aproximadamente. Porém, a universalização ainda não foi alcançada, sendo prorrogado até o ano de 2022 [12], com foco no remanescente de aproximadamente 600 mil pessoas.

A terceira forma de financiamento, exclusivo para sistemas de geração que se localizem em sistemas isolados (não conectados ao sistema interligado nacional) é por meio da sub-rogação da Conta de Consumo de Combustíveis Fósseis (CCC) através do Decreto nº. 7.246, de 28 de julho de 2010. A sub-rogação é um incentivo financeiro concedido para estimular a substituição da geração termelétrica com combustíveis derivados de petróleo por outras fontes ou para tornar a usina mais eficiente.

Do ponto de vista regulatório, ainda se evidenciam entraves para o reconhecimento dos custos operacionais devido ao modelo de benchmarking, utilizado pela Aneel. Esse modelo vigente não suporta os sistemas de geração não conectados ao sistema interligado, sejam enquadrados ou não na definição de sistema isolado. Considera-se que esse entrave é chave para o sucesso da eletrificação para esses sistemas, uma vez que deve fornecer o equilíbrio entre qualidade de fornecimento de energia elétrica (QEE), investimentos, expectativa percebida pelos stakeholders

e os indicadores de desenvolvimento humano (IDH) das áreas atendidas. Qualquer desequilíbrio em um desses fatores pode impactar negativamente as nobres intenções dos programas de universalização.

Na Figura 2, observa-se a necessidade de acompanhamento dos indicadores socioeconômicos, pois a melhoria nesses índices incentiva novos investimentos devido à criação de economias de mercado em diversas áreas, mas para isso existe um elo muito forte relacionado à qualidade de energia elétrica a ser fornecida.

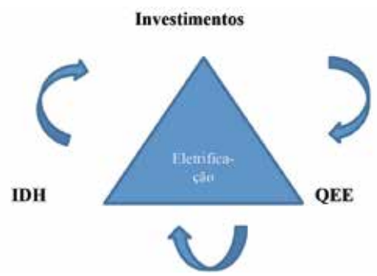


Figura 2 – Triângulo para o sucesso dos programas de eletrificação no Brasil.

Desafios técnicos e novas oportunidades

Expansão da rede convencional

A área rural, além de ser ocupada de maneira dispersa, possui uma menor capacidade de consumo. Além de estarem espaçadas em grandes distâncias, as populações rurais normalmente estão situadas distantes dos centros de geração de energia elétrica de médio e grande porte. Outro fator complicador para a disseminação da eletrificação nessas regiões é que, em muitos casos, as propriedades rurais estão localizadas em áreas ambientalmente sensíveis e com logística complexa.

Recentemente, o uso de dados geoespaciais junto com ferramentas de processamento de imagens passou a abrir novas oportunidade, antes não disponíveis, para estudos da expansão dos sistemas de distribuição. Por exemplo, podem ser filtradas arestas que atravessam áreas como florestas, rios, áreas alagadas, reservas ambientais e áreas indígenas [15]. A Figura 3 apresenta o resultado do estudo de expansão da rede de distribuição à fronteira do Pantanal Sul-mato-grossense já considerando uma abordagem de traçado multiobjetivo geoespacial. Outra vantagem é que esses dados também subsidiam a tomada de decisão no atendimento à resolução Aneel 488/2012 [16] no tocante às limitações de atendimento pela rede convencional e tornam transparente o processo perante a sociedade e o agente regulador.

Do ponto de vista elétrico, o gerenciamento operacional de alimentadores longos pode se tornar complexo e oneroso para as distribuidoras, pois exige a instalação de novos equipamentos de regulação de tensão e de proteção ou ainda podem gerar passivos financeiros pela má qualidade da energia fornecida aos consumidores localizados nos finais de linha. Portanto, a decisão de adicionar novos consumidores à rede não deve ser avaliada apenas sob a ótica da capacidade remanescente dos alimentadores .

No tocante à manutenção dos sistemas convencionais localizados em regiões de difícil acesso, novamente acreditamos que o modelo de reconhecimento dos custos operativos deve ser constantemente aprimorado, inclusive com o objetivo de incentivar investimentos em regiões socialmente mais afetadas do país. Portanto, fica evidente que a consolidação dessa opção de atendimento não se resolve apenas com a fase de instalação. Nesse caso, similar ao que acontece com os sistemas urbanos, deve-se planejar, em médio e longo prazo, a necessidade de fontes renováveis intermitentes ou sistemas de armazenamento de energia como complemento, seja na forma de microrredes ou sistemas individuais locais (biomassa, solar, eólica etc.) ou, conforme novos projetos de distribuidoras no país, mediante instalação de ramais rurais trifásicos e ainda com o uso de cabos protegidos (no Paraná a Copel iniciou o Projeto Paraná Trifásico com investimento estimado de R$ 2,1 bilhões até 2025).

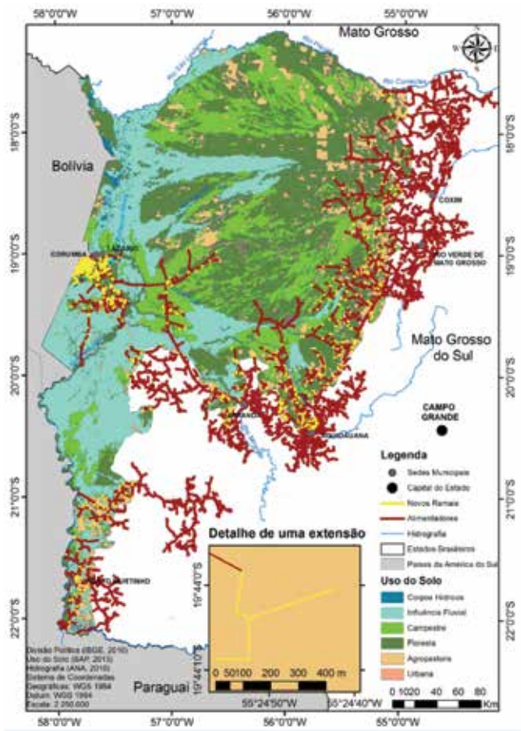


Figura 3 – Resultado da expansão da rede convencional no interior no Pantanal sul-mato-grossense considerando dados geoespaciais [15].

Microrredes

As microrredes isoladas consistem em uma ou mais fontes de energia e armazenamento não conectadas à rede convencional, que seja capaz de atender a múltiplas unidades consumidoras, por meio de uma rede de distribuição. A definição de microrrede da Aneel é mais geral e a descreve como uma "rede de distribuição de energia elétrica que pode operar isoladamente do sistema de distribuição, atendida diretamente por uma unidade de geração distribuída" [18].

Desse modo, pode-se afirmar que a sua implantação apresenta obstáculos semelhantes ao de sistemas individuais, mas com o agravante da grandeza do projeto, similar aos sistemas de distribuição convencionais. De início, o projeto de microrrede deve prever um estudo de impacto ambiental que avalie os impactos associados à implantação da microrrede e que defina a viabilidade ou não do projeto. Além disso, as restrições ambientais requerem o acompanhamento de órgãos governamentais específicos para questões ambientais - o Ibama em âmbito federal e as secretarias de cada estado. Para prosseguimento do projeto, é indispensável a aprovação deste, podendo impactar em todo o cronograma e, consequentemente, no custo final de instalação. Portanto, similar ao caso do estudo da expansão da rede convencional, é de muita utilidade o uso de dados geoespaciais junto com técnicas de processamento de imagens para eliminar ao máximo possíveis não factibilidades técnico-ambientais.

A nossa experiência mostra que, na etapa de projeto, dois obstáculos se destacaram. O primeiro foi a dificuldade na aquisição de equipamentos de conversão de potência, que forneçam o sinal de tensão nos padrões nacionais (127 ou 220 V em 60 Hz). Equipamentos de fabricação estrangeira nem sempre são apropriados para as condições climáticas de regiões tropicais (elevadas temperaturas e alta umidade) e dos sertões brasileiros (elevadas temperaturas e baixa umidade), por exemplo. No caso das microrredes, são necessários equipamentos de grande porte e que requerem a instalação de sistemas complementares, como ar-condicionado na sala de equipamentos, aumentando a demanda de energia do sistema.

O secundo obstáculo do projeto é na elaboração do traçado da rede, de modo a atender todas as propriedades da comunidade e consiste na alta dispersão das unidades consumidoras, o que em alguns casos impossibilita o atendimento em rede de baixa tensão, encarecendo o projeto. Como exemplo, citamos um projeto para o atendimento de 103 unidades consumidoras, em que a rede de distribuição percorre cerca de 22,7 km, resultando em perdas técnicas nominais de cerca de 4,2 %.

Normalmente, devido às microrredes serem ótimas escolhas para eletrificação em áreas de vegetação nativa, muitas vezes ainda não exploradas, a intervenção pode trazer diversas alterações para fauna e flora local, principalmente ligada à fonte de geração. Recentemente, foram reportados impactos ambientais negativos ligados à operação de pequenas centrais hidrelétricas e centrais de geração hidrelétricas, como na qualidade da água [17] e na regulação de água para a manutenção da ictiofauna, quando as condições de secas estão presentes no país.

Ainda, durante a instalação, a dificuldade de transporte de materiais e equipamentos é algo comum de regiões remotas devido às longas distâncias e dificuldade de acesso. Essa dificuldade é agravada pela dimensão dos equipamentos, como postes, transformadores e inversores de alta potência.

Sistemas individuais de geração de energia

Em se tratando de sistemas isolados, os projetos de referência devem ser dimensionados à luz das restrições de projeto da Resolução Normativa Aneel 493/2012 [18]. Para SIGFI, seguindo a lógica da citada resolução, os projetos de referência são caracterizados por seus consumos mensais ou "disponibilidade mensal garantida", conforme termo normativo. Sendo assim caracterizados, a premissa básica para todos os sistemas é o projeto economicamente otimizado para atendimento de sua disponibilidade mensal de energia. Os projetos de referência devem ser concebidos de forma que os recursos energéticos disponíveis no local de instalação e as soluções tecnológicas comercialmente mais maduras sejam incluídas nas alternativas, observando o balanço energético entre carga e geração. Conforme a REN 493/2012, o dimensionamento de projetos de referência típicos de sistemas SIGFI é alternativa com disponibilidade de 13, 20, 30, 45, 60 e 80 kWh/mês. Os projetos de referência, sejam eles baseados em fontes renováveis de energia ou diesel, este último no caso de MIGDI, podem ser divididos em três componentes básicos:

- Sistema de armazenamento de energia por baterias;
- Sistema de geração de energia;
- Conversores.

Dessa forma, a especificação desses sistemas deve passar pela definição de cada um dos três componentes, definindo-se sua potência, capacidade e tecnologia. Neste trabalho, foca-se no sistema de armazenamento de energia por ser a peça chave dos sistemas individuais de geração.

Sistema de armazenamento de bateria

A REN 493/2012 dispõe de autonomia de 48 horas para todos os sistemas isolados, seja pelos consumidores caracterizados por seus respectivos consumos de referência listados no Art. 5º, seja para consumidores cuja disponibilidade mensal garantida seja maior que 80 kWh/mês, conforme o Art. 6º. O Art. 1º apresenta as definições de autonomia e sistema de acumulação de energia, expressões utilizadas na norma. Das definições apresentadas na citada resolução, tem-se como premissa básica de projeto de sistemas de armazenamento o dimensionamento a partir do consumo diário de referência, levando em consideração a ausência da fonte primária de energia.

Estimativas das curvas de carga para o consumo de energia são realizadas com base em pesquisas de posses e hábitos junto com modelos estatísticos para modelagem das incertezas e aleatoriedade intrínseca. Ainda é recomendável a escolha de uma metodologia para avaliação da confiabilidade dos questionários que serão aplicados [19]. Esse item é também válido no caso do projeto da fonte da microrrede.

Com o objetivo de viabilizar os projetos, foi observado que as distribuidoras incentivam a eficiência energética nos novos consumidores, por meio de cartilhas e treinamentos. Os sistemas de armazenamento por baterias têm como principal vantagem sua modularidade e facilidade de instalação. Um banco de baterias é a principal alternativa de armazenamento para sistemas baseados em fontes renováveis de energia. Contudo, sua principal desvantagem é o alto custo de aquisição e vida útil reduzida, dependendo da tecnologia e da forma de utilização do acumulador (sua vida útil varia com a temperatura de armazenamento e operação, corrente de descarga da bateria e a profundidade de descarga a qual o equipamento é submetido).

Um comparativo recente baseado em fatores de correção, a partir de ensaios de laboratório em regime acelerado de degradação, mostrou que as baterias de Lítio Ferro Fosfato (LIFePO4) apresentam o menor custo nivelado de investimento frente a tecnologias chumbo ácidas OPzS e chumbo carbono PbC. Além disso é de relevância o conhecimento da quantificação da relação entre as vidas úteis, assim como também as medidas para estender a vida útil das baterias. Portanto, foi verificado que a faixa de operação do estado de carga para as baterias é um parâmetro importante. Por exemplo, as baterias de LiFePO4 se beneficiam de operações em carga parcial, ao contrário das baterias chumbo ácidas [21].

Ainda é importante destacar que, além do critério regulatório de dimensionamento de baterias com 48 horas de autonomia, outro critério conhecido como a perda de probabilidade de carga, baseado no conhecimento do perfil probabilístico de demanda e geração pode ser utilizado, de forma a reduzir o custo de capital em baterias.

No tocante à manutenção e operação, diferentemente das baterias baseadas em chumbo ácido, as baterias baseadas em lítio prometem redução dos custos de manutenção e facilidade operacional intrínsecos à tecnologia e à presença do sistema de gerenciamento da bateria (BMS, na sigla em inglês), com capacidade de monitoramento das variáveis elétricas, profundidade de descarga e de temperatura.

Os custos de operação e manutenção das baterias geralmente são menores nos seus primeiros anos de vida. Por exemplo, baterias OPzS precisam de reposição de água que pode chegar a quatro vezes por ano na proximidade de final de vida útil. Entretanto, ainda não foi demonstrada a amplitude do aumento de despesas em manutenção para as baterias LiFePO4. Portanto, devido à aplicação ser recente não se tem informação suficiente para determinar que os custos operacionais serão mesmo reduzidos. Certamente, no futuro próximo, isso estará relacionado à capacidade de nacionalização tecnológica em serviços e produtos dos fabricantes de baterias no país.

Operação e manutenção dos SIGFIs

A Aneel publica os cadastros das unidades consumidoras contempladas pelos modelos MIGDI e SIGFI em escopo nacional, de acordo com os registros provenientes das respectivas distribuidoras responsáveis. O formato dos dados agrega os resultados de qualidade de energia de cada distribuidora em base semestral, de acordo com as orientações da REN 493/2012. A Tabela 1 mostra o indicador de duração de interrupção médio por consumidor reportado para o ano de 2020 para a Coelba (com 31.897 SIGFIs) e Equatorial Pará (com 7.485 SIGFIs).

Tabela 1 – Indicadores de continuidade para SIGFIs realizados pela Coelba e Equatorial-PA no 2020 [20]

	Duração da interrupção total (h)	*Número de interrupções*	*Duração média (h/dia)*
Coelba	1.197.000	1.103	1.085,2/45,2
Equatorial-PA	5.604	124	45,2/1,9

Obviamente, a comparação não é direta entre as duas distribuidoras. Mas apenas para se ter ideia de como estão os valores de DEC realizada pela rede convencional, verificou-se que a Equatorial-PA fez, no mesmo período, 20,12 h de DEC (limite regulatório de 27,58 h) e a Coelba fez 12,44 h de DEC (limite regulatório de 14,17 h). Em termos absolutos, observam-se as disparidades entre o atendimento pela rede convencional e pelos sistemas isolados, exacerbadas pela alta dispersão dos consumidores e a extensão territorial, como o caso da Coelba. Portanto, destaca-se a importância de dados geoespaciais e de ferramentas de processamento de imagens, junto com a definição de estratégias de operação e manutenção como aliadas para programação otimizada dos recursos de operação e manutenção dos SIFGIs [21].

Esse tipo de programação considera o mapeamento de rotas entre bases e sub-bases operacionais, incorporando as limitações dos modais de transporte por tipo de rota, a exemplo da classificação realizada para o caso do Sul-mato-grossense na Figura 4. A definição dos melhores trajetos é ainda validada por dados de satélite e de campo, sendo que essas informações podem ser obtidas

das fases de instalação.

Outras informações relevantes, como as atividades de manutenção preventivas, frequência e duração média de cada atividade, são também levadas em consideração na definição do problema. Finalmente, são utilizados poderosos algoritmos de otimização para definição de trajetos, redução de custos e programação de tarefas.

Como resultado, as atividades de manutenção com base mensal e anual podem ser realizadas considerando, inclusive, imprevistos que inviabilizem manutenções programadas. Ainda o sucesso desse tipo de ferramentas depende da qualidade de dados que a distribuidora mantenha dos SIGFIs, principalmente do histórico de falhas dos equipamentos, pois realimentam o modelo de confiabilidade incorporado na ferramenta.

Recomendações para implementação de sistemas isolados de geração de fonte fotovoltaica

O primeiro desafio verificado é a pouca manifestação de empresas habilitadas para a realização dos serviços de instalação, comissionamento e manutenção dos sistemas em regiões remotas, principalmente, devido à dificuldade de acesso e pouco conhecimento dos locais e da logística complexa, trazendo riscos para a execução dos serviços dentro dos cronogramas propostos e dentro dos recursos efetivamente planejados. Portanto, a aproximação com as comunidades, por meio de organizações representativas, tais como sindicatos, centros de capacitação e formação, é fundamental.

No âmbito da demanda, é possível que a expectativa do futuro consumidor não seja atendida de forma plena. É necessária a realização de atividades de conscientização com relação às limitações do sistema e à prática de programas de eficiência energética. Caso o controle da bateria permita maior descarga do que o parâmetro ótimo ajustado (através da tensão mínima de corte), então o aumento de demanda, não previsto pelo projeto, poderá impactar o desempenho do sistema e a vida útil das baterias.

Para auxiliar as atividades de instalação de sistemas fotovoltaicos em regiões remotas, recomenda-se a realização das seguintes atividades, de forma antecipada, na etapa de projeto:

- Levantamento das normas técnicas nacionais e internacionais referentes a sistemas fotovoltaicos e sistemas isolados e recomendações de fabricantes de equipamentos no tocante à operação, manutenção e condicionamento para o transporte;
- Avaliação da compatibilidade dos equipamentos, principalmente sistema controlador/inversor e bateria, uma vez que os sinais gerados no lado CC pelo inversor e controlador não devem reduzir a vida útil da bateria (relacionada a correntes e tensões ripple) e, ao mesmo tempo, a operação da bateria não deve provocar a atuação do sistema de proteção do inversor;

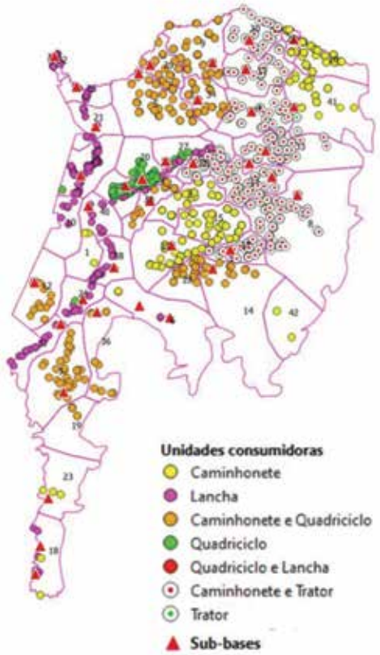


Figura 4 – Classificação das rotas por modais no Pantanal Sul-mato-grossense [21].

- Mesmo se tratando de sistemas fotovoltaicos individuais, o aterramento do sistema é fundamental para a proteção e desempenho, ao contrário de afirmações que indicam que esse aspecto inviabiliza economicamente o projeto de pequenos sistemas de geração;
- Verificação das características técnicas dos inversores, controladores de carga e painéis fotovoltaicos em relação ao esquema de aterramento indicado, segundo seja o caso, no lado de corrente contínua ou de corrente alternada;
- Análise das medidas de proteção e segurança de pessoas e animais na área de instalação do sistema fotovoltaico, avaliar a instalação de barreiras;
- Realizar atividades de conscientização dos moradores a respeito das limitações dos sistemas, assim como ações de eficiência energética.
- Garantir que o projeto estrutural esteja baseado em estudos de estabilidade de solo;
- Realização da inspeção de equipamentos previamente ao transporte para campo e de pré-montagem de elementos do sistema;
- Contratação de guias locais e experientes, com veículos adequados, assim como manter contato direto com os moradores da região para coleta de informações a respeito das condições climáticas, das rotas de acessos e dos modais de transporte;
- Levantamento das leis ambientais cabíveis e normas de transporte, mesmo que o licenciamento não seja necessário para instalação dos sistemas individuais de geração, verificou-se a necessidade de formalização de consulta aos órgãos competentes. Considerar as restrições de podas de árvores conforme as leis dos órgãos ambientais.

Conclusões

Por meio de incentivos governamentais, a eletrificação rural pode vir a se tornar viável do ponto de vista econômico. No entanto, sob a perspectiva técnica, a implantação de sistemas de geração de energia em regiões isoladas, além da inserção de novas tecnologias, demandará o uso de ferramentas tecnológicas para apoio à gestão da operação e manutenção.

A instalação de sistemas fotovoltaicos na região do Pantanal Sul-mato-grossense, que motivou este trabalho, possibilitou uma avaliação das dificuldades vivenciadas relacionadas à implantação de sistemas remotos, sendo possível gerar recomendações para auxiliar tanto na universalização da região quanto na implantação de sistemas em diferentes localidades rurais.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Projeto de P&D PD-0404-1609 / 2016 proposto pela Energisa MS, no âmbito do programa de P&D da Aneel, conduzido pelo Lactec, instituto de tecnologia privado, multidisciplinar, com sede em Curitiba e filial em Salvador (BA).

Referências bibliográicas

[1] Almeshqab F, Ustun T. Lessons learned from rural electrification initiatives in developing countries: Insights for technical, social, financial and public policy aspects. Renew Sustain Energy Rev 2019; 102:35-5.

[2] Javadi FS, Rismachi B, Sarraf M, Afshar O, Saidur R, Ping HW, Rahim NA. Global policy of rural electrification. Renew Sustain Energy Ver 2013; 19:402-16.

[3] Pinheiro G, Rendeiro G, Pinho J, Macedo E. Rural electrification for isolated consumers: Sustainable management model based on residue biomass. Energy Policy 2011; 39:6211-19.

[4] Vernet A, Khayesi JNO, George V, George G, Bahaj AS. How does energy matter? Rural electrification, entrepreneurship, and community development in Kenya. Energy Plicy 2019; 126:88-98..

[5] Yadoo A, Gormally A, Cruickshank H. Low-carbom off-grid electrification for rual áreas in the United Kingdom: Lessons from the developing world. Energy Policy 2011; 39:6400-07.

[6] Bhattacharyya SC, Ohiare S. The Chinese electricity access model for rural electrification: Approach, experience and lessons for others. Energy Policy 2012; 49:676-87.

[7] Van Gevelt T. Rural electrification and development in South Korea. Energy Sustain Dev 2014; 23:179-87.

[8] Uche-Soria, M.; Rodríguez-Monroy, C. Special regulation of isolated power systems: The Canary Islands, Spain. Sustainability 2018; 10(7), 2572.

[9] Malakar Y. Evaluating the role of rural electrification in expanding people's capabilities in India. Energy Plicy 2018; 114:492-98.

[10] International Energy Agency. Acess to electricity. https://www.iea.org/sdg/electricity/ [Access 25 April 2019].

[11] O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. https://estatgeo.ibge.gov.br/EstatGeo2020/; [accessed 18 April 2019].

[12] Programa de eletrificação rural. https://www.mme.gov.br/luzparatodos/Asp/o_programa.asp [Access 28 May 2019]

[13] Maria F. Gómez, Semida Silveira, Rural electrification of the Brazilian Amazon – Achievements and lessons, Energy Policy, Volume 38, Issue 10, 2010

[14] Tara Slough, Johannes Urpelainen, Joonseok Yang, Light for all? Evaluating Brazil's rural electrification progress, 2000–2010, Energy Policy, Volume 86, 2015.

[15] LACTEC. Elaboração de metodologia de suprimento de energia elétrica a sistemas isolados no Pantanal Sul-mato-grossense. Final report. Brasil: Energisa, Concessionária de Distribuição; 2017 Set. R&D No.: PD-0404-1502/2015. Contract No.: 3695/2015.

[16] ANEEL, Resolução Normativa Nº 488, de 15 de Maio de 2012, disponível em: https://www.aneel.gov.br/

[17] Da Cruz Fantin, Rúbia. Impactos de pequenas centrais hidrelétricas com diferentes arranjos na bacia do alto São Lourenço. Tese de Doutorado em Física Ambiental. Universidade Federal de Mato Grosso, 2018.

[18] Agência Nacional de Energia Elétrica, Resolução Normativa 493, http://www2.aneel.gov.br. 2012

[19] da Hora, H. R. M, Monteiro, G. T. R., Arica J, Confiabilidade em Questionários para Qualidade: Um Estudo com o Coeficiente Alfa de Cronbach. Produto & Produção, vol. 11, n. 2, p. 85 - 103, jun. 2010.

[20] ANEEL - https://www.aneel.gov.br/sistemas-isolados-e-fontes-intermitentes

[21] LACTEC. Avaliação de Tecnologias de Armazenamento de Energia e de Soluções de Gerenciamento da Operação e Manutenção para Aplicação em Sistemas Isolados no Pantanal Sul-Mato-Grossense, no Estado no Mato Grosso no Sul. Final report. Brasil: Energisa, Concessionária de Distribuição; 2021 jul. R&D No.: P&D 00404-1609/2016. Contrato No.: 4600013362.

[22] dos Santos Pereira, G. M; Weigert, G. R.; Morais, P. S.; Alves e Silva, K.; Segura-Salas, C. S.; de Matos Gonçalves, A. M.; do Nascimento, H. H. S., Transport Route Planning for Operation and Maintenance of Off-grid Photovoltaic Energy Systems in the Pantanal of Mato Grosso do Sul, 2020 IEEE PES Transmission & Distribution Conference and Exhibition - Latin America (T&D LA), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/TDLA47668.2020.9326099.

**Cresencio Silvio Segura-Salas é graduado em engenharia mecânica-elétrica pela Universidad Nacional de Ingenieria (Peru), com doutorado em engenharia elétrica pela UNICAMP. Atualmente, é pesquisador na área de Sistemas de Elétricos no Lactec.*

Pablo Lopes Macedo é graduado em engenharia elétrica pela UFPR, com Mestrado Profissional em Desenvolvimento de Tecnologia pelo Lactec. Atualmente, é pesquisador na área de Sistemas de Elétricos no Lactec.

Kiane Alves e Silva é graduada em engenharia elétrica pela UTFPR, com Mestrado Profissional em Desenvolvimento de Tecnologia pelo Lactec. Atualmente, é pesquisadora na área de Sistemas de Elétricos no Lactec.

*Por Danilo Ferreira de Souza, Francisco Antônio Marino Salotti, Ildo Luis Sauer e Hédio Tatizawa**

Capítulo V

Os motores elétricos e a eficiência energética – tendências e desafios

O setor de energia em geral impacta significativamente o meio ambiente. O uso final energético não é diferente, no caso do setor de energia elétrica, os motores elétricos são responsáveis por cerca de 70% da eletricidade consumida em nível mundial na indústria [1]. Assim, com as atuais preocupações com o desenvolvimento sustentável, os sistemas motrizes se destacam como um importante instrumento para atuar no sentido da busca pela redução dessa demanda energética.

Neste contexto, existem regulamentos que indicam a eficiência energética mínima de equipamentos, sendo intitulados "Minimum Energy Perfomance Standards (MEPS)", os quais especificam níveis mínimos de atendimento energético para fins comerciais. Os MEPS têm como objetivo principal dar uma orientação de eficiência para o consumidor, além de estabelecer um requisito mínimo para a eficiência de equipamentos comercializados.

As políticas de MEPS são atribuições de políticas de estado. No caso de motores elétricos são baseados em classes de eficiência, possibilitando diferentes níveis, que vão aumentando conforme os avanços tecnológicos e a aceitação do mercado. As classes de eficiência para motores internacionalmente são harmonizadas com o código IE na norma IEC 60034-30-1 [2], que é amplamente aceita como o padrão global, tornando as classes de eficiência comparáveis em todo o mundo. A norma define classes de eficiência IE1 a IE4 (Figura 1), em que IE1 é a menos eficiente, IE4 é a classe de eficiência de motor com maior eficiência. De forma similar, nos Estados Unidos, as classes de rendimento IE1 a IE4 são denominadas por standard, High efficiency, Premium efficiency, Super-Premium efficiency, confome a NEMA [3]. A nova classe IE5 ainda não foi definida em detalhes, mas está prevista para produtos potenciais em uma edição futura da norma. Para os motores IE5 a meta é reduzir as perdas em cerca de 20% em relação à classe IE4 [4].

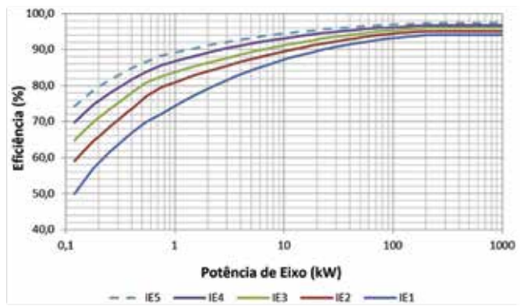


Figura 1 - Níveis de eficiência na norma de classificação IEC 60034-30-1 (2014), curvas para 50 Hz, motores de 4 polos.

O início da implantação dos MEPS para motores elétricos se deu nos EUA e Canadá em 1997, sendo posteriormente gradualmente aplicados em outros países com pequenas modificações implementadas por cada governo, conforme Figura 2.

No Brasil, a preocupação com o uso final dos recursos da natureza na matriz energética foi retomada fortemente em 2001 – quando o país enfrentou o racionamento de energia elétrica, conhecido como "apagão". O cenário do racionamento de energia elétrica foi grande impulsionador do Decreto nº 4.508/2001 [5], que criou duas categorias de motores separadas pelo rendimento. Os motores standard e os motores de alto rendimento. Os motores standard equivalem à categoria IE1 e os motores de alto rendimento equivalem internacionalmente à categoria IE2.

Em 2005, foi publicada a Portaria 553, que estabeleceu como nível mínimo de rendimento para motores comercializados no

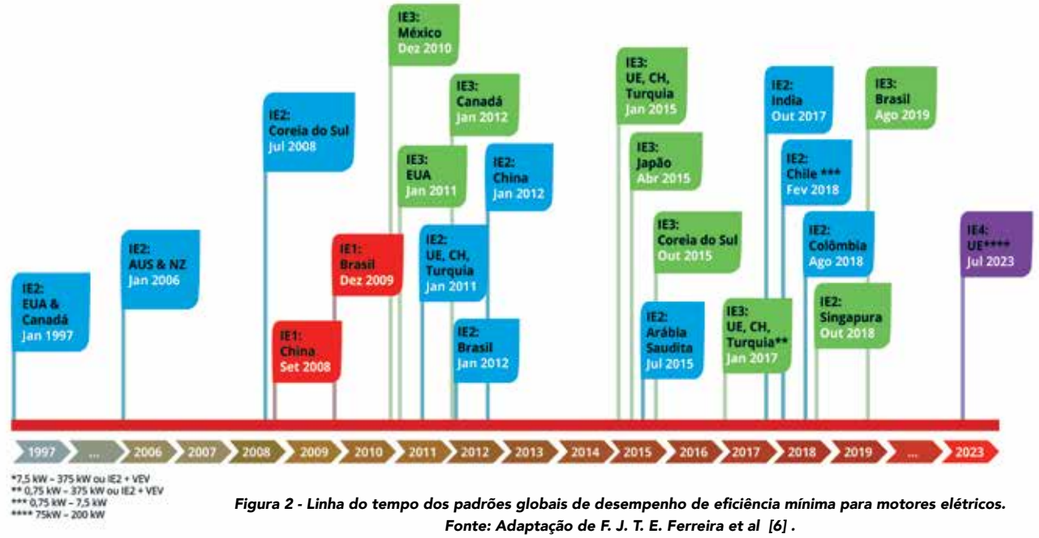


Figura 2 - Linha do tempo dos padrões globais de desempenho de eficiência mínima para motores elétricos. Fonte: Adaptação de F. J. T. E. Ferreira et al [6] .

Brasil os valores indicados como "alto rendimento" no Decreto 4.508.

O último documento publicado para o rendimento de MITRGE foi a Portaria Interministerial nº 1, de 29 de junho de 2017, publicada em 08 de agosto de 2017, estabelecendo a partir de agosto de 2019 o nível IE3 como padrão de eficiência mínimo obrigatório para serem comercializados no Brasil.

Aproximadamente 80% do uso global de eletricidade em sistemas motorizados estão em países que já possuem os MEPS instituídos. Entretanto, como os motores têm uma vida útil muito longa (o que é algo positivo), é possível que esses produtos de menor eficiência ainda possam estar em uso por mais de 20 anos a partir do momento em que são vendidos, dado o ciclo de vida destes equipamentos. De maneira que hoje, no Brasil (2021), os equipamentos fabricados antes do Decreto 4.508/2002, sem respeitar nenhuma exigência de rendimento estão chegando ao fim do ciclo de vida. Sendo, portanto, uma efetiva oportunidade para realizar procedimentos de eficiência energética nos sistemas motrizes, instalando equipamentos IE3 ou superior.

Há, por parte de diversas distribuidoras de energia elétrica no país, programas de incentivo a troca dos motores antigos, (fabricados antes de 2009) por novos da classe IR3 (equivalente ao IE3).

As pressões competitivas das boas empresas, aliadas aos trabalhadores das agências de energia dos governos, vêm fazendo, em nível mundial, com que os MEPS se tornem cada vez mais eficientes.

A crescente conscientização dos governos e da indústria para a importância da eficiência energética em sistemas motrizes tem fomentado a pesquisa para a contínua melhoria dos motores elétricos, que já são factíveis em níveis Super Premium Efficiency (IE4) e Ultra Premium Efficiency (IE5).

A concepção dos motores classe IE4 ainda é possível fazer com a tecnologia tradicional - Motores de Indução Trifásicos com Rotor em Gaiola de Esquilo (MITRGE), com a utilização de mais cobre nos enrolamentos, emprego de chapas de material ferromagnético de melhor qualidade, pela otimização dos projetos elétricos, magnéticos e mecânicos. Entretanto, é mais fácil elevar a eficiência com aplicação de outras tecnologias, como Motores Síncronos de Imã Permanente (MSIP) e Motores Síncronos de Relutância (MSREL também conhecidos como SynRM), que permitem que os motores excedam os limites de eficiência IE4 e IE5.

A Figura 3 apresenta uma visão geral das tecnologias de motores elétricos, ligando aos índices de eficiência mais comumente encontrados para cada tecnologia.

Figura 3 - Visão geral das tecnologias de motores trifásicos disponíveis no mercado. Fonte: Adaptação de F. J. T. E. Ferreira et al [6].

Os Variadores Eletrônicos de Velocidade (VEV), também conhecidos como conversores de frequência ou inversores de frequência, já são amplamente utilizados em acionamentos motrizes. A utilização dos VEV se dá principalmente em cargas onde o controle de velocidade é importante, ou em cargas onde as pequenas variações na velocidade podem provocar grandes economias de energia elétrica, como principalmente o caso dos sistemas de bombeamento e de ventilação (cargas centrifugas).

Os motores de indução trifásicos com rotor em gaiola de esquilo (MITRGE) têm duas qualidades operacionais indiscutíveis: operam alimentados diretamente pela rede elétrica e podem partir sem auxílio de sistemas eletrônicos ou mecânicos de partida, devido a seu baixo custo de aquisição, baixo custo de manutenção e alta confiabilidade, ainda são a escolha preferida para aplicações de velocidade fixa. Entretanto, nos casos de velocidade variável, seja para o controle, seja para a eficiência energética, outras tecnologias estão se tornando cada vez mais viáveis, como os MSIP e os MSREL.

Os motores elétricos de operação síncrona (MSIP e MSREL), basicamente, não possuem as perdas no rotor, este é um dos principais motivos que fazem com que esses equipamentos consigam elevar o nível de eficiência energética e reduzir o seu volume físico consideravelmente, sendo apontados como o futuro próximo do acionamento motriz em velocidade variável. E se os custos continuarem caindo nos próximos anos, podem ser viáveis também em sistemas de velocidade fixa.

Os MSIP dependem do uso de ímãs permanentes e de materiais de terras raras para seus recursos avançados. A produção de ímãs permanentes de liga de terras raras tem algumas desvantagens [7]. Uma desvantagem econômica é a produção geograficamente concentrada em poucos países. Observa-se também que o processo de mineração, tratamento e refino de metais de terras raras têm um impacto ambiental significativo [8]. Por este motivo, alguns fabricantes começaram a produção de MSIP usando materiais e tecnologias alternativas, que incluem o uso otimizado de ímãs de ferrite de baixo custo.

A Tabela 1 apresenta uma análise comparativa simplificada das diferentes tecnologias motrizes com indicadores de desempenho em 9 categorias. Cada indicador é indicado de 1 até 5 círculos, e as cores ajudam na identificação, em que vermelho é desfavorável, amarelo é médio e verde é favorável.

A Tabela 1 foi construída com as informações disponíveis atualmente (2021). No futuro, existe forte possibilidade de mudança, como por exemplo, a exploração de novas jazidas de imãs de terras raras melhorando os custos do MSIP.

Os MSIP para uso em acionamentos como substitutos dos MITRGE diferem do projeto tradicional da máquina síncrona por terem um rotor híbrido na tentativa de minimizar os problemas inerentes de perda do sincronismo do rotor ao atingir o torque máximo e não poder partir diretamente na rede de alimentação. Estes dois fatores impõem a necessidade

Tabela 1 - Análise comparativa das diferentes tecnologias motrizes

Itens Avaliados	MITRGE sem VEV	MITRGE com VEV	MSIP	MSREL
1 - Eficiência	●●○○○	●●●○○	●●●●●	●●●●○
2 - Eficiência - em toda a faixa de velocidade / torque	●○○○○	●●●○○	●●●●●	●●●●○
3 - Densidade de potência [volume] [kW/kg]	●●○○○	●●○○○	●●●●●	●●●●○
4 - Confiabilidade e tolerância a falhas	●●●●●	●●●○○	●●○○○	●●●○○
5 - Corrente de partida / torque de partida	●○○○○	●●●○○	●●●●●	●●●●○
6 - Facilidade na fabricação	●●●●●	●●●●○	●○○○○	●●●○○
7 - Possível volatilidade da cadeia de suprimentos	●●●●●	●●●●●	●○○○○	●●●●●
8 - Custo dos materiais	●●●●●	●●●○○	●○○○○	●●●○○
9 - Controle de velocidade	○○○○○	●●●○○	●●●●●	●●●●○

de uso de sistemas eletrônicos para o acionamento do motor. A evolução da eletrônica de potência fez com que o MSIP e o MSREL pudessem ser utilizados nos mais diversos acionamentos e em ampla faixa de potência.

Os MSREL não possuem enrolamentos ou ímãs no rotor, apenas placas de aço elétricas empilhadas juntas para formar um pacote de rotor. Ao contrário de um motor de indução, um rotor MSREL não possui correntes induzidas no rotor e, portanto, não apresenta perdas no rotor. Isso torna o MSREL um equipamento relativamente simples, com bom controle de velocidade e torque em carga constante e carga ou velocidade variável.

As aplicações de VEV nos MITRGE tradicionais e os novos MSIP e MSREL requerem uma atualização nos procedimentos de teste para incluir o VEV necessário para partida e controle, bem como classificar o desempenho na condição de velocidade variável. Esta tarefa ainda não foi concluída no International Electrotechnical Commission (IEC), que lançou uma ampla discussão sobre como as perdas de carga total e parcial nos VEVs e as perdas adicionais no motor devido à alimentação não senoidal devem ser contabilizadas na classificação de eficiência. Esta discussão ainda não foi finalizada.

É importante classificar as perdas dos VEVs e dos demais dispositivos de acionamentos, pois a análise da eficiência completa do sistema motriz é novo horizonte normativo. Os VEV aumentam consideravelmente a eficiência energética do

sistema motriz para diversos tipos de acionamento, além de possibilitar o controle de velocidade e torque, mas também oferecem perdas nos elementos semicondutores e nos motores, por em muitas vezes não fornecer forma de onda de corrente perfeitamente senoidal.

A tendência dos acionamentos motrizes aponta para as novas tecnologias MSIP e MSREL, bem como para a intensificação da utilização de VEVs. Na mobilidade elétrica, já estão sendo testados em nível comercial formulações híbridas do MSIP e MSREL na perspectiva de aumentar a eficiência e possibilitar elevados torques em toda a faixa de velocidade, incluindo em baixas rotações.

Ainda é preliminar fazer uma discussão sobre custos de substituições, pois as tecnologias MSIP e MSREL não estão em linha de produção seriada.

Agradecimentos

Agradecimento ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos disponibilizada ao primeiro autor, por meio do Projeto: 870814/1999-0, Processo: 142323/2020-9, para que pudesse se dedicar à pesquisa de doutoramento e das áreas afins.

Referências

[1] Internacional Energy Agency, P. Waide, e C. U. Brunner, "Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems", Int. energy agency, vol. na, no na, p. 132, 2011, doi: 10.1787/5kgg52gb9gjd-en.

[2] IEC 60034-31, "IEC 60034-31 Ed. 1.0 b:2010 - Rotating Electrical Machines - Part 31: Selection Of Energy-Efficient Motors Including Variable Speed Applications - Application Guide", no Cd. Geneva, 2014.

[3] NEMA - National Electrical Manufacturers Association, "ANSI/NEMA MG 1-2016 Motors and Generators", Rosslyn, Virginia, 2016.

[4] A. De Almeida, J. Fong, C. U. Brunner, R. Werle, e M. Van Werkhoven, "New technology trends and policy needs in energy efficient motor systems - A major opportunity for energy and carbon savings", Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 115, p. 109384, nov. 2019, doi: 10.1016/j.rser.2019.109384.

[5] D. Ferreira De Souza, A. G. Kanashiro, e F. A. M. Salotti, "Historical evaluation of performance of induction motors sold in Brazil between 1980 and 2016 The energy context Global and national energy scenario", 2017.

[6] F. J. T. E. Ferreira, A. M. Silva, V. P. B. Aguiar, R. S. T. Pontes, E. C. Quispe, e A. T. De Almeida, "Overview of Retrofitting Options in Induction Motors to Improve Their Efficiency and Reliability", Proc. - 2018 IEEE Int. Conf. Environ. Electr. Eng. 2018 IEEE Ind. Commer. Power Syst. Eur. EEEIC/I CPS Eur. 2018, out. 2018, doi: 10.1109/EEEIC.2018.8493887.

[7] J. Wübbeke, "Rare earth elements in China: Policies and narratives of reinventing an industry", Resour. Policy, vol. 38, no 3, p. 384–394, set. 2013, doi: 10.1016/J.RESOURPOL.2013.05.005.

[8] J. W. Darcy, H. M. Dhammika Bandara, B. Mishra, B. Blanplain, D. Apelian, e M. H. Emmert, "Challenges in Recycling End-of-Life Rare Earth Magnets", JOM 2013 6511, vol. 65, no 11, p. 1381–1382, out. 2013, doi: 10.1007/S11837-013-0783-0.

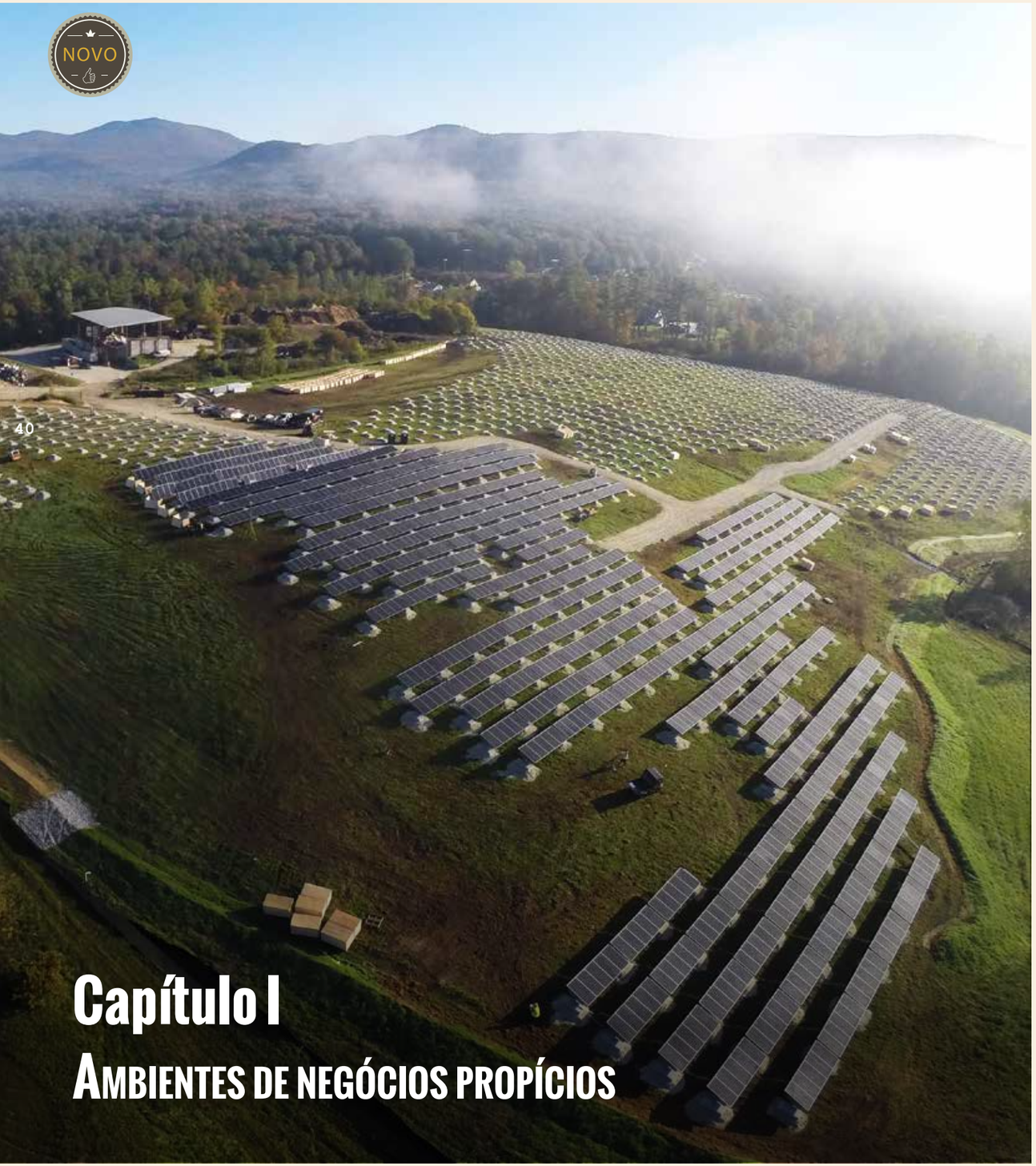
Danilo Ferreira de Souza possui graduação em Engenharia Elétrica e é especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho. É professor Adjunto na Universidade Federal de Mato Grosso. Atualmente é Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo e pesquisador do Grupo de Desempenho e Segurança de Equipamentos e Materiais Elétricos da USP.

Francisco Antônio Marino Salotti possui graduação em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário FEI (1984) e mestrado em Engenharia pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1998). Atua desde 1986 em pesquisa, desenvolvimento e ensaios de motores elétricos, transformadores e inversores no Laboratório de Máquinas Elétricas do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo.

Ildo Luis Sauer possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1977), mestrado em Engenharia Nuclear e Planejamento Energético pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1981) e doutorado em Engenharia Nuclear pelo Massachusetts Institute of Technology (1985). Atualmente é professor titular da Universidade de São Paulo.

Hédio Tatizawa possui graduação em Engenharia Elétrica (1984) pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), Mestrado (1992) e doutorado (2001), e Livre Docência (2014). Atualmente é Professor Associado no Instituto de Energia e Ambiente/USP e exerce a chefia da Divisão Científica de Tecnologia de Sistemas Elétricos do IEE/USP.

*Por Alexandre Aoki e Rodrigo Otto**



Capítulo I

AMBIENTES DE NEGÓCIOS PROPÍCIOS

No passado, o mercado energético era controlado por usinas tradicionais, onde o mercado se baseava exclusivamente no fornecimento de energia, de modo que opções como a geração distribuída eram impensáveis, considerando também sua falta de regulamentação, seu preço e as barreiras legais que existiam.

Hoje, o cenário vem mudando, os preços dos sistemas de geração autônoma, tais como painéis solares, baterias e inversores, caíram drasticamente, as barreiras legais se tornaram mais flexíveis e a regulamentação foi reforçada devido a modelos de sucesso em diferentes partes do mundo. Portanto, a geração distribuída é uma opção cada vez mais necessária na transição energética que está ocorrendo no mundo, com o objetivo de atingir metas de sustentabilidade, reduzindo a pegada de carbono e a dependência de combustíveis fósseis.

Este novo cenário abre a possibilidade de implementar diferentes sistemas de geração, onde sua viabilidade depende fortemente do modelo de negócios sob o qual são implementados, já que segundo ele será o possível rendimento que pode ser gerado.

O mercado de microrredes

Desde o começo do século, o setor elétrico tem sido alvo de várias ações de modernização, as quais são abarcadas pelo conceito de redes elétricas inteligentes (smart grid). Nesse sentido, o segmento de distribuição de energia elétrica tem sido um dos mais impactados por diversas tecnologias, como medição inteligente (smart metering), geração distribuída (distributed generation), sistemas de armazenamento de energia por baterias (battery energy storage system) e, mais recentemente, pelas microrredes (microgrid) e os veículos elétricos (electric vehicles).

As microrredes são sistemas elétricos, em baixa ou média tensão, que podem operar conectados ou ilhados da rede principal, ou ainda, isolados. Atualmente, estão sendo muito discutidas e incentivadas por se tratar de uma alternativa tecnológica extremamente interessante para reforçar a confiabilidade do fornecimento de energia elétrica, bem como, possibilidade sustentável para eletrificação de áreas isoladas (como zonas rurais distantes, ilhas, locais com dificuldades de acesso, entre outras).

No mercado de energia, as microrredes foram fortemente promovidas no século passado com a iniciativa do Facebook, Microsoft e investidores da Allotrope Partners criando a Microgrid Investment Accelerator (MIA), que tem como objetivo financiar projetos de acesso à energia na Indonésia, Índia e África Oriental a partir de soluções de microrredes. A MIA tem como objetivo captar e investir um total de USD 115 milhões até 2023.

Para o desenvolvimento do mercado de microrredes, um estudo publicado em junho de 2019 pelo Banco Mundial aponta para dez aspectos que precisam ser abordados nos países para implantar minirredes (microrredes para atender uma região com média densidade de população e baixa demanda de eletricidade) em escala:

- Tecnologia e custo de sistemas de geração de energia solar-híbrida;
- Planejamento geoespacial das regiões que serão abarcadas pela eletrificação por minirredes;
- Uso de eletricidade para geração de renda;
- Envolvimento da comunidade;
- Indústria local e internacional;
- Acesso ao financiamento;
- Treinamento e capacitação;
- Comprometimento da estrutura institucional (governos, agências, indústria e consumidores);
- Políticas e regulamentos viáveis;
- Ambientes de negócios propícios.

O futuro das microrredes no setor elétrico brasileiro

A geração de energia elétrica no Brasil obtida principalmente por fontes renováveis é liderada por usinas hidrelétricas, que atualmente representam quase dois terços da eletricidade produzida no país, seguidas da eólica, da biomassa e da solar. Considerando o potencial eólico e solar do Brasil e que atualmente representam só 10,7% da geração total, segundo o portal oficial do Governo (gov.br) em sua edição de janeiro de 2020, é necessária uma maior representação destas fontes com o propósito de diversificar a matriz elétrica do país e segurar uma verdadeira independência energética ao longo do tempo.

Só na última década, o investimento em projetos de geração distribuída aumentou significativamente, o que tornou possível implementá-los em áreas de difícil acesso, como no caso da comunidade Xique-Xique, com a instalação de uma microrrede baseada em geração solar, como resultado do investimento da MicroPower Comerc (MPC) de mais de R$ 1 bilhão para o desenvolvimento de diferentes projetos de microrredes no Brasil.

Outro exemplo foi a parceria do Grupo Equatorial da energia com o comando da Aeronáutica para o investimento de R$ 10 milhões no desenvolvimento de uma microrrede de energia elétrica inteligente nas dependências do Centro de Lançamento de Alcântara. Todos estes casos mostram a viabilidade desta tecnologia e as vantagens que podem produzir ao ser implementada em todo o território brasileiro.

Pilares para a transição energética

A mudança que está acontecendo na matriz elétrica do brasil e que está definindo o caminho do seu futuro energético está baseada em três pilares principais: a descentralização, a descarbonização e digitalização, como relatado pelo portal Inergial, em sua publicação de dezembro de 2019.

A descentralização tem vantagens aos níveis econômico, social e energético, reduzindo os custos de infraestrutura associados ao conectar áreas isoladas através de tecnologias tradicionais, o que permite melhorar a qualidade de vida das comunidades e setores beneficiados, além de possibilitar a compra e venda livre da energia.

A descarbonização é apoiada na necessidade de diminuir os riscos associados com a mudança climática, além das vantagens econômicas, sociais e ambientais, considerando que atualmente tanto o governo local quanto organizações internacionais oferecem diversos incentivos na adoção de tecnologias mais limpas.

Finalmente a digitalização, através da coleta, análise e utilização de dados por sistemas baseados em inteligência artificial e aplicados em processos industriais, comerciais e até mesmo residenciais, permitirá quebrar as barreiras dos sistemas de geração tradicionais e aumentar a flexibilidade do sistema elétrico de potência através do uso e gerenciamento inteligente de energia em todos os níveis.

Incentivos e projetos no Brasil

No início do século, a micro e a minigeração distribuída (MMGD) eram concebidas como projetos de pesquisa interessantes com algum potencial teórico, mas eram fortemente condicionadas por temas políticos mais que tecnológicos.

Atualmente, o cenário está mudando lentamente e o governo, em parceria com associações e empresas do setor, vem avançando na questão com projetos, tais como, o Plano Decenal de Energia (PDE), a convocatória pública de projetos da Copel e a aprovação da lei 23762 para reduzir a zero a carga tributária da MMGD.

Um dos desenvolvimentos mais importantes para incentivar projetos de geração distribuída no Brasil é a publicação do Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 (PDE 2030), desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Este documento marca o roteiro a seguir sobre a evolução da MMGD para a próxima década e ainda apresenta uma perspectiva da inserção de sistemas de armazenamento em unidades consumidoras.

Tendências para o futuro

Uma das principais razões que tem acelerado o desenvolvimento da tecnologia de microrredes no Brasil, segundo o indicado em 2020 nos portais Blocknews e GRID Energia, foi a chegada de novas tecnologias, tais como Blockchain, que, como plataforma de negociação, vai revolucionar as relações no mercado, permitindo monetizar os excessos de energia.

Operações como tributação, gerenciamento da cadeia de suprimentos, comércio entre duas partes (P2P – Peer-to-Peer) e comércio de compensação de carbono agora se tornam descentralizadas, eliminando a necessidade de atores centrais e deixando o controle dessas operações nas mãos dos cidadãos comuns, de forma mais democrática, mais segura, mais simples e, principalmente, mais rápida e eficiente.

A MMGD está se tornando protagonista na expansão de oferta de eletricidade e os próximos dez anos serão decisivos para o aumento da MMGD no Brasil, com a projeção da energia gerada saltar de 0,6 GW-médios (2020) para até 4,3 GW-médios (2030).

Modelo de novos negócios com microrredes

Em geral, o mercado sempre tem sido submetido a operar de forma centralizada, em que um fornecedor oferece o serviço de conexão à rede, geralmente sujeito a uma grande usina de geração distante da população beneficiária. Este modelo apresenta dois problemas principais, o primeiro está relacionado à capacidade de geração em relação à distância de abastecimento, pois à medida que a distância aumenta, cresce também o investimento em infraestrutura e as perdas associadas, diminuindo a qualidade da energia. A segunda desvantagem aparece quando é necessário fornecer energia a áreas de difícil acesso, o que, em muitas ocasiões, aumenta significativamente os custos e nos casos restantes simplesmente não é viável devido à geografia do terreno.

A geração distribuída oferece a oportunidade de quebrar as barreiras dos modelos tradicionais de fornecimento, de modo que agora há uma variedade de modelos de negócios em todos os níveis de geração.

As microrredes, uma resposta da geração distribuída da energia, incorporam uma variedade de tecnologias e recursos como células de combustível, armazenamento de energia em bateria, torres eólicas, painéis fotovoltaicos, grupos geradores a diesel e a gás (no caso de ser necessário). Como consequência, as microrredes têm um alto grau de flexibilidade, o que possibilita a adaptação a praticamente qualquer ambiente ou terreno, permitindo aos produtores de energia, em qualquer nível, a criação e/ou expansão de seus modelos de negócio.

Uma das principais vantagens das microrredes é a possibilidade de implementá-las na escala desejada, seja para um bairro, um edifício, uma comunidade inteira ou uma cidade. Esta característica, juntamente com a capacidade de controlar individualmente os sistemas de geração conectados à infraestrutura, permite a abertura do mercado de fornecimento de energia a novos concorrentes, tais como empresários, empreendedores, empresas ou mesmo novos participantes, permitindo

pela primeira vez que os consumidores tenham controle do preço que estão dispostos a pagar pela eletricidade e que os fornecedores tenham concorrência, permitindo benefícios, tais como padronização de preços ou melhoria na qualidade do serviço.

As microrredes podem desempenhar um papel importante na sociedade e na economia, em todos os níveis, oferecendo serviços em diferentes escalas organizacionais, como por exemplo:

- Militar;
- Comercial e industrial;
- Campus;
- Institucional e público;
- Comunidade / serviços públicos;
- Rural (Remota).

Em cada uma dessas escalas, as microrredes fornecem serviços de fornecimento de energia e digitalização. Ao aplicar os benefícios que esses serviços e a grande flexibilidade e versatilidade das microrredes proporcionam, os modelos comerciais podem ser gerados de múltiplas maneiras, como os serviços que eles oferecem:

- A energia como um serviço;
- Conforto como um serviço;
- Flexibilidade como um serviço;
- Infraestrutura como um serviço.

Outros modelos comerciais, tomando a energia como um produto seriam:

- Carregamento de veículos elétricos;
- 5G e conectividade a internet;
- Venda de serviços de consultoria, manutenção e instalação;
- Venda e fabricação de equipamentos;
- Serviços de treinamento e educação;
- Comercialização de energia.

Sua categorização depende da base com a qual é analisada, pois pode ser o papel que joga o consumidor, a relação cliente – vendedor ou o tipo de mercado com o qual opera.

Por outro lado, é importante considerar que entre os benefícios das micro redes, um dos mais interessantes para qualquer população é a criação de linhas de negócios, que abre a oportunidade para a diversificação econômica, gerando emprego e bem-estar do ponto de vista ambiental, econômico e social.

Oportunidades de negócio no Brasil

No Brasil o setor elétrico opera com um modelo de distribuição descentralizado com uma estrutura definida segundo o Ministério de Minas e Energia (MME). Atualmente para comercializar energia no Brasil há diversos caminhos, incluindo os acordos comerciais em todos os níveis, tais como acordos bilaterais privados ou o mercado diário local ou "Spot Market" que é dependente do preço spot do mercado, o qual segundo (MEEUS, 2011), é o mais relevante na Europa. Esses mecanismos são regulados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

Considerando que a geração fotovoltaica cresceu fortemente desde 1990 com uma média de 37% ao ano graças ao desenvolvimento da tecnologia, impulsionada fortemente pela China, existe um enorme mercado para a prestação de serviços de instalação e/ou geração de eletricidade, já que uma parte dos consumidores migrará inevitavelmente para esta forma de geração de energia.

Os serviços de microrredes podem mudar o modelo atual de distribuição da rede, especialmente em edifícios onde a confiabilidade da rede e o backup de energia são necessários, abrindo a porta para modelos de negócios como a Demand Response e o Armazenamento e Comercialização da energia excedente, especialmente na geração fotovoltaica, onde seu pico é de cerca de meio dia.

Outros modelos de negócio que as microrredes podem gerar para o cliente são o fornecimento, a instalação e a operação de serviços de energia, além da venda e consultoria de serviços, o que deve, em última análise, reduzir os custos gerais de eletricidade deste, proporcionar mais segurança e independência da rede, além de promover a descentralização da energia e a expansão de modelos econômicos cada vez mais sustentáveis e ambientalmente mais limpos para o país.

**Alexandre Rasi Aoki é doutor em Engenharia Elétrica pela Unifei (2003) e foi pesquisador e gerente do Lactec por 15 anos. É professor do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Paraná e Diretor do Centro de Inovação em Engenharia Elétrica da mesma instituição. É ainda Diretor Técnico da Associação Brasileira de Microrredes (ABMR) e Coordenador do Comitê de Estudos C6 - Sistemas Ativos de Distribuição e Recursos Energéticos Distribuídos - do Cigré Brasil. Membro sênior do IEEE, é também editor da revista Brazilian Archives of Biology and Technology.*

Rodrigo Bueno Otto possui graduação em Engenharia Elétrica pela UFPR, Pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho pela UNIOESTE, MBA em Gerenciamento de Projetos pela FGV, Especialização em Energia Renováveis com ênfase em Biogás pela UNILA e Especialização em Inovação Empresarial pela UPV, Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura na UNIOESTE e Mestre em Gestão da Ciência e Inovação pela UPV. Atualmente está cursando o Doutorado em Engenharia Elétrica pela EESC/USP. Atua como Gerente do LASSE Laboratório de Automação e Simulação de Sistemas Elétricos no PTI Parque Tecnológico Itaipu e também como Diretor Presidente da Associação Brasileira de Microrredes (ABMR).

Por Carlos Evangelista e Guilherme Chrispim

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

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

Cada gigawatt importa

Em julho, o Banco Mundial divulgou relatório apontando que as dificuldades econômicas provocadas pela pandemia da covid-19 causarão efeitos negativos sobre empregos e salários dos brasileiros até 2030. Esse dado impõe traçar estratégias com foco definido, tarefa que cabe ao sistema político e ao governo, com participação propositiva da sociedade civil.

Todavia, qualquer projeto de aceleração da atividade econômica e da geração de empregos precisa estar conjugado com esforços eficazes para conter outra crise prestes a se instalar: a segurança e o alto custo do fornecimento de energia.

Nesse cenário, revela-se imprescindível assegurar a expansão da geração distribuída. A aprovação do Projeto de Lei 5829/19, conforme o texto do relator, deputado federal Lafayette de Andrada (Republicanos/MG), é o ponto de partida para que o setor continue a crescer em ritmo satisfatório, com segurança jurídica e viabilidade econômica.

Sob a ótica da segurança do fornecimento, ampliar o número de prossumidores significa injeção imediata de energia nova no sistema, em velocidade expressivamente superior, na comparação com projetos centralizados, como grandes usinas hidrelétricas, termelétricas e nucleares.

Outra vantagem sobre esses modelos mais tradicionais é o uso das redes de distribuição já estabelecidas, o que significa economia de recursos financeiros e tempo, devido à dispensa da construção de linhas de transmissão. O custo de novos projetos de GD é virtualmente zero para o setor público e para os demais consumidores, fator positivo em tempos de escassez de recursos.

A ABGD não está propondo atalhos ou soluções sem eficácia testada e comprovada, com algum nível de ineditismo que possa suscitar dúvidas. As tecnologias de geração distribuída são bem desenvolvidas e acessíveis, a demanda e a necessidade apresentam-se claramente e os benefícios aplacam - direta e indiretamente - a questão do emprego.

Segundo dados da IRENA (Agência Internacional de Energia Renovável), para cada megawatt de potência instalada em projetos de geração distribuída, cerca de 30 novos postos de trabalho são criados em diversas cadeias produtivas. Ademais, contribuindo para assegurar o fornecimento de energia, impede-se que as demais atividades econômicas sejam prejudicadas por racionamento ou apagões, bem como novas e persistentes elevações das tarifas.

Ou seja, cada gigawatt importa para o futuro de milhões de brasileiros. Na agenda propositiva da ABGD, agregamos estudos sobre iniciativas que podem ajudar a garimpar cada um desses preciosos gigawatts em um período de dois anos.

Uma referência é o projeto de geração solar flutuante da CHESF, na Hidrelétrica de Sobradinho (BA), que pode ser implantado em outras usinas do país, por meio de modelos de contratação. Além de aproveitar a estrutura de subestações e linhas de transmissão já existentes, essa técnica pode reduzir a evaporação da área coberta, contribuindo para a preservação do nível do reservatório. Pelos nossos cálculos, é factível estabelecer a meta de somar 1 GW de potência instalada, por meio deste sistema, em dois anos.

Hoje, há subaproveitamento de incentivos concedidos para os consumidores de baixa renda, consumidores da Região Norte do País e produtores rurais interessados na aquisição de sistemas de geração distribuída. Para dinamizar esta frente, detectamos a necessidade de oferecer, conjuntamente, fontes de financiamento com taxas de juros e prazos suficientes para garantir um tempo de retorno dos investimentos inferior a cinco anos. Também nesta frente é tangível a meta de adicionar 1GW em novas unidades de GD.

O Brasil é, notoriamente, um país cuja matriz energética é alicerçada em fontes renováveis e limpas, o que sedimenta o entendimento de que renovar a aposta em termelétricas a óleo e carvão é caminho ultrapassado. A ABGD seguirá apontando a geração distribuída como peça imprescindível de qualquer estratégia de enfrentamento da crise que enfrentamos.

Rodrigo Sauaia é presidente executivo da Absolar

Ronaldo Koloszuk é presidente do Conselho de Administração da Absolar

Daniel Sobrinho, Conselheiro Federal do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea)

Engenharia a favor da fonte solar fotovoltaica

No final de 2020, em sua primeira manifestação sobre o assunto, o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea), cumprindo seu principal objetivo, de zelar pela defesa da sociedade e do desenvolvimento sustentável do Brasil, aprovou em plenário uma nota técnica de apoio às atuais regras da microgeração e minigeração distribuída, estabelecidas pela Resolução Normativa Aneel nº 482/2012 (REN 482/2012).

Recentemente, em maio de 2021, esse que é o maior conselho de profissionais do País e que representa mais de um milhão de pessoas na área tecnológica e cerca de trezentas mil empresas, aprovou por unanimidade em plenário um manifesto de todos os presidentes do Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia (CREA de cada estado e do Distrito Federal), em apoio ao Projeto de Lei (PL) nº 5.829/2019, que cria o marco legal da geração distribuída no Brasil.

Todas essas manifestações se baseiam na sintonia do Confea e dos CREAs em apoiar o desejo de 90% dos brasileiros, que querem ter mais autonomia e liberdade de escolha para gerar e consumir a sua própria energia elétrica limpa e competitiva, conforme apontam dados de pesquisa Ibope Inteligência. Atualmente, o Brasil tem apenas cerca de 0,7% de consumidores cativos com geração solar instalada em suas residências, comércios, pequenas indústrias e propriedades rurais. No entanto, possui um dos melhores recursos solares do mundo, teria condições de ser uma grande liderança nesta tecnologia. Lamentavelmente, ainda é apenas 16º no ranking mundial de potência instalada acumulada.

A proposta da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) para revisão da REN 482/2012 buscava impor aos consumidores com geração própria renovável uma cobrança sobre a energia elétrica injetada na rede de cerca de 57%, o que não leva em consideração corretamente os benefícios que esta geração local proporciona à sociedade, ameaçando o desejo da maioria da população.

Nesse momento de pandemia, depressão econômica e crise hídrica enfrentado pelo Brasil, será que devemos renunciar à geração própria renovável e ameaçar a sobrevivência de 15 mil empresas e de mais de 283 mil empregos?

Vejamos o exemplo do estado da Califórnia, nos Estados Unidos da América, uma das referências mundiais no desenvolvimento das fontes renováveis: o estado só implementou este tipo de cobrança quando a geração distribuída atingiu 5% do suprimento elétrico de cada distribuidora. A partir deste marco, a cobrança foi de 10,5%, bem longe dos 57% que a Aneel propôs.

Dessa forma, os consumidores esperam que os legisladores levem todos estes fatores em consideração e votem favoravelmente ao PL nº 5.829/2019, que propõe uma solução justa e equilibrada para a cobrança sobre a energia injetada na rede, preservando o desenvolvimento deste importante segmento da engenharia nacional, em sintonia com os anseios da sociedade.

O PL garantirá, em lei, o direito de todo cidadão, empreendedor e produtor rural, de gerar e consumir sua própria energia elétrica a partir de fontes limpas e renováveis, como o sol, o vento, a biomassa, o biogás e a água. O crescimento desta modalidade traz amplos benefícios para a sociedade e contribui para a redução de custos dos consumidores brasileiros.

Atualmente, 38 instituições representativas do País já declararam apoio formal ao marco legal da geração distribuída, dentre elas a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), o Sebrae, a Confederação Nacional do Comércio de Bens, Serviços e Turismo (CNC), a Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (Abimaq) e a Proteste, maior entidade de defesa do consumidor da América Latina e do Brasil.

A fonte solar fotovoltaica terá função cada vez mais estratégica para o atingimento das metas de desenvolvimento socioeconômico e ambiental do Brasil. A aprovação deste marco é ainda mais fundamental, sobretudo neste momento de crise hídrica e explosivo aumento na conta de luz dos brasileiros, devido ao acionamento em massa das termelétricas fósseis da matriz elétrica nacional, mais caras e poluentes.

A tecnologia fotovoltaica é parte da solução para este problema crônico do setor elétrico e vai ajudar na recuperação sustentável da economia, já que se trata da fonte renovável que mais gera empregos no mundo.

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

Safra dos Ventos 2021 e o poder dos ventos

Estamos em plena Safra dos Ventos, que é o período do ano em que registramos os melhores ventos para produção de energia eólica, indo de junho a novembro. É na "Safra dos Ventos" que registramos os nossos recordes de geração do ano. E para o ano de 2021, já começaram a chegar novos avisos do Operador Nacional do Sistema (ONS) sobre os recordes para esta temporada.

No dia 21 de julho, por exemplo, registramos uma marca não apenas inédita, mas muito importante. Naquele dia, registramos um recorde médio diário com geração de 11.094MWmed, o que corresponde a 99,9% da demanda da Região Nordeste. O valor anterior era de 10.873MWmed, em 12 de julho, o que correspondia a 98,8% da demanda.

E não é só no Nordeste que os recordes são registrados, já que a alta geração eólica desta época do ano tende a significar também um maior atendimento do Sistema Interligado Nacional (SIN). Afinal de contas, embora tenhamos cerca de 80% da capacidade instalada no Nordeste, o Sul do Brasil tem uma capacidade instalada muito importante, sendo o Rio Grande do Sul o quarto estado com mais parques eólicos no Brasil. Nos recordes do SIN, nós já chegamos a anteder 17% da demanda com eólica.

Estamos batendo estes recordes porque, em primeiro lugar, estamos instalando cada vez mais parques. Há dez anos, tínhamos pouco mais de 0,6 GW instalados e estamos chegando neste segundo semestre de 2021 com mais de 19 GWs, mais de 726 parques eólicos e mais de 8.500 aerogeradores em operação.

E tem um outro fator importante: a qualidade de nossos ventos. Para produzir energia eólica, são necessários bons ventos: estáveis, com a intensidade certa e sem mudanças bruscas de velocidade ou de direção. O Brasil tem a sorte de ter uma quantidade enorme deste tipo de vento, o que explica em grande medida o sucesso da eólica no Brasil nos últimos anos. Enquanto a média mundial do fator de capacidade está em cerca de 34%, o Fator de Capacidade médio brasileiro em 2020 foi de 40,6%, sendo que, no Nordeste, durante a temporada de safra dos ventos, que vai de junho a novembro, é bastante comum parques atingirem fatores de capacidade que passam dos

80% ou mesmo médias mensais de cerca de 60% em estados do Nordeste. Somos abençoados não apenas pela grande quantidade de vento, mas também pela qualidade dele.

O que nossos números e os recordes nos mostram é a robustez da nossa estrutura e confirmam que as eólicas estão ajudando o país nos momentos de escassez de chuvas e dos baixos reservatórios das hídricas. Em 2001, quando enfrentamos um racionamento de energia, a situação era muito diferente e mais de 85% era de hídricas. De lá para cá, a matriz se diversificou e as hidrelétricas respondem por cerca de 60% com outras fontes como eólica, biomassa e solar na matriz. Em 2001, os ventos não eram aproveitados, eram carta fora do baralho na gestão da crise. Hoje a realidade é outra e a estação dos ventos está apenas começando. Ainda podemos ajudar o sistema muito mais.

A crise hídrica que estamos vivendo nos traz, além da necessidade de gestão das fontes, um ponto muito importante: as mudanças climáticas são uma realidade e isso tem impacto no planejamento que fazemos. E, se por um lado podemos ajudar no lado da "oferta", também podemos ajudar quando o assunto é o futuro e a necessidade de lutarmos pela redução de gases de efeito estufa, até atingirmos o net zero, zerando as emissões.

Por Cláudio Mardegan*

Proteção de terra levando-se em conta o dimensionamento do resistor de neutro, a corrente de Charging e a corrente da blindagem em grandes sistemas industriais

Introdução

Atualmente, o tamanho dos sistemas elétricos industriais tem aumentado significativamente e muitas plantas possuem mais de duas fontes de alimentação (concessionária, turbogeradores, hidrogeradores, etc.). Adicionalmente o comprimento total de cabos também tem aumentado bastante. Este fator impacta em elevadas correntes de charging devido às capacitâncias próprias desses cabos e linhas.

Para que um sistema seja considerado aterrado, a somatória das correntes de charging do sistema tem que ser menor do que a soma das correntes de curta duração dos resistores de aterramento dos neutros das fontes. Assim, em projetos normais, o tamanho dos resistores de aterramento tem que ser aumentado para que o sistema não se comporte como um sistema não aterrado.

Ao ser aumentado o tamanho dos resistores dois grandes problemas entram em cena: (a) aumento da corrente de curto-circuito fase-terra e consequentemente a capacidade da blindagem suportar essas correntes elevadas de terra; e (b) a condição operacional das fontes.

Caso alguma fonte saia de operação por alguma razão (manutenção preventiva ou corretiva ou ainda por razões de processo), o sistema pode se tornar não aterrado.

Neste artigo é apresentada uma metodologia que mostra como tornar a condição operacional irrelevante através do uso de auto transformadores de aterramento zigue-zague.

Parâmetros de controle necessários

O dimensionamento do resistor do neutro das fontes é sempre uma tarefa a ser realizada pelo engenheiro de proteção, que tem que levar em conta o seguinte:

- Corrente de curta duração do resistor (IR);
- Corrente nominal de regime contínuo do resistor (IN);
- Curva de dano da blindagem do cabo (I2t);
- Da magnitude da corrente de charging do Sistema (3.Ico);
- Tempo de eliminação da falta à terra (tempo da proteção + tempo interrupção).

Esses tópicos são os parâmetros de controle escolhidos para que se possa dimensionar o sistema de aterramento do neutro das fontes.

Corrente de curta duração do resistor

Caso a corrente de curta duração escolhida para o resistor seja muito alta, a corrente suportada pela blindagem do cabo pode ser excedida para o tempo de eliminação de falta do sistema. Caso seja reduzida demais a corrente de curta duração do resistor, o valor da corrente de charging (3.Ico) pode exceder o valor da corrente de curta-duração do resistor e o sistema poderá ter o comportamento de um sistema não aterrado.

Em um sistema aterrado por resistência, a corrente total de falta à terra é calculada como indicado na Figura 1.

O EQUIPAMENTO PERFEITO PARA SUBESTAÇÕES DE ENERGIA

CONTEXTO

A utilização do DSI (Dispositivo Supervisor de Isolamento) da RDI Bender é imprescindível para supervisionar a isolação do sistema de comando e controle 125Vcc de subestações.
Muitas subestações ainda utilizam apenas o método de desequilíbrio de tensão para o monitoramento de isolação.
Esse tipo de medição não é totalmente confiável, principalmente quando há falhas simétricas no sistema.
Com o DSI é possível:

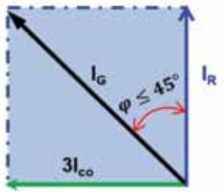
- Monitorar e indicar a ocorrência de falhas assimétricas e simétricas;
- Localizar e eliminar o defeito sem interromper a operação;
- Garantir manutenção preventiva;
- Manter o alarme sempre ativado até que o valor de isolamento seja restabelecido com a eliminação da falha.

DSI

RDI BENDER | 38 ANOS

BENDER

www.rdibender.com.br
contato@redibender.com.br
+55 11 3602 6260



$$I_G = \sqrt{I_R^2 + (3 \cdot I_{C0})^2}$$

Figura 1 – Corrente de falta à terra total em um sistema aterrado por resistor.

Como pode ser observado na figura anterior, para um sistema ser considerado aterrado, o ângulo φ deve ser igual ou menor que 45°.

Corrente de regime contínuo do resistor

O valor do pick-up da proteção de sobrecorrente de terra, por sua vez, não pode exceder a corrente nominal de regime contínuo (I_N) do resistor. Assim, ao se especificar o resistor de aterramento deve-se solicitar uma corrente nominal de regime contínuo do resistor maior do pick-up da unidade de terra do IED.

Curva de dano da blindagem

O limite térmico de dano da blindagem pode ser calculado com base nas prescrições das normas ICEA-45.482 e IEC 60949 e se baseia na seguinte equação:

$$I_{sc} = \frac{K \bullet S}{\sqrt{}}$$

Em que:

I_{SC} = Corrente de Curto-Circuito em [A];

S = Seção transversal da blindagem [mm²];

T = Tempo total de eliminação de falta [s];

K = Constante calculada pela equação; ao anterior, para blindagens de cobre.

T1/T2 = Temperatura inicial e final em °C. Veja tabela:

Isolação	*Condutor*	*T_1 [°C]*	*T_2 [°C]*	*Fator K*
EPR/XLPE 90°	Copper	85	200	124.2
EPR/XLPE 105°	Copper	100	200	115
PVC	Copper	65	200	136.7

K é calculado pela equação para condutores de cobre:

$$K = 340.12 \sqrt{\log\left(\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}\right)}$$

O equilíbrio desses cinco parâmetros deve ser encontrado para se chegar no dimensionamento do resistor. Em certas condições específicas pode se chegar à necessidade de solicitar ao fabricante do cabo que aumente a seção transversal da blindagem do cabo. Seções transversais típicas de cabos de média tensão são da ordem de 6.16 mm². Deve ser lembrado que a função principal da blindagem é promover a distribuição uniforme do campo elétrico dentro do cabo, porém, a blindagem deve suportar a corrente de falta até a interrupção da corrente de falta.

Corrente de charging do sistema

A corrente de charging do sistema deve ser calculada desde o nível da carga até o transformador que não deixa passar corrente de sequência zero. No Brasil, a maior parte dos transformadores é com conexão triângulo-estrela. Neste caso, deve-se calcular a corrente de charging em cada nível de tensão. No exemplo deste artigo, a corrente de charging está sendo calculada em 34,5 kV.

Para a determinação da corrente de charging do sistema, normalmente, os valores mais preponderantes correspondem às dos cabos e linhas. Os demais equipamentos apresentam valores menos significativos. As capacitâncias de cabos e linhas são determinadas a partir de catálogo dos fabricantes de cabo e da configuração das estruturas da linha. Para os demais equipamentos existem várias outras literaturas [01], [02], [03], [04] e [05].

Tempo total de eliminação da falta

O tempo total de eliminação da falta consiste do tempo da proteção adicionado ao tempo total de interrupção do dispositivo de manobra.

Integração das condições anteriores

Para um sistema aterrado por resistência bem protegido, três condições devem ser atendidas:

a) O pick-up do relé de sobrecorrente de terra ($I_{pk\text{-}51G}$) deve ser menor do que a corrente nominal de regime contínuo do resistor. ($I_{pk\text{-}51G} < I_N$);

b) A soma das correntes dos resistores das fontes deve ser maior ou igual à somatória das correntes de charging do sistema.($\sum I_R \geq 3 \cdot I_{C0}$);

c) O I²t da corrente de falta e do tempo de eliminação de falta deve ser menor ou igual ao I²t da blindagem do cabo.

($I_G^2 \cdot t_{total\text{-}eliminação\text{-}51G} \leq (I^2 \cdot t)_{Blindagem}$).

Resumo

a) $(I_{pk\text{-}51G} \leq I_N)$

b) $(\sum I_R \geq 3 \cdot I_{C0})$

c) $(I_G^2 \cdot t_{total-eliminação-51G} \leq (I^2 \cdot t)_{Blindagem})$

Uma observação importante é que quando se tem mais de uma fonte aterrada por resistência, a corrente total de falta resistiva será aproximadamente a soma das correntes das resistências individuais dos resistores das fontes. A avaliação deve levar em conta o pior cenário (menor contribuição de corrente de curto-circuito) que irá ocorrer com a menor quantidade de fontes suprindo o sistema.

MITSUBISHI ELECTRIC
Changes for the Better
Anniversary

Dispositivos de proteção elétrica

Qualidade japonesa com ótimo custo-benefício na sua instalação

Referência mundial em automação industrial, a Mitsubishi Electric fornece também produtos e soluções para proteção elétrica de instalações, que podem ser aplicados em diversos segmentos, de grandes indústrias e edifícios a painéis e residências.

Nossa família de produtos de baixa tensão é composta por disjuntores, contatores, relés de sobrecarga e multimedidores. Ao todo, são mais de cinco mil itens fabricados no Japão, de fácil instalação e manutenção, além de alta qualidade, confiabilidade e custo-benefício. São disjuntores até 6.300A e partidas de motores até 800A que seguem as principais normas internacionais de segurança, atendendo inúmeros clientes ao redor do mundo.

No Brasil, contamos com uma vasta rede de distribuidores e integradores de sistemas devidamente treinados e prontos para atendê-lo tanto em novas instalações como em retrofits. Acesse os nossos canais de comunicação e conheça mais.

mitsubishielectric.com.br/ia

(11) 4689-3000

mitsubishielectric.com.br/facebook
mitsubishielectric.com.br/instagram
mitsubishielectric.com.br/linkedin
mitsubishielectric.com.br/youtube

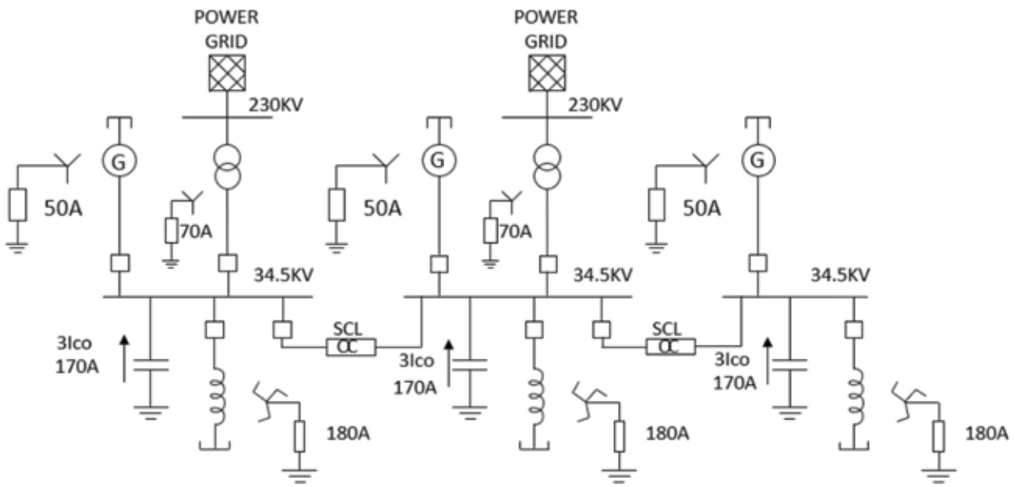


Figura 2 – Esquema unifilar de uma planta industrial.

Nesta situação, o valor de 3.Ico pode ser maior do que a somatória das correntes das fontes.

Exemplo de aplicação

No próximo exemplo ensina-se como resolver essa questão.

Exemplo usando auto transformador Zigue-Zague

Quando um sistema possui múltiplas fontes que podem operar em diferentes condições operacionais, todas essas condições operacionais devem atender aos requisitos apresentados anteriormente. Algumas vezes para que se possa ter as condições anteriores validadas, pode ser necessária a utilização de um auto transformador zigue-zague para limitar a corrente de falta, escolhendo-se um valor imediatamente superior ao valor da corrente de charging para esta limitação, em cada barra. A Figura seguinte ilustra a situação.

Para o exemplo anterior, valem os valores seguintes:

SCL = Limitador de Curto-Circuito (LCC)

3.Ico = 3 x 170 A = 510 A

ΣI_R = 70x2+50x3+180x3 = 830 A

$$I_G = \sqrt{830^2 + 510^2} = 974.2\ A$$

Tempo Máx Eliminação de Falta:

$$I_{SC} = \frac{K \cdot S}{\sqrt{t}} ==> 974.2 = \frac{124.2 \cdot 6.16}{\sqrt{t}}$$

$$t = \left(\frac{765.07}{974.2}\right)^2 = 0.7854^2 = 0.617\ s$$

Ou seja, a falta fase-terra terá que ser eliminada, no máximo, em 617 ms.

Bibliografia

[01] Proteção e Seletividade em Sistemas Elétricos Industrias, Claudio Mardegan, Atitude Editorial 2012 ISBN 978-85-65828-00-0

[02]IEEE Std C37.011-1979/1994, IEEE Application Guide for Transient Recovery Voltage for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis

[03]Charging Current Data for Guesswork-Free Design of High-Resistance Ground Systems, David S. Baker, IEEE Transactionson Industry Applications IA, Vol 15, Mar/Apr 1979 , PG 136 A 140

[04]PRSC-4 "System Neutral Grounding and Ground Fault Protection" – Industrial and Commercial Power System Applications Series,Alacchi/Blackburn/Bonk/Courter/Furfari/Greenwood/ Regotti/ McFadden, Westinghouse

[05]High Resistance Grounded Power Systems - Why Not, Walter Bloomquist, Kenneth J Owen, Robert L Gooch, IEEE Transactions On Industry Applications-IA VOL IA-12 No.6 NOV/DEC 1976

**Cláudio Sérgio Mardegan é engenheiro eletricista com 41 anos de experiência em proteção e análise de sistema. É autor do livro A Proteção e a Seletividade em Sistemas Elétricos Industriais, palestrante no CINASE e membro sênior do IEEE (M´2012, S'2013). É chair de dois Capítulos do IEEE Std 3004 (antigo Buff Book) e secretário do Capítulo 1 do IEEE Std 3003 (antigo Green Book). Autor de vários papers no IEEE, participa dos working groups do IEEE: Forensics, Data Center e Generator Grounding. Revisor de paper, Associated Editor e Technical Committee Paper Review Chair de Power System Engineering e CA (Committee Administrator de PSE – Power System Engineering) do IEEE. Instrutor de vários treinamentos de proteção. Atualmente, é ainda CEO da Engepower.*

O Setor Elétrico / Julho de 2021

Por Thales de Azevedo Filho é engenheiro eletricista, diretor e responsável técnico na Thales de Azevedo Filho Engenheiros Associados EPP.

A volta dos veículos eletrificados

O veículo eletrificado é um tema mais que centenário. Surgiu na segunda metade do século XIX, quando a Siemens, a GE e o próprio Thomas Edison, entre outros incentivadores, começaram a desenvolver a ideia do veículo eletrificado, autossuficientes, alimentados por acumuladores e os conectados, com suprimento de energia elétrica de uma fonte externa, alimentada por meio de condutores ao nível do piso, ou cabo aéreo, em catenárias, como nos trens, subways, bondes e trólebus.

Ocorreu que, no início do século XX, a grande produção de combustíveis fósseis, oriunda da exploração do petróleo nos Estados Unidos, com preços baixos, desestimulou os veículos eletrificados e logo foram suspensas as pesquisas sobre os acumuladores elétricos. Assim praticamente "adormeceu" a sua industrialização. No entanto, os estudos e aperfeiçoamentos da motorização elétrica conectada continuaram e desde então, ela vem sendo utilizada e a cada dia é mais eficiente no transporte de passageiros e cargas.

Estes veículos voltam agora com destaque no cenário mundial, em parte estimulados pelo Elon Musk da Tesla, com alta tecnologia e soluções de inteligência, trazendo, inclusive, a versão híbrida com motorização a combustão, compartilhada com propulsão elétrica, com regeneração de energia e opcional recarga. Esta tecnologia contribui com o enorme apelo pela redução das emissões de gases do efeito estufa (GEE), que promovem a preocupante crise climática. Obtém-se assim uma redução significativa de emissões de GEE que deverá ser avaliada, em cada região, a partir da sua matriz energética, sendo que as localidades com predominância de energias renováveis terão as maiores reduções.

Muitas cidades, inclusive, apresentam em seus Inventários de Emissões significativo percentual oriundo da mobilidade urbana, que precisa ser reduzido. Países, como a Polônia, que utilizam carvão mineral na geração de energia elétrica, praticamente não terão ganho ambiental. Já o Brasil, neste caso, tem uma posição privilegiada, pois na nossa matriz energética pouco mais de 6% é de origem não renovável, como carvão e combustível fóssil.

Não há dúvida da eficiência energética dos veículos eletrificados. A estimativa é que sejam aproveitados 90% aproximadamente da energia disponível, enquanto os de motores a combustão apenas 30% a 40%. Sua manutenção é também muito menor, pois têm apenas cerca de 50 partes móveis enquanto os motores a combustão possuem acima de 400.

Se de um lado os veículos eletrificados chegam sinalizando redução nas emissões de gases nocivos, nos é apresentado um outro problema, que são as baterias, com sua vida útil no entorno de oito anos, demandando após este prazo, passar por um reaproveitamento, e posterior descarte por conta da redução da capacidade de armazenamento. Poderão também ser redirecionadas para outras finalidades que exijam menor desempenho.

O descarte descontrolado de baterias poderá causar um grave passivo ambiental, diante da sua composição com metais, como lítio, cobalto e níquel, entre outros componentes. Urge então uma legislação específica para a sua coleta, armazenamento, opções para a reutilização no pós-uso, assim como estudos para o reaproveitamento dos metais com elevado risco na manipulação e no seu desligamento, em face das tensões elétricas. Existe, portanto, um desafio e uma oportunidade para estudos da engenharia, objetivando a minimização dos custos do reprocessamento.

O desenvolvimento de competências e de mão de obra qualificada é outro desafio a ser encarado, devendo a temática fazer parte das grades curriculares nos treinamentos em vários níveis.

Estes desafios que são expostos merecem a atenção especial das instituições competentes, bem como da iniciativa privada, que poderá extrair oportunidades, diante da necessidade da modernização da indústria automobilística, demandando mais tecnologia.

O impacto da recarga dos veículos eletrificados e híbridos, nos sistemas existentes das distribuidoras de energia elétrica, segundo estudos realizados pela CPFL, ao atingirem 10% da frota de veículos, representará um aumento de ordem de 1,6% do consumo, o que será facilmente assimilado, sem a necessidade de reforço na infraestrutura. Contudo, não podemos desprezar a eventualidade do aumento da demanda no "horário de ponta do consumo", que poderá ser equacionado com tarifas diferenciadas, ou por controle inteligente em smart grids, com o gerenciamento das estações de recarga, tanto para os consumidores em condomínios privados quanto para os públicos nos eletropostos.

As concessionárias deverão, a partir da Resolução da Aneel 819, de 19 de julho de 2018, emitir normas especificas, como fez a Copel na Norma Técnica NTC 902210, Estações de Recarga de Veículos Elétricos, definindo as potências em função do tempo de recarga, assim como os parâmetros de simultaneidade para os postos de recarga e indicação de outras condicionantes.

É necessário definir e implementar a unidade consumidora. Sugerimos que seja dedicada e exclusiva para pontos de recarga nos condomínios e nos eletropostos públicos, que poderão ser terceirizados.

As novas construções deverão implementar as unidades consumidoras a partir dos parâmetros definidos nos Códigos de Obras Municipais, em todas as edificações e nos atuais postos de abastecimento automotivo, tanto para veículos eletrificados como para os híbridos, uma vez que já estão presentes em nossas cidades e em um cenário de algumas décadas, poderemos não ter mais veículos alimentados por combustíveis fósseis. Devemos considerar, também, que se prevê, diante das mudanças de hábitos, em futuro próximo, que o transporte privativo individual poderá ser significativamente substituído pelos veículos acessíveis por aplicativos, por assinatura e pelo extraordinário "autônomo", desenhados para esse novo mundo que já vivemos.

Por Gisele Darbellay

Da digitalização à Internet of Behavior

Como o mercado se prepara para o pós-Internet das Coisas

Imagine um cenário em que informações coletadas por meio de inteligência artificial e IoT (Internet of Things) disponíveis em diversos dispositivos presentes em residências, comércios e indústrias chegassem às companhias de distribuição, transmissão e geração de energia – e isso fizesse compreender melhor os momentos, as localidades e especialmente a razão da demanda por energia. Seria um salto de eficiência para o setor, um divisor de águas para o negócio, não é mesmo?

A Gartner Inc. levantou recentemente as mais disruptivas tendências tecnológicas para os próximos anos – e a IoB é a primeira delas. A Internet de comportamentos (IoB) está surgindo à medida que muitas tecnologias capturam e usam a "poeira digital" da vida diária das pessoas. O IoB combina tecnologias existentes que se concentram no indivíduo diretamente - reconhecimento facial, rastreamento de localização e big data, por exemplo - e conecta os dados resultantes a eventos comportamentais associados, como compras em dinheiro, uso de dispositivos, deslocamento nas grandes cidades e, por que não, o consumo de energia nas casas e nos escritórios.

As organizações usam esses dados para entender e influenciar o comportamento humano – e no caso do setor elétrico para ajudar as empresas a suprir energia onde e quando de fato ela é requerida. O Gartner prevê que, até o final do ano de 2025, mais da metade da população mundial estará sujeita a pelo menos um programa IoB, seja comercial ou governamental. É, depois da IoT, a nova onda tecnológica global.

Pretendemos trazer aqui neste espaço um olhar técnico, mas também mercadológico, do que está por vir e tem potencial de mexer com o setor.

Da geração de energia à indústria

Já faz alguns anos que o país luta contra fatores estruturais para alcançar de vez a Indústria 4.0. Siemens, ABB, Weg e Schneider são algumas das empresas que já falam disso há quase uma década e têm encontrado maneiras particulares de driblar a infraestrutura deficiente e o gargalo privado de resistência a investimentos iniciais e escassez de mão de obra qualificada. "É um paradoxo como o surgimento do ovo e da galinha. Não fazemos projetos complexos porque não temos times capazes ou não temos times capazes porque não fazemos projetos complexos?", provoca Paulo Antunes, Gerente de Aplicações Digitais da área de Digital Grids da Siemens.

A multinacional alemã, com mais de 100 anos de Brasil e que é um player de linha de frente no campo da inovação, tem bons cases de digitalização ponta a ponta, que vão do uso de IoT na fábrica até a geradora de energia. Um deles é o caso da planta de Guaratinguetá (SP) da Basf que usou na indústria uma tecnologia originalmente voltada para distribuidoras e transmissoras de energia. Chamada de Process Bus, a solução digitaliza os sinais analógicos da rede a partir da utilização de fibra ótica em substituição aos cabos de cobre, possibilitando assim a transmissão de dados para os dispositivos de proteção do sistema através de protocolo de comunicação normatizado. Com essa aplicação é possível reduzir substancialmente os custos com materiais e serviços, principalmente na parte de cabeamento e engenharia de projeto elétrico.

A solução da Siemens também gera ganhos de produtividade por diminuir o tempo de parada das atividades da planta. Outros benefícios são o aumento da segurança para os operadores pela não utilização de cabos energizados no sistema e ganhos com redução de falhas e manutenção, sendo que qualquer imprevisto na rede passa a ser solucionado a distância a partir de uma sala de controle, evitando a necessidade de intervenção na estrutura da unidade e parada de máquinas.

Plataformas abertas

Para mostrar que avançamos algumas casas a mais no tabuleiro da digitalização e os fabricantes já não atuam em silos como há algum tempo, a Siemens e a Schneider têm ofertado ao mercado soluções agnósticas, compatíveis mais facilmente com equipamentos e sistemas que os seus clientes já têm. Essa possibilidade de integrar os sistemas e equipamentos e tratá-los em uma só plataforma é sem dúvida um incentivo para que as empresas adotem sem medo as tecnologias mais avançadas.

A Schneider Electric tem, por exemplo, a sua EcoStruxure, arquitetura e plataforma de IoT aberta e interoperável, que atende casas, edifícios, datacenters, infraestruturas e indústrias. Assim como a Siemens, ela também atua em diferentes nichos, oferecendo digitalização em produtos conectáveis para chão de fábrica (sensores, inversores e HM), um nível acima de automação, mais presente em processos de fabricação (edge-control) e um estágio ainda mais sofisticado e analítico chamado Aveva, que faz o gerenciamento de produção de modo remoto e tem forte apelo de sustentabilidade.

Sustentabilidade? Sim, porque ao final do dia o que esses players defendem é a máxima "produzir mais com menos energia" e assim contribuir para o uso mais racional dos recursos. Outro ponto que está diretamente ligado à agenda ESG (Environmental, Social and Governance) é o direcionamento para inovações de produção na energia renovável. As eólicas e fotovoltaicas estão no radar prioritário desses players – e a WEG talvez seja o melhor exemplo disso.

Com amplo portifólio para a geração de energia renovável, a WEG tem buscado disponibilizar ao mercado equipamentos cada vez mais tecnológicos. Para o segmento de aerogeradores, a empresa tem utilizado inteligência artificial para planejar a manutenção preditiva dos equipamentos. A solução funciona através de computação em cloud e se baseia em dados coletados remotamente.

A aplicação combina a plataforma WEGnology e a Inteligência Artificial da BirminD, empresa do Grupo WEG. A inteligência artificial recebe vários dados dos aerogeradores em tempo real, processa esta informação utilizando a solução de automachine learning da BirminD, que testa dezenas de algoritmos buscando automaticamente o de melhor performance, entregando como resultado a predição (estado futuro) de variáveis de interesse para o time que realiza o monitoramento dos equipamentos.

Em recente divulgação de resultados, a empresa mostrou que acredita que nos próximos anos haverá um robusto ciclo de investimentos na fonte eólica no Brasil e que pretende capturar toda a oportunidade nesse segmento. "O diferencial é que as tecnologias que oferecemos a esse negócio foram testadas internamente antes. Hoje, nossa plataforma em nuvem está na segunda geração, mais sofisticada, ampla e adequada ao mercado", afirma Marcelo de Andrade Cruzeiro Júnior, Gerente de Vendas de Soluções Digitais da WEG Automação.

Caminhando para além da indústria de geração, transmissão e distribuição de energia, outros segmentos industriais já têm se beneficiado dessas sofisticadas plataformas de IoT – e que pouco a pouco poderão evoluir para a nova onda do IoB. A multinacional sueca-suíça ABB aposta nos mercados de mineração, óleo & gás, químico, alimentos & bebidas e datacenters. São mercados mais maduros do ponto de vista tecnológico e cujas empresas estão abertas a fazer investimentos mais altos com a clareza dos benefícios que vêm depois. "Ainda há grande dificuldade de levar a indústria 4.0 do conceito à prática. Os investimentos são altos e poucos são os executivos que conhecem os benefícios no pay-back", afirma Fernando Nunes, gerente comercial e de marketing da área de Eletrificação da ABB.

IoT, apesar de ser um conceito já conhecido e explorado, ainda é novidade para a maioria das indústrias brasileiras. Nesse sentido, falar em IoB como técnica para conferir melhorias na rotina das pessoas é precoce.

Já a digitalização é, certamente, a principal tendência para a indústria, que esbarra em alguns entraves importantes, como alto investimento e complexa adaptação de processos. A mudança de cultura, no entanto, talvez seja o primeiro e principal passo para que cada uma dessas indústrias comece a incorporar esses avanços aos seus processos fabris.

					Empresa			Principal segmento de atuação				Principal canal de vendas													Dispositivos de proteção de baixa tensão – Disjuntores BT					
EMPRESA	Telefone	Site	Cidade	UF	Fabricante	Distribuidora	Serviços (manutenção, montagem de painéis, etc.)	Industrial	Comercial	Residencial	Montadores de painéis	Distribuidores/Atacadistas	Revendas/Varejistas	Venda direta ao cliente final	Telemarketing	Internet	Possui certificado ISO 9001 (qualidade)	Possui certificado ISO 14001 (ambiental)	Possui serviço de atendiemnto ao cliente por telefone e/ou internet	Possui programas na área de responsabilidade social	Exporta produtos acabados	Importa produtos acabados	Tem corpo técnico especializado para oferecer suporte ao cliente	Oferece treinamento técnico para os clientes	Abertos	Caixa moldada	Mini-disjuntores	Disjuntor-motor	Acessórios para disjuntores	Outros
ABB ELETRIFICAÇÃO	(11) 3688-9000	www.abb.com.br	SÃO PAULO	SP	X			X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
APS COMPONENTES ELÉT.	(11) 5555-3800	www.apscomponentes.com.br	SÃO PAULO	SP		X	X	X	X	X	X			X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
BHS ELETRÔNICA	(11) 2081-8168	www.bhseletronica.com.br	SÃO PAULO	SP		X		X			X		X	X		X			X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	
CLAMPER	(31) 3689-9500	www.clamper.com.br	LAGOA SANTA	MG	X			X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X		X	X						
D'LIGHT	(11) 2937-4650	www.dlight.com.br	GUARULHOS	SP		X		X	X	X		X	X	X	X		X		X	X			X	X	X	X	X	X	X	
EMBRASTEC	(16) 3103-2021	www.embrastec.com.br	RIBEIRÃO PRETO	SP	X			X	X		X	X	X		X	X			X	X		X	X	X						
FINDER	(11) 4223-1550	www.findernet.com	SÃO CAETANO DO SUL	SP	X			X		X		X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X						
HOLEC BY WOHNER	(15) 3363-8111	www.holec.com.br	BOITUVA	SP	X			X			X	X	X	X			X		X	X	X	X	X	X						
JNG MATERIAIS ELÉTRICOS	(11) 2090-0550	www.jng.com.br	SÃO PAULO	SP	X	X		X	X		X	X	X	X			X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	
KRAUS & NAIMER	(11) 2198-1288	www.krausnaimer.com.br	COTIA	SP	X			X			X	X	X	X		X	X		X	X	X		X	X						
LEGRAND	0800 0118008	www.legrand.com.br	SAO PAULO	SP	X			X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	
LOJA ELETRICA	(31) 3218-8000	www.lojaeletrica.com.br/	BELO HORIZONTE	MG	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	
LUKMA ELECTRIC	(17) 2138-5050	www.lukma.com	SÃO JOSÉ DO RIO PRETO	SP	X		X	X			X	X	X		X	X	X		X			X	X	X		X	X	X	X	
MARGIRIUS	0800 7073262	www.margirius.com.br	PORTO FERREIRA	SP	X			X	X	X		X	X				X		X	X	X	X	X	X			X			
MERSEN	(11) 2348-2374	www.mersen.com	CABREURA	SP	X	X		X	X		X	X	X	X		X	X			X	X	X	X	X						
METALTEX	(11) 5683-5706	www.metaltex.com.br	SÃO PAULO	SP	X	X		X	X	X	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MITSUBISHI ELECTRIC	(11) 4689-3001	www.mitsubishielectric.com.br	BARUERI	SP	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
OBO BETTERMANN	(15) 3335-1382	www.obo.com.br	SOROCABA	SP	X			X				X		X			X	X	X	X	X	X	X	X						
PEXTRON	(11) 5094-3200	www.pextron.com.br	SÃO PAULO	SP	X			X				X	X	X			X		X				X	X						
PHOENIX CONTACT	(11) 3871-6400	www.phoenixcontact.com.br	OSASCO	SP	X			X				X		X			X	X	X	X	X	X	X	X			X			X
SCHNEIDER ELECTRIC BRASIL	0800 7289110	www.se.com/br	SÃO PAULO	SP	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
SEL	(19) 3515-2000	www.selinc.com	CAMPINAS	SP	X			X						X			X		X	X	X	X	X	X						X
SIEMENS	0800 0119484	www.siemens.com.br	SÃO PAULO	SP	X			X	X	X		X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
SOPRANO	(54) 2101-7070	www.soprano.com.br	CAXIAS DO SUL	RS	X	X		X	X	X	X	X	X		X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
TEE	(19) 3875-9868	www.tee.com.br	INDAIATUBA	SP	X			X			X	X	X	X					X	X	X		X	X						
THS	(15) 3225-5060	www.fuses.com.br	SOROCABA	SP	X			X			X			X			X		X		X		X	X						
TREETECH TECNOLOGIA	(11) 2410-1190	www.treetech.com.br	ATIBAIA	SP	X		X	X						X			X		X		X		X	X						
WEG	(47) 3276-4000	www.weg.net	JARAGUÁ DO SUL	SC	X			X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
WEIDMÜLLER CONEXEL	(11) 4366-9600	www.weidmueller.com	DIADEMA	SP	X			X			X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X						X

	Dispositivos de proteção de baixa tensão – Fusíveis BT						Dispositivos BT		Relés BT					
EMPRESA	Tipo NH	Tipo D	Tipo cartucho	Acessórios para fusíveis	Especiais	Outros	De proteção contra Surtos (DPS)	Diferenciais Residuais (DR)	De falta à terra	De subtensão	De proteção Eletromecânicos	De proteção Eletrônicos	Fotoelétricos	Outros
ABB ELETRIFICAÇÃO	X		X	X			X	X	X	X	X	X	X	
APS COMPONENTES ELÉT.	X			X	X		X	X	X	X	X	X	X	
BHS ELETRÔNICA							X	X						
CLAMPER							X							
D'LIGHT	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
EMBRASTEC							X							
FINDER							X			X	X	X	X	X
HOLEC BY WOHNER	X	X		X										
JNG MATERIAIS ELÉTRICOS	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
KRAUS & NAIMER														X
LEGRAND							X	X			X	X	X	
LOJA ELETRICA	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
LUKMA ELECTRIC	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	
MARGIRIUS							X	X						X
MERSEN	X	X	X	X	X	X	X							
METALTEX			X	X			X	X	X	X	X	X	X	
MITSUBISHI ELECTRIC								X			X	X		
OBO BETTERMANN							X							X
PEXTRON									X	X		X		
PHOENIX CONTACT				X			X	X	X	X	X	X		
SCHNEIDER ELECTRIC BRASIL						X	X	X	X	X		X	X	
SEL									X	X				X
SIEMENS	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
SOPRANO							X	X	X	X	X	X		
TEE	X	X	X	X	X									
THS			X	X	X		X							
TREETECH TECNOLOGIA	X	X		X	X		X	X	X	X		X		
WEG	X	X		X	X		X	X	X	X		X		
WEIDMÜLLER CONEXEL				X	X	X	X			X	X	X		

	Dispositivos de comando, controle, seccionamento, acionamento e sinalização de baixa tensão – Chaves de transferência BT	Chaves BT							Iluminação BT			Motor BT			Outros BT										
EMPRESA	Automática	Manual	Comutadora	Reversora	Seccionadora	Seccionadora fusível	Fusível	Religadora	Interruptor para iluminação	Variador de luminosidade	Minuteria	Soft starter	Chave de partida de motor	Inversor de freqüência	Temporizador	Botoeira	Chave fim de curso	Contato	Relé de Impulso	Sensores em geral	Sinalizadores em geral	Programador horário	Outros
ABB ELETRIFICAÇÃO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	
APS COMPONENTES ELÉT.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
BHS ELETRÔNICA	X	X	X	X	X	X	X						X		X	X	X	X	X	X	X	X	
CLAMPER																							
D'LIGHT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
EMBRASTEC																							
FINDER			X								X				X			X	X	X		X	X
HOLEC BY WOHNER	X	X	X	X	X	X	X																
JNG MATERIAIS ELÉTRICOS	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
KRAUS & NAIMER	X	X	X	X	X	X		X								X					X		
LEGRAND			X						X	X	X				X	X		X	X	X	X	X	
LOJA ELETRICA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
LUKMA ELECTRIC	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MARGIRIUS		X	X	X	X				X	X	X		X			X	X				X		
MERSEN	X	X	X	X	X	X	X																
METALTEX		X	X	X	X		X			X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MITSUBISHI ELECTRIC														X									X
OBO BETTERMANN																							X
PEXTRON															X			X					
PHOENIX CONTACT												X			X			X		X			
SCHNEIDER ELECTRIC BRASIL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
SEL																							X
SIEMENS	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
SOPRANO																							
TEE		X		X	X	X																	
THS	X	X	X		X	X	X	X															
TREETECH TECNOLOGIA																							X
WEG		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
WEIDMÜLLER CONEXEL					X										X				X				

	Dispositivos de proteção e seccionamento de média tensão – Dispositivos MT					Relés MT		
EMPRESA	Disjuntores	Acessórios para disjuntores	Fusíveis	Acessórios para fusíveis	Pára-raios	De falta à terra	De subtensão	Outros relés de proteção eletromecânicos/ Eletrônicos
ABB ELETRIFICAÇÃO	X	X	X	X	X	X	X	X
APS COMPONENTES ELÉT.	X	X	X	X	X	X	X	X
BHS ELETRÔNICA	X	X						
CLAMPER								
D'LIGHT	X	X	X	X	X	X	X	X
EMBRASTEC								
FINDER								
HOLEC BY WOHNER								
JNG MATERIAIS ELÉTRICOS						X	X	X
KRAUS & NAIMER								
LEGRAND	X	X						X
LOJA ELETRICA	X	X	X	X	X	X	X	X
LUKMA ELECTRIC	X	X	X	X	X	X	X	X
MARGIRIUS								
MERSEN			X	X	X			
METALTEX							X	X
MITSUBISHI ELECTRIC								
OBO BETTERMANN					X			
PEXTRON						X	X	X
PHOENIX CONTACT								
SCHNEIDER ELECTRIC BRASIL	X	X				X	X	X
SEL						X	X	X
SIEMENS	X	X				X	X	X
SOPRANO								
TEE			X	X				
THS			X	X				
TREETECH TECNOLOGIA	X					X	X	X
WEG	X	X				X	X	
WEIDMÜLLER CONEXEL			X	X				X

Por Paulo Edmundo da Fonseca Freire*

NORMA ABNT NBR-7117-1 /2020

Parte 5 - Processamento das curvas de resistividade aparente

Considerando que os diferentes volumes de solo nas camadas rasas são "paralelados" pela malha de aterramento, é razoável pensar que a corrente se dividirá de forma inversa com as resistividades do solo raso do terreno. Uma espécie de compensação ocorrerá com uma fração maior da corrente injetada sendo dissipada para o solo em áreas de resistividade mais baixa e frações de corrente mais baixas em áreas de resistividades mais altas. Este processo pode ser entendido como se a malha de aterramento fizesse uma média das resistividades rasas do solo, e justifica a elaboração do projeto da malha de aterramento com base em uma curva média de resistividades aparentes.

A média geométrica é a mais adequada para a obtenção de uma curva média de resistividades aparentes devido ao fato de que o parâmetro resistividade do solo tem distribuição estatística log-normal, assim como diversos outros parâmetros geofísicos (como porosidade, densidade, concentração mineral, etc.). A distribuição estatística log-normal tem a característica de apresentar distribuição Gaussiana para os logaritmos dos seus parâmetros. O cálculo de uma curva média de resistividades aparentes pela média geométrica é recomendado pela norma IEEE 81-2012 - IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System.

As sondagens geoelétricas resultam em tabelas de resistência aparente x espaçamento - MN no caso do arranjo de Wenner, ou AB/2 no caso do arranjo de Schlumberger. Convertidas as resistências aparentes para o parâmetro resistividade aparente, utilizando a expressão correspondente ao arranjo utilizado, as curvas obtidas podem ser plotadas em gráficos do tipo log-log. A análise do gráfico com o conjunto completo de curvas de resistividades aparentes permite a identificação dos valores considerados outliers, que não pertencem ao conjunto de parâmetros característicos da área prospectada e que podem ser atribuídos a erros de medição ou a interferências. Os outliers podem ser assim eliminados do conjunto de valores de resistividades aparentes. Com base no conjunto remanescente de resistividades aparentes x espaçamento pode-se calcular uma curva média geométrica de resistividades aparentes, filtrada dos valores considerados outliers.

Alternativamente ao procedimento acima descrito, pode-se proceder à filtragem dos parâmetros medidos pelo clássico processo de cálculo dos desvios padrão, utilizando os logaritmos dos valores de resistividade aparente. Neste caso, para cada espaçamento de medição, obtém-se a média aritmética e o desvio padrão do conjunto de logaritmos. Após a eliminação dos valores que estão além da faixa de ± um ou dois desvios padrão (a critério do projetista), recalcula-se a média aritmética dos valores remanescentes e, em seguida, calcula-se o logaritmo inverso do valor médio para cada espaçamento, que constituirá a nova curva média geométrica de resistividades aparentes, filtrada dos valores considerados outliers.

A curva média geométrica dos valores de resistividade aparente de mesmo espaçamento pode ser processada por um software adequado, que faça a inversão da curva e resulte no modelo de solo estratificado em camadas, que aproxima a estrutura geoelétrica da área de interesse por um modelo 1D, com camadas horizontais paralelas. A aproximação da estrutura geoelétrica do subsolo por camadas paralelas, tipicamente associadas a estruturas geológicas sedimentares, significa que as variações significativas da resistividade do solo no espaço ocorrem principalmente com a profundidade, sendo menos importantes as variações laterais. Nos projetos de sistemas aterramento o modelo 1D é o usualmente adotado, pois é o mais compatível com a quantidade de sondagens, com o tempo e com as verbas disponíveis para a modelagem geoelétrica, além de ser o modelo de solo usualmente disponível pela maioria dos programas de computador existentes para simulação de sistemas de aterramento.

Para áreas não muito grandes, limitadas a 20.000 m², o procedimento recomendado é fazer o projeto com base na curva média geométrica, após a eliminação de outliers e dos valores não confiáveis. No caso de aterramentos de grande porte (parques eólicos e usinas solares), a simples utilização da curva média geométrica pode não ser a melhor solução, sendo a modelagem geoelétrica então mais complexa, pois há que se considerar um peso maior para as resistividades próximas ao ponto de aplicação da falta para aterra.

Algum ajuste do modelo geoelétrico pode ser necessário devido à variabilidade sazonal da umidade, que afeta especialmente as camadas rasas do solo. O projetista deve estar ciente das condições do levantamento do solo (estação seca/chuvosa, última chuva, tipo de terreno raso, condições do solo durante o levantamento, etc.) para ajustar a resistividade das camadas rasas no modelo geoelétrico. A caracterização das camadas rasas do solo pode exigir muitas linhas de medição mais curtas, distribuídas uniformemente pela área, porque as camadas rasas do solo são geralmente sub-amostradas em comparação com as camadas mais profundas do solo.

Cabe observar que é possível a modelagem 3D da estrutura de subsuperfície, porém, o volume de dados necessário para este tipo de modelagem e a complexidade das técnicas geofísicas necessárias inviabiliza em termos de custo e de prazo a sua adoção na grande maioria dos projetos. A modelagem 3D também exige programas de elementos finitos para a simulação dos sistemas de aterramento, que não são usualmente disponíveis e que introduzem complexidades adicionais, inviabilizando a sua aplicação nos projetos usuais.

*Paulo Edmundo da F. Freire é engenheiro eletricista, mestre em Sistemas de Potência (PUC-RJ) e doutor em Geociências (Unicamp). Tem curso de especialização em aterramento pela SES (Montreal/Canadá) e tem dezenas de trabalhos apresentados sobre o tema aterramento em congressos no Brasil e no exterior. É sócio fundador da empresa PAIOL Engenharia e atua há mais de 40 anos em projetos de sistemas de aterramento e de proteção contra descargas atmosféricas. É membro da CE 03:102 – Comissão de estudos de "Segurança em Aterramento Elétrico de Subestações C.A", que faz parte do Comitê Brasileiro de Eletricidade (CB-03), do Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações (Cobei).

Por Arthur Fernando Bonelli*

XIV CBQEE reunirá academia, indústrias e concessionárias em evento on-line

Enquanto inúmeros eventos foram adiados por conta da pandemia de Covid-19, a diretoria da SBQEE, junto com seus conselheiros, decidiu manter a realização da 14ª edição da Conferência Brasileira sobre Qualidade da Energia Elétrica para este ano. Todavia, para sua viabilização, tivemos que adequar esta edição para um evento totalmente on-line.

Destaca-se que o evento on-line seguirá uma lógica bem parecida às edições presenciais. Haverá seções técnicas com apresentação dos artigos aprovados (mais de 180 artigos), mini cursos, área para os patrocinadores e mesa redonda com as sumidades do setor.

A CBQEE é um evento dedicado ao tema Qualidade da Energia Elétrica e que reúne academia, indústrias, concessionárias de energia, centros de pesquisa, entre outros. Iniciado em 1996, o congresso é realizado bienalmente e já esteve presente em todas as regiões do Brasil. A conferência se consolidou rapidamente e hoje é o maior evento dedicado ao assunto em toda a América do Sul, recebendo contribuições não só do Brasil, mas também de diversos outros países.

Desde a criação da CBQEE, até a atualidade, o sistema elétrico mudou muito. No princípio se tinha uma ideia de que boa parte dos problemas era advinda das cargas, sejam elas intermitentes, não lineares, etc. Além do mais, havia poucos elementos perturbadores nos sistemas de geração e transmissão, como a linha de transmissão em corrente contínua, a qual transporta a energia da parte paraguaia de Itaipu para a região metropolitana de São Paulo, e poucos compensadores estáticos. Portanto, os trabalhos eram direcionados para as cargas (tanto como geradoras de distúrbios, quanto como sua sensibilidade aos distúrbios presentes na rede) e em soluções mitigadoras. Todavia, atualmente o cenário está bem diferente, a saber:

- As cargas com alta sensibilidade aos problemas na rede elétrica estão cada vez mais imunes a estes;
- Por outro lado, as cargas não lineares que eram encontradas quase que exclusivamente em ambientes industriais, hoje estão presentes nas residências. Podemos citar equipamentos eletrônicos (computadores, televisões, celulares etc.), lâmpadas a led, equipamentos com conversores de frequência (refrigeradores, máquinas de lavar e ar-condicionado), etc.
- Voltando-se ao sistema de geração, as fontes eólica e solar hoje são realidade, trazendo maior diversidade e segurança para a matriz energética brasileira. São fontes renováveis e de baixo impacto ambiental. No entanto, possuem conversores de frequência para compatibilizar a intermitência da fonte primária de energia (velocidade do vento e incidência solar) com os padrões necessários para a conexão na rede elétrica;
- O sistema de transmissão também teve muita mudança, podendo se destacar a entrada de linhas de transmissão em corrente contínua e inserção de compensadores estáticos;
- Quanto à distribuição, está havendo uma revolução com as denominadas "smart grids". Estas impactam os melhores indicadores de qualidade de serviço, ajuste de demandas, além de contemplarem a inclusão de fontes de geração distribuídas;
- Por fim, com o aumento da capacidade de processamento dos computadores, destacam-se também as simulações utilizando inteligência artificial. Esses algoritmos evoluem e apresentam soluções otimizadas com facilidade.

Dessa forma, com o aumento da complexidade dos sistemas, problemas que na primeira edição eram praticamente irrelevantes se tornaram foco de estudos, como por exemplo, a responsabilidade de cada agente nas causas dos distúrbios de Qualidade da Energia Elétrica.

Durante os 25 anos de existência da CBQEE, o sistema elétrico evoluiu significativamente e a CBQEE está sempre acompanhando esta evolução e ajudando no entendimento dos fenômenos ligados à Qualidade da Energia Elétrica.

Assim, a Sociedade Brasileira de Qualidade de Energia Elétrica convida a todos a participar desta evolução na XIV Conferência Brasileira sobre Qualidade da Energia Elétrica, que ocorrerá de 29 de agosto a 01 de setembro de forma 100% online.

Mais informações e inscrições em: www.sbqee.org.br/cbqee

Arthur Fernando Bonelli é diretor administrativo da Sociedade Brasileira de Qualidade da Energia Elétrica (SBQEE).

Apoio EMBRASTEC

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

A ABNT NBR 5419 permite o uso de chapa metálica como elemento natural no subsistema de captação?

O subsistema de captação de um sistema de proteção conta descargas atmosféricas é responsável pela interceptação da descarga atmosférica. Esse subsistema desempenha um papel fundamental na dinâmica da proteção. Em primeira análise, sempre pensamos na adição de elementos captores como postes, mastros, captores tipo Franklin, malhas de condutores (cabos ou barras), porém, está provado que elementos naturais oferecem melhor desempenho na proteção. Estruturas metálicas existentes na edificação (de suporte, decoração, segurança, como a estrutura metálica das coberturas, telhados, etc.), após passagem por análise de validação a fim de serem validadas como elementos naturais, são mais do que bem-vindos como itens da proteção.

A ABNT NBR 5419:2015 recomenda que seja dada preferência pela utilização de estruturas metálicas existentes nas estruturas como parte integrante do SPDA. Além disto, atribui um valor de maior desempenho a esta condição de utilização quando se necessita reduzir os riscos de perdas causadas pelas descargas atmosféricas.

Mesmo com tudo a favor, é importante enfatizar que a NBR 5419:2015 impõe algumas exigências e características para a utilização de elementos metálicos. Três "regras de ouro" devem ser cumpridas:

]1- De uma forma geral, independentemente do subsistema, o componente metálico tem que ser permanente, ter instalação definitiva. Não se pode utilizar aquela estrutura que sofrerá alterações, manutenções ou substituições sem danificar ou descaracterizar a estrutura. Rufo, guarda-corpo e outros que possam ser trocados ou substituídos por outros compostos ou mesmo por elementos não metálicos, não atendem à finalidade;

2- Continuidade elétrica. Este quesito pode ser conseguido desde o projeto ou através de validação por ensaio. As estruturas metálicas existentes devem ter continuidade elétrica ao longo de toda sua extensão por meio de conexões entre os diversos elementos, realizadas por solda, caldeamento, costura ou conexão através de parafusos e porcas. O revestimento isolante não permitirá a utilização da estrutura como componente da captação, mas a ABNT NBR 5419 não considera como isolação efetiva uma camada de 1mm de asfalto ou 0,5mm de PVC e pintura para proteger de corrosão ou para estética;

3- Dimensões normalizadas. A espessura mínima para que se possa utilizar a estrutura metálica existente como componente de captação é especialmente discutida quando da utilização de telhas metálicas e coberturas de tanques de combustível. No caso de telhados metálicos, usualmente em galpões industriais, suportados ou não por estruturas metálicas, a utilização como elemento captor propicia uma enorme economia na implementação da proteção. Ponto de união de interesses entre projetista e proprietário, porém, há que seguir a exigência da espessura mínima.

Classe do SPDA	Material	Espessura t mm	Espessura t` mm
I a IV	Aço (inoxidável e zincado a quente)	4	0,5
		5	0,5
	Cobre	7	0,65
	Alumínio		

A ABNT NBR 5419 apresenta a tabela com os valores das espessuras mínimas para utilização de estruturas metálicas como elementos captores do SPDA. Os valores de espessura para cada material não variam independentemente das classes de proteção. Nesta tabela encontram-se as classes do SPDA, os materiais que podem ser utilizados, uma coluna com as espessuras "t" e outra com as espessuras "t'".

Quando se deseja prevenir contra perfurações e pontos quentes do lado interno da estrutura, a espessura "t" deve ser observada. Como exemplo pode-se citar a existência de área classificada abaixo da cobertura metálica, então, a opção de espessura deve ser maior ou igual a "t". Conforme a tabela, no caso de aço temos 4 mm. Fica claro que a mesma espessura é necessária se o objetivo for evitar a perfuração da estrutura.

Já quando a prescrição é menos restritiva e quando a perfuração da estrutura não for um problema, as espessuras "t'" podem ser adotadas. É o caso de grande parte de galpões industriais. Assim, em galpão cuja cobertura for composta por telhas metálicas com espessura maior ou igual a "t'", que não seja ambiente de área classificada e a perfuração da telha seja aceitável, pode-se dispensar os elementos captores não naturais (convencionais).

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

Certificação voluntária de produtos de iluminação

Anteriormente nesta coluna já tratamos do tema do futuro da certificação cerca de um ano atrás, falando sobre a Portaria 20 do Inmetro, sua falta de atualização, bem como os problemas de mercado por falta de fiscalização dos produtos muitas vezes entregues em desacordo com as normas. Ainda neste ano de 2021 tratamos do assunto com foco nos quatro anos de mesma Portaria 20 do Inmetro, que institui a certificação compulsória e até o momento não teve nenhuma atualização significativa de um produto que está em constante evolução.

Diante deste cenário, está em curso no setor de iluminação a atualização das normas técnicas que estão em análise sistemática e no plano nacional de normalização, o aprimoramento das normas já publicadas, através de reuniões periódicas da ABNT/Cobei. Adicionalmente tivemos a criação de um movimento liderado pelas associações de fabricantes, consumidores e com o apoio de organismos de certificação nacionais e internacionais para que tenhamos mecanismos definidos e que seja possível a certificação voluntária dos produtos. Como o nome já diz, a certificação será voluntária e cobrirá uma lacuna existente em relação aos produtos que atualmente não têm uma portaria para avaliação da conformidade por vários motivos, tais como: a falta de cobrança do mercado, a falta de interesse dos fabricantes em avaliar a conformidade de seus produtos e a complexidade da certificação voluntária atendendo a todos os requisitos normativos os quais, muitas vezes, servem para o desenvolvimento do produto, mas acabam exigindo uma bateria de ensaios demorada e com custo incompatível com o produto desenvolvido.

Dessa forma, comissões de estudo estão elaborando as propostas de regulamentos específicos para produtos de iluminação externa/pública, interna e para componentes que fazem parte destes produtos, a fim de que seja possível uma certificação voluntária de acordo com este documento. Estas minutas já estão em fase final, sendo harmonizadas e alinhadas entre os grupos para que tenham estruturas e critérios iguais.

Um dos enfoques principais desta proposta de certificação voluntária é aprimorar e colocar em prática a vigilância de mercado por meio da coleta de produtos entregues em uma venda, coletas por denúncias fundamentadas e, no caso de não conformidade, que sejam previstas e aplicadas as sanções determinadas de acordo com a legislação vigente como o código de defesa do consumidor e demais leis que obrigam o cumprimento e observância das normas técnicas no Brasil. Outros critérios de definição das famílias a serem ensaiadas, tipos de ensaios, prazos para fiscalização, prazos e custos para esta certificação voluntária também têm sido discutidos nestas comissões. Com esta iniciativa, e com a elaboração de guias técnicos para o mercado, guias de boas práticas para desenvolvimento de produtos e fabricação de luminárias e treinamentos sobres estes temas, haverá uma qualificação maior deste segmento e maior qualidade dos produtos que estão sendo comercializados.

Ainda no ano de 2021 este trabalho deve ser concluído e espera-se uma adesão do mercado para que sejam certificados os produtos e haja esta fiscalização de todos os produtos certificados voluntariamente ou não quanto à adequação e ao cumprimento das normas. Campanhas de divulgação do tema também estão previstas assim como o envolvimento do Inmetro, Procel e outras entidades, que deve ter papel fundamental para que esta iniciativa tenha sucesso.

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

Conceitos básicos de eletrotécnica aplicada - 9ª parte

Cargas das instalações e linearidade – cargas não lineares e fator de potência (continuação)

Grandezas em por unidade (pu)

Para a interpretação de informações de assuntos relacionados à qualidade de energia é importante o conhecimento do conceito das grandezas por unidade ou p.u. As normas estabelecem em seus limites, normalmente, valores nessa grandeza relativa a alguma variável na mesma dimensão de medida. Por exemplo, os limites máximos e mínimos de fornecimento da tensão eficaz em ± 10% da tensão nominal pode ser representado por tensão mínima em 0,9 pu e tensão máxima em 1,1 pu.

Potência de base: normalmente assumem-se valores convenientes de potência de base conforme a aplicação. É comum se adotar valores de 100 MVA para cálculos em sistemas de potência. Caso o sistema a ser estudado seja alimentado por um trafo de 2 MVA, esta poderá ser a potência de base escolhida.

A tensão de base é a tensão nominal do sistema que se está investigando. As outras grandezas são derivadas das duas acima. Assim, a impedância de base será a relação da tensão de base ao quadrado pela potência de base: $Z_b=U_{b^2}/S_b$

Em um sistema trifásico, a corrente de base será $I_b=S_b/(U_b*\sqrt{3})$.

A representação das grandezas por unidade será sempre por minúsculas e se refere à relação entre a grandeza que se está avaliando relacionada à outra grandeza de base com a mesma dimensão (V, A, ohm ou kVA). Então $z=Z/Z_b$; $s=S/S_b$ e assim por diante.

Dessa maneira, um transformador que possui os dados de placa e que se deseja estimar a corrente de curto no barramento ou se deseja conhecer a impedância em ohms:

- S=1000 kVA
- 3 fases
- ΔY3
- V1=13.800V e 4 taps com ±2,5% (tensão de linha)
- V2=380 V (tensão de linha)
- Z%=6%

A tensão de base será a tensão secundária de 380 V e a estimativa da corrente de curto-circuito no secundário do trafo. A corrente de curto será i=u/z, i=1/6%; i=16,67 pu. A corrente de curto será da ordem de 16 vezes a corrente nominal.

A corrente de base é de 1521 A, portanto, a corrente de curto será de $I=i*I_b$ aproximadamente 25 kA. De forma direta calcula-se a corrente nominal do trafo (de base) que será:

I_b= 1000kVA/(380*√3)= 1.521 A

A corrente de curto-circuito trifásica será a relação da corrente nominal com a impedância: I_k=1521/6%= 25kA.

Caso seja necessário, calcule a impedância do trafo em ohms para estimativa da tensão harmônica em outras frequências harmônicas:

no Trafo: $Z_b=380^2/1000$ kVA ; Zb=0,1444ohm;

$z= Z/Z_b$ Z=z*Zb= 6%*0,1444=8,664 miliohm (impedância por fase) em sistema estrela.

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

Certificação inédita no Brasil: primeira empresa brasileira certificada para serviços de inspeção "Ex"

Foi certificada em 10/06/2021 a primeira empresa brasileira de serviços de inspeção e manutenção de equipamentos e instalações "Ex", de acordo com os requisitos da norma técnica brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-17 - Atmosferas explosivas - Parte 17: inspeção e manutenção de equipamentos e instalações "Ex".

Esta certificação nacional, inédita na história brasileira sobre o tema "segurança dos equipamentos e instalações elétricas e mecânicas em atmosferas explosivas" foi conquistada pela empresa de serviços "Ex" Ideal Work Consultoria e Projetos Ltda, com sede na cidade de Macaé/RJ.

O escopo desta certificação pioneira no Brasil envolve serviços de inspeção (visual, apurada ou detalhada) e manutenção de instalações e equipamentos com tipo de proteção por invólucro à prova de explosão (Ex "d"), segurança aumentada (Ex "e"), segurança intrínseca (Ex "i"), encapsulamento (Ex "m"), não acendível (Ex "n"), imersão em líquido (Ex "o"), equipamentos e sistemas de transmissão que utilizam a radiação ótica (Ex "op"), invólucros pressurizados (Ex "p"), imersão em areia (Ex "q"), proteção especial (Ex "s") e proteção contra ignição de poeira combustíveis por invólucro (Ex "t"). Os equipamentos "Ex" incluídos no escopo desta certificação incluem equipamentos elétricos, de instrumentação, de automação e de telecomunicações, certificados para instalação em áreas classificadas contendo gases inflamáveis (Grupo II) ou poeiras combustíveis (Grupo III).

Esta certificação de serviços de reparo inspeção e manutenção de equipamentos e instalações "Ex", foi realizada pela DNV - Det Norske Veritas, que é um Organismo de Certificação "Ex" reconhecido, envolvendo o tema certificação de Competências pessoais "Ex", Empresas de Serviços "Ex" e Competências Pessoais para Atmosferas Explosivas.

As auditorias e avaliações da conformidade realizadas por este Organismo de Certificação "Ex" foram feitas de acordo com os requisitos indicados nas seguintes normas técnicas brasileiras adotadas:

- ABNT NBR IEC 60079-17: Atmosferas explosivas - Parte 17: Inspeção e manutenção de equipamentos e instalações elétricas
- ABNT NBR ISO 9001: Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) - Requisitos

As instalações elétricas, de instrumentação, de automação de telecomunicações em áreas classificadas possuem características "específicas" de projeto, a fim de torná-las adequadas para atmosferas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis. É essencial, por razões de segurança, durante o ciclo total de vida destas instalações, que a integridade destas características "específicas" e dos tipos de proteção "Ex" dos equipamentos, seja preservada. As atividades de inspeção e manutenção de equipamentos e instalações "Ex" podem ser consideradas o "coração" de todo processo de gestão de segurança, de ativos "Ex", de processos e de pessoas, relacionados com o tema "segurança dos equipamentos e das instalações em atmosferas explosivas".

As etapas de inspeção e manutenção das instalações "Ex" podem ser consideradas um dos elos mais importantes na corrente de ações de segurança que englobam as instalações "Ex", desde as etapas iniciais de projeto e de seleção dos equipamentos, até os serviços de montagem, passando pelo processo da certificação de conformidade dos equipamentos, empresas de serviços de reparo e recuperação de equipamentos "Ex", e de competências pessoais "Ex".

As atividades de inspeções das instalações em atmosferas explosivas fazem com que os eventuais "desvios" ou "não conformidades" encontradas que forem detectadas possam ser prontamente tratadas e corrigidas, de forma a assegurar que os equipamentos "Ex" continuem apresentando suas funções e tipos de proteção para os quais foram originalmente fabricados e certificados.

É necessário manter uma rigorosa rotina periódica de inspeções "Ex", com base em procedimentos normalizados, durante toda a vida útil das instalações. As inspeções periódicas visam detectar não conformidades e modificações de campo não autorizadas, de forma que estes "desvios" ou "incorreções" sejam corrigidos, mantendo as instalações "Ex" adequadas de acordo com os requisitos das Normas da Série ABNT NBR IEC 60079, bem como seguras e de acordo com os requisitos legais aplicáveis.

Em função da elevada quantidade de "desvios" que são frequentemente encontrados nas inspeções práticas de campo dos equipamentos e das instalações elétricas, de instrumentação, de automação e de telecomunicações em áreas classificadas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis, pode ser verificado que somente a avaliação da conformidade por meio da certificação dos equipamentos elétricos e mecânicos "Ex" tem se mostrado insuficiente para garantir a segurança das instalações em atmosferas explosivas e das pessoas que nelas trabalham.

Existe também a necessidade de que as Empresas de Serviços "Ex" evidenciem, por meio de avaliação da conformidade, pela sistemática de certificação, as devidas competências e sistemas de gestão da qualidade para o atendimento dos requisitos normativos aplicáveis das Normas Técnicas Brasileiras adotadas idênticas da Série ABNT NBR IEC 60079 (Atmosferas explosivas), para a execução dos respectivos serviços sobre equipamentos e instalações "Ex".

A partir da existência no mercado de Empresas de Serviços "Ex" certificadas, as empresas contratantes destes serviços passam a dispor de empresas com este significativo diferencial técnico e da necessária confiança, com base em avaliação e certificação da conformidade.

A presente certificação pioneira de empresa de serviços de inspeção e manutenção "Ex" representa um significativo marco na história brasileira para a elevação dos níveis de segurança e de conformidade normativa e regulatória sobre equipamentos e instalações em áreas classificadas.

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

EFICIÊNCIA ENÉERGÉTICA E O "NEGAWATT"

Prezado leitor, o tema que gostaria de discutir hoje é o futuro verbete conhecido como NEGAWATT.

Considere a meditação a seguir: "A energia elétrica mais barata, com menor impacto ambiental e mais eficiente que existe é a energia economizada". Mas, até que ponto podemos ou devemos reprimir o consumo de energia sem com isso, afetar o conforto e as benesses da modernidade?

Bom, vamos tentar responder a esta pergunta discutindo onde perdemos energia ou onde o consumo de energia não realiza trabalho, de modo a buscar eficiência sem privações.

Muitas iniciativas de grande valor incentivam exatamente essas analises, como a certificação LEED (Green Building Council Brasil) e a etiquetagem de eficiência energética em edificações como o SELO PROCEL EDIFICAÇÔES. Cada um deles aborda de maneiras diferentes o consumo global de energia, como é o caso do Selo Procel, que avalia a Envoltória, a iluminação e o condicionamento de ar, e no caso do LEED, que avalia aspectos econômicos, sociais e ambientais, mas sobretudo tratando de recursos, aborda projeto integrado, localização e transporte, implantação, eficiência do uso da água, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade ambiental interna, inovação e critérios específicos da localidade do edifício.

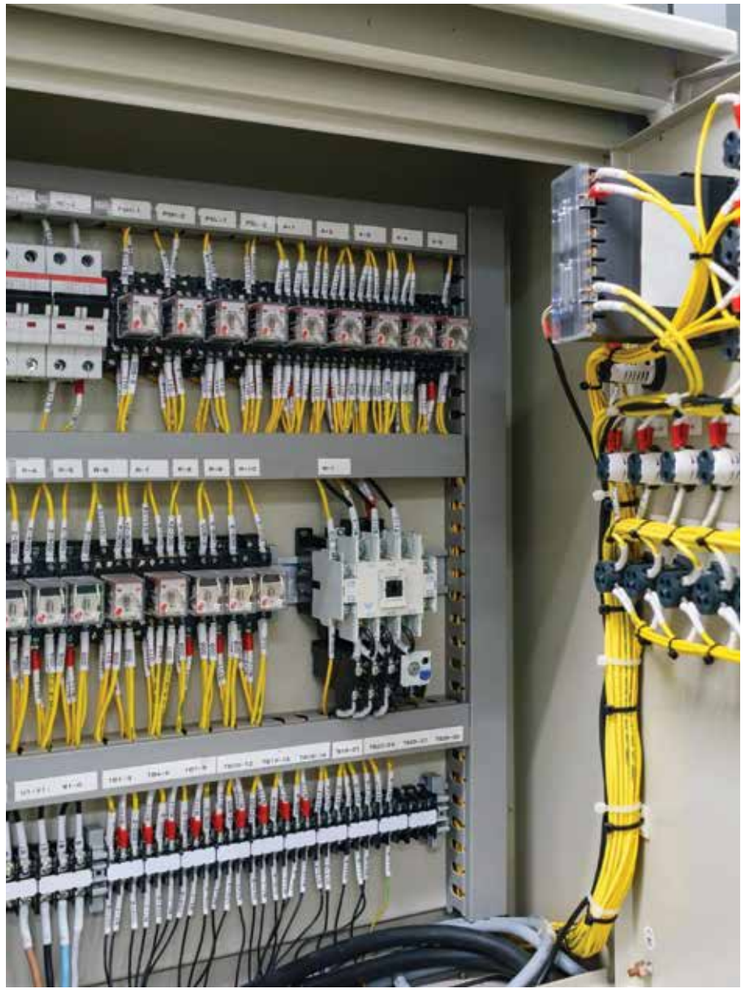
Pensando restritamente nas instalações elétricas, que correspondem a uma parcela importante das perdas, considerar os melhores materiais e as melhores práticas de engenharia que limitem a queda de tensão dentro de limites muito mais restritivos que a NBR-5410, máquinas e equipamentos operando em tensões mais elevadas, de modo a reduzir correntes e consequentemente, perdas por efeito Joule, entre tantas outras iniciativas que possibilitem, no final das contas, o uso de todos os aparelhos elétricos que tanto conforto e satisfação nos trazem, como computadores, celulares, televisores, ar-condicionado, etc...

Cabe ressaltar que ainda são muitos, aqueles que preferem usar um cabo de menor bitola, pois hoje economiza na instalação, mas passa a vida toda pagando pela perda por dissipação térmica neste cabo, por conta da maior temperatura do condutor pela passagem da corrente. É necessário considerar sempre o conceito do Custo do Ciclo de Vida. É neste total que mora a melhor decisão, não no Capex, como dizem os economistas!!! Portanto, pensemos sempre no Capex + Opex, ou seja, custo de instalação acrescido do custo de operação ao longo do ciclo de vida.

Boa Leitura!

Por Edson Martinho, engenheiro eletricista e pós-graduando em Engenharia de Segurança do Trabalho, fundador e diretor executivo da Abracopel, autor de livros, colunista de portais, diretor da Lambda Consultoria e Reitor da Fluke Academy.

ABNT NBR 16384: Por que é importante?



Em março de 2020, após quase 10 anos de trabalho na comissão CE003.064-012, foi publicada a norma ABNT NBR 16384:2020 – Segurança em Eletricidade – Recomendações e Orientações para trabalho seguro em serviços com eletricidade, uma norma técnica que veio para ajudar a sociedade na hora de compor um programa eficiente de segurança em eletricidade, principalmente por ter sido elaborada com vários conceitos de segurança trazidos de vários setores como mineração, petróleo, automobilística, distribuição de energia etc.

O texto publicado é uma norma técnica orientativa, quase um "Guia de Boas Práticas", que fazia parte do objetivo desde que se aventou a possibilidade de elaboração de norma técnica, após um congresso internacional de segurança em eletricidade, o ESW - Electric Safety Workshop, realizado em 2009 na cidade de Blumenau. Nesta oportunidade, decidiu-se por solicitar à ABNT a abertura de uma comissão de estudos para criar uma norma de segurança em eletricidade. Pois bem, a norma, ansiosamente aguardada pela sociedade técnica, foi recebida com muito entusiasmo e em pouco tempo passou a fazer parte das discussões de programas de segurança em eletricidade das empresas. Já consta em referências das principais empresas e está sendo usada na formação de profissionais que atuam ou atuarão no segmento de segurança do trabalho.

Mas o que esta norma oferece de tão especial? O melhor de todos os mundos é que esta norma foi pensada para ser dinâmica, ou seja, ela não para de evoluir, tanto é que a comissão de estudos, assim que foi publicada, voltou a se reunir e vem discutindo ajustes e melhorias. Naturalmente, ao conhecer o teor da norma, os profissionais nos procuraram querendo contribuir com situações que não haviam sido previstas, pois, apesar de o texto ter sido construído ao longo de quase dez anos, é uma norma "jovem", ou seja, acabou de ser publicada e sempre haverá alguns ajustes e novas ideias para serem discutidas. E a comissão entende que este tipo de norma deve ser dinâmica, como já citei. Além disto, está sendo cada vez mais comum no mundo as comissões publicarem uma revisão da norma a cada três ou quatro anos e é comum que uma norma quando é publicada na sua 1ª versão tenha ajustes a serem feitos.

E para que serve esta norma?

Pois bem, a norma atua algumas vezes como um complemento e um documento de consulta para compreender ou orientar a implantação da NR 10, trazendo alguns esclarecimentos e mesmo alguns exemplos, como a recomendação de lista de estudos ou ensaios que o prontuário deve ter como forma mínima (veja o quadro 1). Esta lista ajuda muito os profissionais a não esquecer detalhes muitas vezes importantes em uma informação.

Em uma segunda aplicação, a norma extrapola a NR 10 e traz para a discussão alguns itens que estão na NR 10, mas que atualmente devem ser tratados com mais amplitude, como por exemplo, o efeito do arco elétrico na instalação elétrica e na segurança de quem trabalha. Se observarmos a NR 10 em vigor, o assunto é tratado com vistas à especificação de equipamentos de proteção individual (EPI), mas este assunto é mais amplo e a ABNT NBR 16384 traz a discussão para um nível de compreensão do tema, do efeito e da causa que isso traz, e amplia a discussão para a mitigação do arco e dos efeitos. Uma novidade em relação à revisão desta norma é que logo na reabertura da comissão foi criado um GT – Grupo de Trabalho para discutir o tema "arco elétrico". Este grupo está produzindo um material excelente e posso afirmar que vai ajudar ainda mais a sociedade técnica brasileira. Aguardem novidades!

Uma terceira visão que tenho desta norma é que ela amplia também a discussão com relação aos riscos elétricos. Por exemplo, a NR 10 foca no choque elétrico e no incêndio, já a ABNT NBR 16384 traz uma lista de riscos que incluem, além do choque elétrico e o incêndio, o arco elétrico, a explosão, a eletrostática, a continuidade elétrica, o campo eletromagnético, as barreiras de isolamento e a tensão de passo. E reforça em todos os momentos que "em cada atividade deve ser realizada a análise de risco, seja preliminar ou antes de iniciar o serviço" e que esta análise deve levar em consideração todos os riscos propostos, incluindo a percepção do risco de cada envolvido.

Há inúmeros requisitos para que esta norma se transforme no documento mais importante da segurança com eletricidade. Citei alguns, mas poderia discorrer aqui por todos os itens que a norma traz. Para encerrar este artigo, mas não esgotar o assunto, quero citar também que a norma traz recomendações para que sejam levados em consideração os fatores físicos, humanos, gerenciais e ambientais na investigação de acidentes e, só por isso, já podemos considerar que a norma serve a vários propósitos importantes.

4.7.4 Estudos e especificação do sistema elétrico

a) estudo de curto-circuito;
b) estudo de coordenação e seletividade;
c) estudo da energia incidente do arco elétrico;
d) estudo de classificação de áreas, quando aplicável;
e) especificação das medidas e meios de proteção contra choques elétricos e arco elétrico;
f) especificação das medidas e meios de proteção contra incêndios ou outros riscos adicionais de origem elétrica;
g) especificação do PDA;
h) especificação dos requisitos de segurança dos equipamentos elétricos;
i) estudo de coordenação de isolamento;
j) especificação do sistema de aterramento, com informações de tensão de passo e toque, e dos pontos de conexão dos aterramentos temporários.

4.7.5 Documentos e registros

Registro de inspeção e ensaios, como, por exemplo:
a) relatório de vistoria e inspeção do PDA;
b) relatório de ensaio dos dispositivos de proteção do sistema elétrico;
c) relatório de ensaio do dispositivo diferencial residual;
d) relatório de ensaio dos equipamentos e ferramentas portáteis;
e) relatório de ensaios e certificados dos EPI;
f) relatório do sistema de aterramento, equipotencialização e potenciais permissíveis.©

Quadro 1 – Lista de ensaios.

Referências

NR 10 – Norma regulamentadora – Segurança em instalações e serviços em eletricidade

Índice de anunciantes

Ação Engenharia 65
(11) 3883-6050
www.acaoenge.com.br

Alpha 7 e 69
(11) 3933-7533
vendas@alpha-ex.com.br
www.alpha-ex.com.br

Brametal 9
bonato@brametal.com.br
www.brametal.com.br

Clamper 4ª capa, Fascículos e Espaço Aterramento
(31) 3689-9500
comunicacao@clamper.com.br
www.clamper.com.br

Condumax / Incesa 11
0800 701 3701
www.condumax.com.br
www.incesa.com.br

Embrastec 47
(16) 3103-2021
embrastec@embrastec.com.br
www.embrastec.com.br

Gimi Pogliano 2ª capa, 5 e Fascículos
(11) 4752-9900
atendimento@gimipogliano.com.br
www.gimipogliano.com.br

Huawei 43 e Renováveis
(11) 3035-3777
solar@wdcnet.com.br
www.solar.huawei.com/br/

Intelli 3ª capa e Espaço Aterramento
(16) 3820-1500
intelli@intelli.com.br
www.grupointelli.com.br

Itaipu Transformadores 29
(16) 3263-9400
comercial@itaiputransformadores.com.br
www.itaiputransformadores.com.br

Maxbar Barramentos Blindados 35
(11) 4308-5075
mitsubishielectric.com.br/ia
contato@maxbarramentos.com.br

Mitsubishi Electric 53
(11) 99294-3062
mitsubishielectric.com.br/ia
b.pereira@mitsubishielectric.com.br

MSE 23
(11) 2626-3919
mse@mse.com.br
www.mse.com.br

Neocable 25
(11) 4891-1226
www.neocable.com.br

Paratec 17
(11) 3641-9063
vendas@paratec.com.br
www.paratec.com.br

RDI Bender 51
(11) 3602-6260
contato@rdibender.com.br
www.rdibender.com.br/

Romagnole 21 e 45
(44) 3233-8500
www.romagnole.com.br

Savan Iluminação 60
(47) 3011-1064
vendas@savanimports.com.br
www.savanimports.com.br

Stego do Brasil 61
(12) 3632-5070
info@stego.com.br
www.stego.com.br

Techno do Brasil 27
(41) 98717 7000
mario.adinolfi@sales.techno.it
www.technodobrasil.com.br

Trael 55
(65) 3611-6500
comercial@trael.com.br
www.trael.com.br

LINHA

CLAMPER Solar

PROTEÇÃO PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Sistemas Fotovoltaicos são diariamente danificados por raios e surtos elétricos. Evite grandes perdas utilizando um produto fabricado por uma empresa 100% brasileira e especialista em DPS.

CLAMPER

clamper.com.br
31 3689.9500

3 ANOS DE GARANTIA

Quer saber mais?
Acesse o QR code e fale com um de nossos consultores

LÍDER E ESPECIALISTA EM DPS
Dispositivos de Proteção contra Surtos