

Redes Sinérgicas

APLICAÇÃO DE FIBRA ÓPTICA PARA ATENDER ÀS DEMANDAS DE COMUNICAÇÃO, SENSORIAMENTO E REDES INTELIGENTES

CINASE

Com público recorde, evento movimenta a cadeia produtiva do setor elétrico

T&D Energy e CIDE 2023: futuro da energia em debate

CONFIRA NOS FASCÍCULOS DESTA EDIÇÃO:

Projeto Second Life - reúso de baterias de veículos elétricos em nova aplicação

Energia incidente – Modelo IEEE 1584 para média tensão

Perdas não técnicas e seus efeitos perversos: o Estado não pode cruzar os braços

Desafios e soluções para a logística do hidrogênio verde

NOVA COLUNA:

Gestão de ativos: Alinhamento estratégico para equilibrar custo, risco e desempenho



SOLUÇÕES EM ENERGIA DESDE 1971



CUBÍCULO BLINDADO MODULAR COM ISOLAÇÃO MISTA EM SF6

- Tensão nominal 17,5kV, 24kV e 36kV;
- Corrente nominal 630A;
- Conforme NBR IEC 62271-200;
- Modularidade, tamanho reduzido, facilidade e segurança operacional.

Linha Microcompact®

SECCIONADORA DE MÉDIA TENSÃO PARA USO EM POSTE PARA REDES AÉREAS

- Interruptor de manobra seccionador de uso externo;
- Seccionador em SF6;
- Tensão nominal 24kV e 36kV;
- Corrente nominal 630A.

Linha ESG MATIC®



CUBÍCULO BLINDADO MODULAR COM ISOLAÇÃO INTEGRAL EM 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, facilidade e segurança operacional.

Linha RMU - Ring Main Unit®

Todos os produtos GIMI são preparados para acompanhamento em tempo real com o **SENSOR DE MONITORAMENTO SMART GIMI.**



✉ vendas@gimi.com.br

☎ +55 (11) 4752-9900



SELO VERDE
Reconhecimento sustentável



Skid EcoSolar GIR®

Skid EcoSolar totalmente customizável. Modelos de 17,5kV, 24kV e 36kV, desde 500kVA até 7,2MVA, adequados para GD - geração distribuída ou GC-geração concentrada para sua usina fotovoltaica.



Member of



Parceiro autorizado ABB

Painel de distribuição em baixa tensão até 6300A, 120kA/1s,

e grau de proteção até IP-65. Certificado Icc até 120kA ensaiado para abalo sísmico.

System Pro E Power®



Barramento Blindado de Baixa Tensão BX-E

Linhas elétricas pré-fabricadas com capacidade de 320A a 6300A 3P+N+PE adequadas para o transporte e distribuição de energia elétrica em seções verticais e horizontais de quaisquer configurações.



Barramento Blindado de Média Tensão

É utilizado para o transporte de energia de 17,5kV, 24kV e 36kV, produzido de acordo com a norma NBR-IEC-62.271-200, e grau de proteção IP 55, e fornecido nas correntes de 630A, 1250A e 2500A, para sistemas de fases segregadas e não segregadas.



GIMI POGLIANO BLINDOSBARRA
INGEGNERIA E INNOVATION



Painéis de baixa tensão modulares até 5000A e 50kA/1s. para uso abrigado e ao tempo.

Nottabile®



Cubículos classe 17,5kV/16kA, compacto com isolamento e seccionadoras a ar.

New Piccolo®



Cubículos modulares com disjuntor extraível até 2500A, 31,5kA/1s, 17,5kV para uso abrigado e ao tempo, resistente ao arco interno.

Maggiore®



*Edmilson Freitas*

edmilson@atitudeeditorial.com.br

Novo olhar editorial

Caro leitor, sou Edmilson Freitas, o novo editor da revista O Setor Elétrico. Antes de passar à minha apresentação, gostaria de ressaltar o quão honrado estou, não só por fazer parte desta brilhante equipe de profissionais, mas principalmente pela oportunidade de poder contribuir e me dirigir a um público tão qualificado e relevante para o desenvolvimento e modernização do setor elétrico brasileiro, como os leitores desta publicação.

Dito isso, quero falar um pouquinho da minha trajetória de mais de 18 anos, atuando em diferentes áreas do jornalismo. Comecei minha carreira em 2004, na Câmara dos Deputados, em Brasília, ainda como estagiário. No ano seguinte, após a conclusão do curso, lá permaneci, por mais seis anos, atuando na cobertura política de diversas áreas, dentre elas, infraestrutura, meio ambiente, ciência e tecnologia, educação, direitos humanos e saúde.

Em 2011, deixei o Poder Legislativo rumo o Executivo Federal, onde fui Coordenador Geral de Comunicação Social do Ministério de Direitos Humanos, ocasião onde percorri inúmeros estados brasileiros, em missões institucionais da Pasta. Em 2015, fui para a iniciativa privada, onde atuei em grandes agências de assessoria de imprensa de Brasília, como o Grupo In Press (2015 a 2016), DGBB Comunicação e Estratégia (2018 a 2021) e a Profissionais do Texto (2022 a 2023).

No setor elétrico, enquanto estive na DGBB, tive a oportunidade de trabalhar com algumas das principais entidades do segmento, como a ABRADÉE, ABEEólica, Abiape, e o FASE. Neste período, participei da cobertura de algumas edições dos grandes eventos do setor, como o Brazil Windpower e o Sendi, além de cerimônias e coletivas de imprensa governamentais, ligadas ao segmento elétrico.

A partir dessas experiências e por meio de uma imersão no universo da cadeia produtiva do setor elétrico, assumo esse novo desafio com a missão de continuar levando até você, nosso leitor, conteúdos de qualidade, com diferentes pontos de vista, e assim estimular e contribuir com os grandes debates e gargalos do mercado de energia, setor estratégico para o desenvolvimento e para a soberania nacional.

Boa leitura!

Abraços,

**Acompanhe
nossas
novidades pelas
redes sociais:**



@osetoreletrico



Revista O Setor Elétrico



Revista O Setor Elétrico



Revista O Setor Elétrico



Atitude.editorial
atitude@atituedeeditorial.com.br

Diretores

Adolfo Vaiser
Simone Vaiser

Assistente de circulação, pesquisa e eventos

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

Administração

Roberta Nayumi
administrativo@atituedeeditorial.com.br

Editor

Edmilson Freitas
edmilson@atituedeeditorial.com.br

Reportagem

Fernanda Pacheco – fernanda@atituedeeditorial.com.br

Publicidade

Diretor comercial
Adolfo Vaiser

Contato publicitário

Willyan Santiago – willyan@atituedeeditorial.com.br

Direção de arte e produção

Leonardo Piva – atitude@leonardopiva.com.br

Colaboradores técnicos da publicação

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

Colaboradores desta edição

Caio Huais, Cláudio Mardegan, Daniel Bento, Danilo de Souza, Flávia Consoni, José Starosta, Jurandir Picanço Jr, Lindemberg Reis, Ana Carolina Ferreira da Silva, Luciano Rosito, Luiz Carlos Catelani Junior, Nunziant
Graziano, Paulo Edmundo Freire, Roberval Bulgarelli, Bruno N. Aires, Eduardo F. da Costa, Joao B. Rosolem, Carlos A. do Nascimento, Aguinaldo Bizzo de Almeida, João Zancanela, Hirofumi Takayanagi, João Carlos Mello, Adrian Ribeiro Ferreira, José Carlos de Oliveira, Paulo Henrique Oliveira Rezende, Arthur Bonelli, Constantino Frate Junior, Vitor Torquato Arioli, Aghatta Moreira, Maria de Fatima Rosolem, Raul Beck, Thiago Nascimento, Marcelo Camboim, Jonathan Moura, Thomas Santana Nunes, Ricieri Pessinatti Ohashi, Felipe Lima dos Reis Marques, Wagner Rezende Cano, Gisele da Silva Oliveira, Lílian Ferreira Queiroz e Camila Omae.

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: istockphoto.com | Henrik5000

Impressão - Referência Editora e Gráfica
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@atituedeeditorial.com.br

Filiada à



43 Suplemento Renováveis

Com texto de autoria de Constantino Frate Junior, engenheiro mecânico pela Universidade Federal do Ceará, e coordenação do engenheiro mecânico e electricista e presidente da Câmara Setorial de Energias Renováveis do Ceará – CSRenováveis/CE, Jurandir Picanço, o quinto capítulo desta série traz um artigo valioso, intitulado “Os desafios e as soluções para a logística do hidrogênio verde”, contendo um estudo completo sobre as alternativas viáveis e adequadas para a logística de comercialização do hidrogênio verde.

4 Editorial

6 Eventos

CINASE Rio de Janeiro / T&D Energy / Congresso de Inovação na Distribuição de Energia - CIDE

20 Painel de Notícias

Leilão de Transmissão: veja os vencedores do pregão realizado pela ANEEL na B3; Matriz elétrica brasileira cresceu 5,1 GW no primeiro semestre de 2023; Reforma Tributária: Setor elétrico quer tornar energia item essencial.

23 Fascículos

Mobilidade elétrica – desafios e oportunidades
Avaliação de energia incidente
Modernização da distribuição

50 Gestão de Ativos

Por Lílian Ferreira Queiroz. Alinhamento estratégico para o gerenciamento de ativos Gestão de Ativos.

52 Artigo Técnico

Por Bruno N. Aires, Eduardo F. da Costa, João B. Rosolem, e Carlos A. M. do Nascimento. Redes Sinérgicas – o conceito e a plataforma tecnológica.

58 Guia Setorial

A instalação de um grande projeto elétrico é precedida de etapas preliminares indispensáveis, como por exemplo de um bom projeto de engenharia. Após sua implementação, é preciso ainda que haja um plano de manutenção, que assegure o seu pleno funcionamento. A pesquisa setorial desta edição é dedicada ao segmento de engenharia, consultoria, manutenção e instalação.

62 Espaço Aterramento

O projeto de norma de aterramento de torres de linhas de transmissão aéreas.

64 Espaço SBQEE

Perspectivas de estratégias para a identificação da origem das Variações de Tensão de Curta Duração.

66 Espaço Cigre-Brasil

Rumo a um setor elétrico renovado.

Colunas

- 68 Cláudio Mardegan – Análise de Sistemas Elétricos
- 69 Nunziant Graziano – Quadros e Painéis
- 70 Luciano Rosito – Iluminação Pública
- 71 Aguinaldo Bizzo – Segurança do Trabalho
- 72 Danilo de Souza – Energia e Sociedade
- 74 Caio Cezar Neiva Huais – Manutenção 4.0
- 76 José Starosta – Energia com Qualidade
- 77 Daniel Bento – Redes Subterrâneas em Foco



CINASE
Congresso & Exposição
CIRCUITO NACIONAL DO SETOR ELÉTRICO



Por Alessandra Leite e Edmilson Freitas

Com público recorde, CINASE Rio de Janeiro movimenta a cadeia produtiva do setor elétrico

Realizado entre os dias 10 e 11 de maio de 2023, encontro contou com a participação de cerca de 1.500 pessoas, entre palestrantes e congressistas

A cidade do Rio de Janeiro recebeu mais uma edição do CINASE - Circuito Nacional do Setor Elétrico, evento considerado o ponto de encontro da engenharia elétrica no Brasil. Entre os dias 10 e 11 de maio de 2023, passaram pelos corredores do Centro de Convenções Expo Mag cerca de 1.500 profissionais, entre congressistas, palestrantes e patrocinadores do evento.

Considerada um sucesso, esta edição

levou a público assuntos de interesse geral para o setor elétrico brasileiro e que estão no cerne das discussões nacionais, seja no âmbito industrial, seja no governamental. Entre os temas de destaque, estiveram os impactos da geração distribuída no sistema; os desafios para o planejamento energético brasileiro; novas oportunidades no mercado livre de energia; os entraves para a redução das perdas não técnicas; entre outros debates conduzidos por

autoridades e gestores técnicos do Governo e de empresas relevantes para o setor.

O professor e coordenador do Gesel – Grupo de Estudos do Setor Elétrico, Nivalde de Castro, foi quem abriu o congresso com uma discussão que está na agenda de todos: os desafios para a transição energética. O acadêmico encara o conceito da transição energética como um fenômeno revolucionário, comparado ao ocorrido com o carvão, o petróleo e o gás. “É um conceito que você pode olhar ao longo da história. Tivemos a máquina a vapor, depois o petróleo como um grande recurso. Em meados dos anos de 1970, quando veio a crise do petróleo, surge o gás na cadeia produtiva. O que se observa é que, gradativamente, ao longo da história, há uma necessidade de um recurso energético imprescindível”, pontuou.

De Castro ressaltou ainda que, em 2021, quase 80% dos recursos energéticos eram não renováveis, embora considere o Brasil como um ponto fora da curva. Segundo o especialista palestrante do CINASE, o Brasil está hoje, em 2023, no patamar onde o mundo quer chegar no ano de 2050. “Isso é um potencial de competitividade ímpar. Não é à toa que





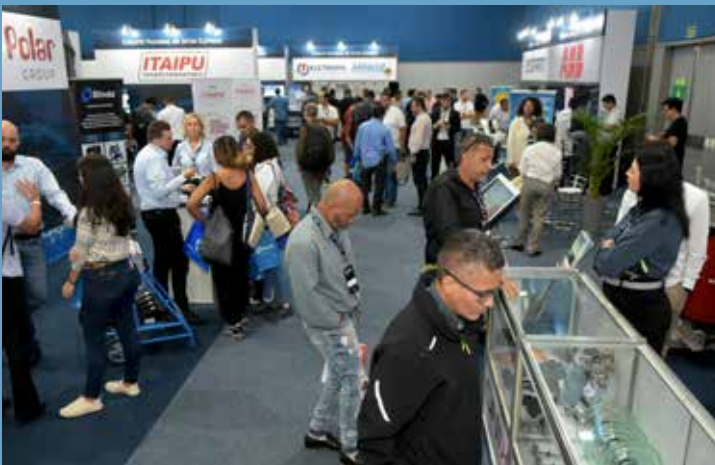
os grandes grupos mundiais estão aqui presentes no CINASE. Somos um país de dimensão continental, tropical, com uma população ávida de emprego, onde sobra água, vento, sol e terra, que são a base dessa transição energética que o mundo está em processo acelerado para fazer e nós já saímos na frente”, destacou. Ainda assim, segundo ele, é preciso que o setor elétrico brasileiro encare com seriedade a necessidade de o Brasil seguir a tendência mundial no sentido de diminuir os insumos dos recursos energéticos não renováveis. “É um esforço que o mundo fez de 2020 a 2021 para aumentar a participação da geração elétrica de fonte renovável, eólica e solar, basicamente. Nós, enquanto setor elétrico, vamos ter um papel muito importante no desenvolvimento social e econômico do país”, enfatizou.

Outro tema de destaque foi conduzido pelo analista de pesquisa energética, Glaysson de Mello Muller, da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que apresentou o “Planejamento Energético Brasileiro: horizonte 2032”. Segundo o especialista, a EPE tem trabalhado com diversas variáveis sobre o comportamento da geração expandida de modo a traçar previsões mais seguras para o setor não só no horizonte de dez anos, como também para estudos de médio e longo prazos, considerando 20 e 30 anos. “Avaliamos o preço de cada uma das fontes, estudamos modelo de otimização para construir um parque gerador seguro com um conjunto de fontes. Não pode ser apenas a solar, que é a mais barata. Só tem sol até as 17 horas”, explicou. “Trata-se de uma expansão forte, limpa e segura para os próximos anos. Chegaremos em 2031 com

262 GW e um parque muito forte, para o tamanho do Brasil. Teremos aumento do custo de investimento e construção de novas usinas”, informou.

Passaram ainda pelo palco do CINASE especialistas com ampla experiência no setor que discutiram o papel relevante das energias renováveis para o país, notadamente, a geração distribuída a partir da fonte solar fotovoltaica; e também as novas oportunidades que surgirão com a abertura do mercado livre de energia.

Outros temas completaram a grade da conferência, como o avanço da mobilidade elétrica no país; os desafios para a expansão do hidrogênio verde; um retrato das redes subterrâneas no Brasil; os impactos da Geração Distribuída na qualidade da energia elétrica distribuída; a influência do ESG e da Indústria 4.0 nas





CINASE
Congresso & Exposição
CIRCUITO NACIONAL DO SETOR ELÉTRICO



O PONTO DE ENCONTRO DO SETOR ELÉTRICO EM 2023!



43ª EDIÇÃO

Dias 26 e 27 de julho
Hangar Centro de Convenções & Feiras da Amazônia
Belém (PA)

44ª EDIÇÃO

Dias 13 e 14 de setembro
Centro de Eventos do Ceará
Fortaleza (CE)

45ª EDIÇÃO

Dias 04 e 05 de outubro
Expotrade Convention Center
Curitiba (PR)

ACESSE O QR CODE E SAIBA MAIS >>>





instalações elétricas presentes e futuras; O&M dos sistemas elétricos; e os desafios para a redução das perdas não técnicas.

Em dois dias inteiros de congresso, totalizando quase 20 horas de conteúdo, mais de 50 profissionais especializados em suas áreas de atuação levantaram tópicos importantes para discussão, que são fundamentais não apenas para o desenvolvimento do setor, mas também para o aperfeiçoamento profissional da audiência, que buscou o evento para atualizar-se tecnicamente.

Missão cumprida

Na avaliação do engenheiro eletricista e coordenador técnico do CINASE, Danilo

de Souza, o evento proporcionou uma experiência enriquecedora para todos os envolvidos, além de contribuir para o fortalecimento do setor elétrico no país. "Foram palestras, workshops, painéis e exposições de muita qualidade, em que os especialistas puderam disseminar conhecimentos, trazer tendências inovadoras, além de fomentar conexões significativas entre os profissionais presentes. Estou orgulhoso do resultado alcançado", ressaltou.

Para o diretor do Grupo O Setor Elétrico, Adolfo Vaiser, a participação de quase 1.500 pessoas no evento, em um estado tão estratégico para a cadeia produtiva do setor elétrico, como o Rio de Janeiro, demonstra a relevância e consolidação do

CINASE, como principal ponto de encontro dos grandes players do setor. "Pela quinta vez, levamos ao Rio de Janeiro um CINASE totalmente reformulado, envolvendo toda a comunidade técnica e de mercado da região. Com os palestrantes, o encontro contou com a participação de grandes nomes dos mercados de renováveis, solar fotovoltaica, eólica onshore e offshore, além disso, falamos de ESG, demos voz ao mercado livre de energia e visibilidade às ações do Governo do Estado voltadas ao segmento elétrico. Com isso, nós conseguimos, não só elevar ainda mais o nível técnico do congresso, como também alcançar resultados para os patrocinadores e congressistas, levando debates e informações que podem influenciar na





tomada de decisão dos principais atores do nosso segmento”, avaliou o executivo.

O formato regional itinerante do CINASE, segundo a diretora executiva do Grupo, Simone Vaiser, é um dos grandes diferenciais do evento, por propiciar um ambiente de ampla participação de toda a indústria do setor elétrico, das cinco regiões do país. “Diferentemente dos eventos tradicionais, o trabalho regional que fazemos é diferenciado. O CINASE Rio foi a primeira grande edição do ano e já superou as nossas expectativas, não só em termos numéricos, mas principalmente pela qualidade dos conteúdos e debates, além da qualificação dos participantes. Sempre com palestrantes renomados, o evento é estratégico para a grande indústria do setor elétrico, proporcionando um ambiente fértil para negócios e networking”, acrescenta Simone, que já aproveitou a oportunidade para divulgar a próxima edição do encontro, que ocorrerá em Belém do Pará, entre os dias 25 e 27 de julho de 2023.

Oportunidade de discussões relevantes

Para o engenheiro eletricitista, membro do Cigré Brasil (cabos isolados) e especialista do CINASE, Daniel Bento, o Circuito Nacional do Setor Elétrico é

uma grande oportunidade de discussão para os temas de relevância do setor no Brasil. “É um dos poucos espaços onde conseguimos dar luz à importância das redes isoladas com uma qualidade técnica altíssima de conteúdos e palestrantes. Foi gratificante fazer parte dessas discussões, reforçando meu compromisso de sempre disseminar conhecimento sobre as redes subterrâneas de energia no Brasil e no mundo”, destacou.

Estreante no CINASE, o engenheiro eletricitista e gerente de planejamento e inteligência de mercado na Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (Abradee), Lindemberg Reis, contribuiu com o debate sobre os impactos da GD na distribuição da energia elétrica e considerou o congresso de alto nível. “Foi minha primeira experiência no CINASE e achei os debates muito ricos, com palestras de bom nível e uma pegada técnica interessante. Foi excelente também a oportunidade de debater junto com o professor Nivalde de Castro e Guilherme Chrispim, com moderação realizada pelo engenheiro José Starosta. Valeu a pena. Espero poder estar presente em edições futuras”, elogiou.

Contribuições acadêmicas

Presente no encontro, juntamente com alguns dos alunos dos cursos de

engenharia da UERJ, o professor Carlos Aparecido destacou a contribuição dos debates e palestras para a comunidade acadêmica. “Foi um evento de altíssimo nível. Houve um engajamento muito grande do departamento de engenharia da UERJ. Nossos alunos participaram e nos repassaram ótimos feedbacks sobre oportunidades profissionais e direcionamento acadêmico. Destaque para o conteúdo apresentado na manhã do primeiro dia, em que os especialistas trataram das oportunidades do mercado livre de energia associadas à geração distribuída, com abertura de mercado e autoprodução. Parabéns a todos os envolvidos no evento”.

Com debates qualificados, coordenados por grandes nomes do setor elétrico, o CINASE-RJ, na avaliação do diretor executivo do Sindistal, Oldemar Boechat, levou contribuições significativas para o desenvolvimento e expansão do segmento no estado e no país. “Foi um evento muito profícuo, importante para a retomada do desenvolvimento do setor, e principalmente, para a valorização dos profissionais do nosso mercado, em especial, aos do Rio de Janeiro, que estão sempre engajados na expansão de toda a cadeia produtiva nacional”, ressaltou o dirigente, que aproveitou a oportunidade para reafirmar a parceria entre o Sindistal e o CINASE.

Premiação e reconhecimento

Tradicionalmente, na noite anterior ao CINASE, é realizada a cerimônia do Prêmio O Setor Elétrico, que tem como objetivo reconhecer e dar visibilidade a projetos e iniciativas que apresentem soluções inovadoras para o setor elétrico brasileiro.

Os vencedores das cinco categorias do Prêmio desta edição, foram:

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

SmartAssets - Sistema de inteligência artificial unificado para gestão do parque de iluminação pública.

Proponente e Responsável: FU2RE Smart Solutions – André Sih;

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS E COMERCIAIS

Instalações elétricas da Marina da Glória. Proponente e Responsável: RD3 Engenharia - Pedro Antônio Ferreira da Silva;

PROJETO LUMINOTÉCNICO

Hotel Boutique Casa Mirador Búzios. Proponente e Responsável: NTZ Iluminação – Ugo Nietzsche;

PESQUISA & DESENVOLVIMENTO

Desenvolvimento de protótipo em média tensão do limitador de corrente de curto-circuito para sistemas de distribuição.

Proponente e Responsável: Universidade Federal Fluminense (UFF) – Guilherme Gonçalves Sotelo;

ENERGIAS RENOVÁVEIS

Otimização da operação de recursos energéticos distribuídos com para arbitragem de preços de energia e a redução de custos de distribuição. Proponente e Responsável: PUC RJ – Delberis Araujo Lima.

Homenagens

Na ocasião, também foram homenageadas lideranças e personalidades que são referências regionais do segmento elétrico. São eles:

CLAYTON VABO

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Veiga de Almeida (1992), especialização em Instalações Elétricas Industriais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1995), especialização em Proteção de Sistemas de Distribuição pela Eletrobras (1982) e curso técnico profissionalizante em Eletrotécnica pela Escola Técnica Estadual Henrique Lage (1977). Atualmente é Engenheiro de campo Sr. da Light Serviços de Eletricidade S/A.



LUIZ SEBASTIÃO COSTA

Magistério para o ensino médio e superior nas áreas de Física e de Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Orientação de projetos de graduação e de iniciação científica. Gerenciamento e execução de estudos de planejamento de expansão de infraestrutura de abastecimento de derivados de petróleo, estudos de previsão de mercado de petróleo e seus derivados. Testes e medições de campo em subestações e linhas de transmissão referentes, entre outros, a sinais de rádio e TV, resistividade do solo e campos elétricos. Direção de entidades de classe. Atualmente é responsável pela atualização do tradicional livro de instalações elétricas do setor, editado pelo Prof. Hélio Creder.



LUIZ PINGUELLI ROSA (HOMENAGEM PÓSTUMA)

A homenagem póstuma celebrou os notáveis feitos do especialista graduado em Física pela UFRJ, mestre em Engenharia Nuclear pela Coppe/UFRJ e doutor em Física pela PUC-Rio, Pinguelli foi diretor da Coppe por quatro mandatos e presidente da Eletrobras, entre 2003 e 2004. O docente também era membro titular da Academia Brasileira de Ciências (ABC). Orientador de dezenas de dissertações de mestrado e teses de doutorado, o professor recebeu diversos prêmios, entre eles o de personalidade do ano de 2014, da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).



INTERLIGAÇÃO GERADOR-REDE

RELÉS MULTIFUNÇÃO PARA A PROTEÇÃO DE SISTEMAS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E CENTRALIZADA

URP 6000

DIRECIONAL

URP 6100

BIDIRECIONAL



SOFTWARE APLICATIVO



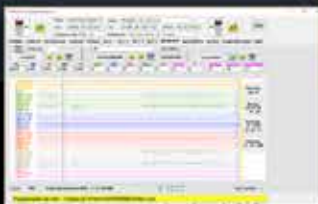
PARAMETRIZAÇÃO AMIGÁVEL
PERFIL DE CARGA



04 SETs DE PROGRAMAÇÃO
OSCILOGRAFIA



MONITORAMENTO
MEMÓRIA DE MASSA E REGISTRO DE EVENTOS



URP 6000

Funções ANSI:
25 / 2 x 27 / 27-0 / 32P / 32Q / 37 / 47 /
50 / 50Q (46) / 50N / 50GS / 50V / 51 /
51Q (46) / 51N / 51GS / 51V / 2 x 59 /
59N (64G) / 62BF / 67 / 67N / 67V / 78 /
2 x 81U / 2 x 81O / 4 x 81dF/dt / 86

URP 6100

Funções ANSI:
25 / 2 x 27 / 27-0 / 2 x 32P / 37 / 47 /
50Q (46) / 50GS / 51Q (46) / 51GS /
2 x 59 / 59N (64G) / 62BF / 2 x 67 /
2 x 67N / 78 / 2 x 81U / 2 x 81O /
4 x 81dF/dt / 86

PEXTRON®

Av. Miruna, 502 – Moema – São Paulo – SP
vendas@pextron.com.br – www.pextron.com



VENDAS: +55 (11)
5094-3200



T&D Energy

O futuro da energia em debate: destaques do T&D Energy 2023

Em sua segunda edição, o evento destacou as mais inovadoras práticas de engenharia em infraestrutura e debateu os novos desafios enfrentados pelo setor elétrico

Nos dias 14 e 15 de junho, o Novotel Center Norte, em São Paulo (SP), foi palco da segunda edição do T&D Energy – Infraestrutura e a Transição Energética, evento criado com o intuito de discutir o futuro das subestações e das redes MT/AT sob o pano de fundo da modernização do setor elétrico.

Repetindo o sucesso da edição anterior, o congresso apresentou as melhores e mais inovadoras práticas de engenharia em infraestrutura para um público altamente qualificado. Ao todo, 504 congressistas e 17 patrocinadores estiveram presentes, desempenhando um papel fundamental para o sucesso do evento.

Confira alguns destaques e novidades da edição deste ano:

3Ds (ou mais) em pauta

Descarbonização, descentralização e digitalização são os famosos “3Ds” do setor elétrico, que juntos formam um movimento de toda a cadeia em direção à chamada transição energética. O mundo inteiro tem buscado limpar suas matrizes e instaurar plantas eólicas e solares, assim como tornar todo o sistema mais automatizado e digital. O Brasil acompanha essas tendências, mas esbarra em alguns entraves regulatórios e tecnológicos significativos.

Com o objetivo de analisar tal cenário, especialistas renomados se reuniram no painel de debates que deu início à ampla programação do evento – que contou com mais de 24 horas de conteúdo exclusivo.

Estiveram presentes na discussão a presidente interina da EPE, Angela Livino, o assessor executivo da Diretoria de TI, Relacionamento com Agentes e Assuntos Regulatórios do ONS, Carlos Alexandre Prado, e o superintendente-adjunto de Regulação de Transmissão e Distribuição

de Energia Elétrica da ANEEL, Leonardo Mendonça. A mesa-redonda teve como moderador o Principal Director IndustryX da Accenture Brasil, Roberto Falco.

Responsável por levar o ponto de vista do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) sobre o assunto, Carlos Alexandre Prado destacou que a instituição se baseia, na verdade, em “5Ds”: descarbonização, descentralização, digitalização, democratização e diversidade. O especialista salientou que esse contexto não apenas suscita discussões sobre a transição energética, mas também aborda a transformação energética como um todo.

Prado também deu destaque à necessidade de adaptação da entidade diante das mudanças que já podem ser observadas na dinâmica do sistema elétrico. “O operador, em um ambiente de geração, transmissão, distribuição e consumo, é baseado em comando e controle. Com essa dinâmica de um ecossistema de democratização e descentralização, o ONS está caminhando para deixar de ser

o orquestrador nacional do sistema. Não poderemos operar o sistema baseados em comando e controle, como fizemos esse tempo todo. Precisamos agora mudar até mesmo o nosso próprio modelo interno para permitir que orquestremos múltiplos atores em prol de um ótimo sistema”, afirmou.

O representante da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Leonardo Mendonça, também realizou uma análise abrangente dos impactos potenciais das transformações previstas e almeçadas para o segmento. O especialista enfatizou a relevância de um dos “Ds” acrescentado pela entidade a essa “equação”, referindo-se à necessidade de ampliar a democratização do setor elétrico.

Mendonça destacou que esse movimento é crucial para equilibrar e fortalecer todo o sistema, sendo papel da entidade reguladora a remoção de barreiras e de incentivos que talvez não sejam mais necessários, visando uma maior inclusão digital e elétrica. “Não é só dar o acesso inicial ao consumidor. É preciso que seja um



Palestra de abertura do T&D Energy 2023. Foto: Divulgação



O evento contou com 504 congressistas.



Thamara Verde, idealizadora do Projeto Koala, instalado no Grupo Equatorial.

acesso com qualidade e modicidade, o que é um grande desafio.”

Referente ao contexto da descarbonização, a presidente interina da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Angela Livino, estabeleceu uma conexão entre a sobreoferta de energia elétrica vivenciada pelo setor e a transição energética em curso. “Isso passa por uma discussão de transformação da indústria, o que conversa perfeitamente com a transição energética, com uma melhora da eficiência, buscando a descarbonização. O primeiro ‘D’ é o que puxa toda a discussão sobre transição energética, o que é trabalhado nos cenários de neutralidade de carbono em 2050.”

DE OLHO NO FUTURO

Durante o evento, o público teve a oportunidade de participar e interagir com mais de 30 outras apresentações ao longo de dois dias, abrangendo uma ampla variedade de painéis de debates e palestras conduzidas por especialistas renomados das principais empresas do setor. Temas como inovação, automação, digitalização, monitoramento avançado, gestão de ativos, segurança cibernética e integração de

energias renováveis ganharam destaque nas discussões.

O congresso também proporcionou aos participantes a oportunidade de conhecer mais detalhes sobre cases de sucesso que possuem um impacto significativo no setor, com destaque para o Projeto Koala. A iniciativa foi idealizada por Thamara Verde, que com apenas 25 anos é responsável pela área de Smart Grid no Grupo Equatorial Energia. O programa foi implementado em 5 dos 7 estados em que a concessionária atua e soluciona simultaneamente uma questão técnica e social, ao rastrear falhas e desligamentos, reduzindo o tempo em que os clientes ficam sem energia elétrica.

Outra grande inovação apresentada durante o evento foi o centro de monitoramento para otimizar gestão de ativos e apoiar decisões estratégicas, projeto liderado pela superintendente de gestão da manutenção da Eletronorte, Lilian Ferreira. Destaque ainda para o primeiro projeto de armazenamento de energia em larga escala no Sistema Interligado Nacional, desenvolvido pela ISA CTEEP e representado pelo gerente de Execução da

Operação da companhia, Bruno Isolani.

Para o gestor de negócios na engenharia de aplicação da Treetech, Gilberto Amorim, “o evento trouxe algumas palestras muito atuais, com palestrantes que executaram projetos muito interessantes e que contribuíram muito para entendermos qual será o futuro dentro da área de transmissão e distribuição no Brasil”.

Essa também foi a percepção do CEO da Embrastec, Márcio Rosa: “Gostei muito do evento, achei que reuniu um público seletivo, de pessoas bem interessadas, e palestras com conteúdos muito interessantes – tanto é que a plenária se manteve lotada o tempo todo”.

Outro profissional que reconheceu as grandes qualidades da segunda edição do T&D Energy foi o presidente do Lactec, Luiz Fernando Vianna. “O evento possui grandes diferenciais. Trazer a tecnologia e inovação para dentro do setor elétrico é mais do que necessário. Esse momento que o setor vive, de novas fontes entrando no sistema, como fotovoltaica, eólica e a própria Geração Distribuída, requer investimentos e muita tecnologia.”

TRANSFORMADORES A SECO ITAIPU

A PROTEÇÃO E SEGURANÇA QUE SEU PROJETO PRECISA.

Classes de tensão:
15 até 36,2kV

Fabricados:
do IP-00 ao IP-54

Potências:
75 a 5000 kVA

Elimina os riscos de explosão e propagação do fogo.
Perfeito para locais com grande circulação de pessoas
como aeroportos, prédios residenciais, escolas,
hospitais e shopping centers.



ENTRE EM CONTATO E
SOLICITE UM ORÇAMENTO



+55 16 3263 9400

Av. Sérgio Abdul Nour . 2106
Distrito Ind. II 14900 000
Itápolis, São Paulo, Brasil.

ITAIPU
TRANSFORMADORES

www.itaiputransformadores.com.br





CIDE

CONGRESSO DE INOVAÇÃO NA
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA



Painel de debates sobre abertura do mercado de energia foi atração inicial da 1ª edição do CIDE.

A grande novidade deste ano foi a realização paralela da primeira edição do CIDE - Congresso de Inovação na Distribuição de Energia, resultado de uma parceria entre o Grupo O Setor Elétrico e a Associação Brasileira dos Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE).

Com o objetivo de debater as principais tendências que estão remodelando o setor de distribuição de energia no país, o CIDE reuniu executivos, autoridades e especialistas da área para discutir temas relacionados não apenas aos 3Ds, mas também aos novos modelos de negócios, modernização e desenvolvimento de soluções tecnológicas para o segmento de distribuição de energia elétrica, explorando a geração de novas

ideias e diálogos.

O evento inédito foi iniciado com uma vigorosa discussão acerca da expansão do mercado livre de energia e os desafios que o setor enfrentará para atender à crescente demanda advinda dessa abertura.

Para o presidente da Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia (ABRACEEL), Rodrigo Ferreira, é necessário ampliar a abertura do mercado energético, uma vez que o consumidor do mercado regulado enfrenta crescentes pressões com a mudança de dinâmica vivida pelo setor.

Ferreira destaca, como exemplo, o rápido crescimento da Geração Distribuída, que segundo ele ultrapassa significativamente as expectativas iniciais e resulta em custos

adicionais para os consumidores do mercado cativo, elevando o valor de suas contas de energia. “Não podemos cometer esse mesmo erro. O mercado livre não pode ser bom para quem migra e ruim para quem fica [no mercado regulado]. Ele precisa ser neutro para quem fica”, enfatizou o executivo.

Na visão da Eletrobras, representada pelo Vice-presidente de Regulação e Relações Institucionais, Rodrigo Limp, o cenário atual é muito favorável para a abertura completa do mercado de energia. “Hoje, existem todos os elementos para avançarmos na abertura do mercado de baixa tensão. Não a partir do mês que vem, mas de forma gradual. Por isso, é muito importante sinalizar formalmente, aprovando quando seria esse horizonte.”

Apesar das perspectivas promissoras, Limp aponta que ainda existem alguns obstáculos a serem superados, como a necessidade de se aprimorar o sistema de medição e desenvolver modelos tarifários adequados para as distribuidoras. Na visão do executivo, é preciso solucionar essas questões para que seja possível alcançar a abertura plena do mercado de energia.

Já o conselheiro da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), Marco Delgado, destacou a importância da entidade na operacionalização do mercado de energia, tanto no setor livre quanto no regulado. O especialista em planejamento energético enfatizou que a CCEE se dedica intensamente para assegurar a contínua abertura do mercado, garantindo o correto funcionamento dos sistemas e a integração tecnológica, reconhecendo todas as oportunidades que esse contexto oferece.

“A CCEE tem trabalhado nessa linha, de oferecer discussões fundamentadas para a abertura do mercado. Temos pontuado o que deve ser feito e o que precisa ser ajustado, para que possamos evoluir de uma maneira sustentável”, afirmou.

Finalizando a discussão de maneira enfática, o presidente da ABRADEE, Marcos Madureira, falou da importância de uma



O presidente da ABRADDEE, Marcos Madureira.



CIDE proporcionou momentos de debates e troca de conhecimentos.

abertura de mercado cuidadosa e segura, na qual os custos de sustentação do sistema (tanto os atuais como os futuros) sejam distribuídos de forma equitativa.

Madureira reforçou que está alinhado com a abertura do mercado, porém expressou preocupação em evitar a imposição de custos adicionais aos consumidores que optarem por permanecer no mercado regulado. “Podemos ter visões diferentes, mas o objetivo é um só: fazer uma abertura segura, que não faça com que a turma que está lá

[no mercado regulado] tenha que continuar pagando mais. Não acho que a abertura tenha que ser neutra para o mercado regulado, ela tem que ser justa”, concluiu.

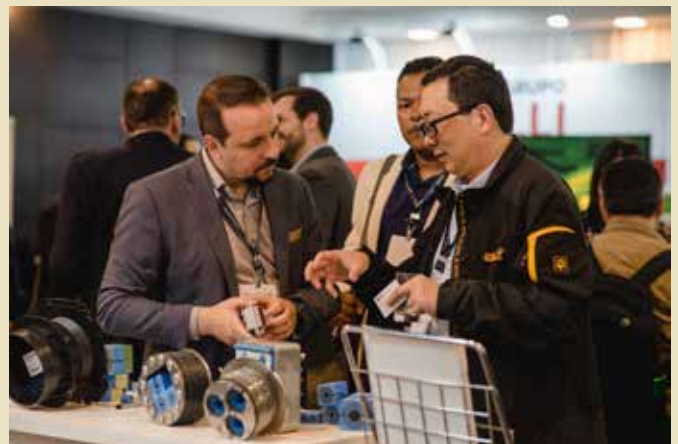
O CIDE proporcionou ainda diversos outros momentos de debate e troca de conhecimentos acerca de inovação e tecnologia, em benefício da eficiência na distribuição de energia. Os participantes demonstraram grande interesse e engajamento, evidenciando o compromisso coletivo em impulsionar o desenvolvimento

do setor e explorar novas soluções para os desafios energéticos atuais.

“Foi muito interessante a realização de dois eventos simultâneos, um voltado para transmissão e distribuição (muito bem organizado), e outro com apresentações de trabalhos de inovação na distribuição. Isso é muito importante, pois valoriza o programa de pesquisa, desenvolvimento e inovação da agência”, declarou Márcio Alcântara, coordenador de inovação e engajamento no mercado da ANEEL.

Feira de negócios

Com um amplo espaço de exposição, o T&D Energy também ofereceu ao público a oportunidade de se familiarizar com as mais recentes inovações das principais empresas provedoras de tecnologia do setor elétrico, proporcionando o cenário ideal para o estabelecimento de novos negócios e de conexões significativas, como relata o diretor comercial da Itaipu Transformadores, Renato Júnior. “Conseguimos bastante contatos. Algumas empresas já temos algum tipo de relacionamento, mas aqui desenvolvemos outros. Foi um evento positivo, só temos a agradecer.”



Leilão de Transmissão: veja os vencedores do pregão realizado pela ANEEL na B3



Com captação de investimentos recordes no valor de R\$ 15,7 bilhões, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) realizou, no dia 30 de junho, na sede da B3, em São Paulo, o Leilão de Transmissão nº 1/2023, com a finalidade de contratar concessões do serviço público de transmissão de energia elétrica, incluindo a construção, montagem, operação e manutenção de instalações de transmissão.

Foram leiloados nove lotes de empreendimentos, individualmente, pelo critério de menor Receita Anual Permitida (RAP), nos seguintes estados: Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Sergipe, Rio de Janeiro e Pernambuco. O prazo de concessão é de 30 anos.

O primeiro lote, composto por instalação em Minas Gerais e Bahia, teve como vencedor o consórcio Gêneseis, representado pela corretora H.Commcor, que ofertou proposta de R\$ 174 milhões, o que representa deságio de

66,18%. O consórcio também levou o oitavo lote, com uma instalação em Pernambuco, com proposta de R\$ 19,5 milhões, o que significa um deságio de 55,35%.

Em seguida, a Rialma Administração e Participações, representada pela corretora Fram Capital, foi a vencedora do leilão do segundo lote, composto por instalações em Minas Gerais e Bahia. A oferta apresentada foi de R\$ 347,8 milhões, um deságio de 51%.

O terceiro lote, composto por uma instalação em Minas Gerais, foi vencido pela Cymi Construções e Participações, representada pela corretora RJ1, com uma oferta de R\$ 70,8 milhões, o que significa um deságio de 52,13%.

A Furnas Centrais Elétricas, representada pela corretora Sita, levou o quarto lote, também composto por uma instalação em Minas Gerais, com oferta de R\$ 68,7 milhões, um deságio de 45,75%.

O quinto lote, com instalações em Minas Gerais, Bahia e Espírito Santo, teve como vencedor o consórcio Engie Brasil Transmissão, representado pela corretora Renascença, que apresentou proposta de R\$ 249,3 milhões, o que representa deságio de 42,80%.

O sexto lote, composto por uma instalação em Bahia e Sergipe, foi leiloadado para a Celeo Redes Brasil, representada pela Nova Futura. A oferta foi de R\$ 99,8 milhões, um deságio de 48,23%.

A Isa Cteep, representada pela corretora CM Capital Markets, levou o sétimo lote, com instalações em Minas Gerais e Rio de Janeiro, com oferta de R\$ 218,8 milhões, um deságio de 41,81%. Por fim, o nono lote, composto por uma instalação em Minas Gerais, também foi vencido pela Isa Cteep. A oferta foi de R\$ 7,4 milhões, um deságio de 50,36%.

Fonte: Portal B3

CLAMPER Mobi Plug

A melhor proteção
contra surtos elétricos
durante o carregamento
do seu veículo elétrico.

Proteja seu veículo com o CLAMPER Mobi Plug. Ele possui proteção contra: surtos elétricos e descargas atmosféricas (DPS), sobrecarga e curto-circuito (Disjuntor), choques elétricos (IDR), além de tomadas acopladas para conexão de carregadores portáteis no mesmo produto, garantindo a melhor proteção do mercado. Seja carro, moto, bicicleta, patinete, seu veículo está seguro durante o carregamento.



Saiba mais

[/clamperdps](#)

[@clamper_oficial](#)

[@clamperoficial](#)

[/clamperoficial](#)

[/clamper](#)



Somos certificados
pelo GPTW™
desde 2019



Por Edmilson Freitas

Reforma Tributária: Setor elétrico quer tornar energia item essencial

O setor elétrico trabalha para dar ao segmento um tratamento especial no âmbito da reforma tributária (PEC 45/19), que foi aprovada no dia 07 de julho, na Câmara dos Deputados. De acordo com o diretor Institucional e Jurídico da ABRADÉE, Wagner Ferreira, o segmento espera influenciar o debate da matéria no Senado Federal, onde o texto deverá ser apreciado logo após o recesso legislativo.

“A Reforma Tributária aprovada na Câmara é uma diretriz básica que ainda

será discutida, negociada e aprovada no Senado. Para o setor de energia, ainda não existe um tratamento específico. A gente entende que o conceito de essencialidade, que já foi consagrado pelo STF, tem que ser considerado, diante de uma política correta para um setor que é fundamental e vital para que o país se desenvolva. Um tratamento tributário adequado sobre a energia elétrica gera conta de luz mais barata, economia para as pessoas, economia

para empresas, maior competitividade nas indústrias, maior poder de compra, maior capacidade de investimento, maior desenvolvimento econômico, maior PIB e, conseqüentemente, maior arrecadação”, destaca Wagner Ferreira.

O texto da reforma tributária simplifica impostos sobre o consumo e unifica a legislação dos novos tributos. Além disso, a proposta prevê ainda a criação de fundos para o desenvolvimento regional e para bancar créditos do ICMS até 2032.

Matriz elétrica brasileira cresceu 5,1 GW no primeiro semestre de 2023

O Brasil concluiu o primeiro semestre de 2023 com um acréscimo de 5,1 gigawatts (GW) na capacidade instalada de geração de energia elétrica. Esse crescimento da matriz, calculado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), compõe os 193,9 GW disponíveis para operação comercial no país, contabilizados até o dia 3 de julho. Os 5,1 GW alcançados em seis meses também constituem 49,97% da meta de crescimento estabelecida pela ANEEL para 2023, de 10,3 GW.

Das 160 usinas que entraram em operação comercial de janeiro a junho, 67 são de fonte eólica, reunindo 2,3 GW (44,53% do total de 5,1 GW); 59 são solares fotovoltaicas, com 2,2 GW (42,76%); 23 são termelétricas, com 521,4 MW (10,13%); oito são pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), com 121,5 MW (2,36%); e três são centrais geradoras hidrelétricas, com 11,4 MW (0,22%).

Somente em junho, foram acrescentados à matriz elétrica brasileira 538,1 MW, sendo 239,4 MW instalados apenas no Rio Grande do Norte. Em relação ao primeiro semestre de 2023, 18 estados das cinco regiões do país ganharam novas usinas. Os destaques, em ordem decrescente, são a Bahia, com 1.589,5 MW; Minas Gerais, com 1.276,2 MW; o Rio Grande do Norte, com 978,4 MW; e o Piauí, com 375,4 MW.

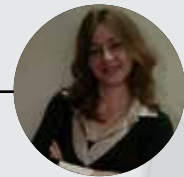


Capacidade instalada - As fontes renováveis respondem por 83,64% dos 193,9 GW em operação no país, de acordo com dados do Sistema de Informações de Geração da ANEEL, o SIGA, atualizado diariamente com dados de usinas em operação e de empreendimentos outorgados em fase de construção. Desse total em operação, ainda de acordo com o SIGA, 83,55% da matriz elétrica do país é considerada renovável.

Fonte: ANEEL

24 Mobilidade elétrica

É notável a necessidade de todos os setores econômicos do Brasil e do mundo, incluindo o setor elétrico, de encontrarem soluções em desenvolvimento voltadas à tecnologia, ciência de dados e sustentabilidade, de modo que os próximos séculos sejam conduzidos em uma economia de baixas emissões de carbono. Parte fundamental deste novo planejamento, a mobilidade elétrica é também tema deste fascículo, coordenado pela professora dra. Flávia Consoni, do Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico (LEVE/Unicamp), que traz nesta edição:



Capítulo V

Projeto Second Life – Reuso de baterias de veículos elétricos em nova aplicação

Por Vitor Torquato Arioli, Aghatta Moreira, Maria de Fatima Rosolem, Raul Beck, Thiago Nascimento, Marcelo Camboim, Jonathan Moura, Thomas Santana Nunes, Ricieri Pessinatti Ohashi, Felipe Lima dos Reis Marques, Wagner Rezende Cano, Gisele da Silva Oliveira e Camila Omae

- Caracterização de células para uso em segunda vida
- Desenvolvimento de bateria de second life
- Considerações finais

32 Avaliação de energia incidente

O estudo de energia incidente tem sido cada vez mais necessário para as instalações elétricas, à medida em que se avançam as normas técnicas e de segurança. As medidas de controle começam na concepção do projeto de uma instalação, durante reformas ou atualizações, e, sobretudo, nas instalações já existentes. Para falar deste assunto com propriedade, o engenheiro eletricista Luiz Carlos Catelani, aborda o tema com profundidade, trazendo nesta edição:



Capítulo V

Cálculo de energia incidente – Modelo IEEE 1584 edição 2018 para média tensão – Parte 3

Por Luiz Carlos Catelani Junior

- Considerações sobre uso do ArcPro
- Metodologia do IEEE 1584

38 Modernização da distribuição

Neste fascículo, são discutidos os desafios que o setor elétrico tem enfrentado para modernizar seus sistemas, em especial, o segmento da distribuição de energia. O contexto da modernização e as oportunidades desta transformação são pontos de reflexão desta série de oito artigos coordenada pela Associação Brasileira de Energia Elétrica (Abradee). Neste capítulo, os autores discorrem sobre os impactos das perdas não técnicas e o papel do Estado nesta problemática.



Capítulo V

Perdas não técnicas e seus efeitos perversos: o Estado não pode cruzar os braços

Por Ana Carolina Ferreira da Silva e Lindemberg Reis

- Metodologia Aneel
- PNT real versus PNT regulatória

Mobilidade elétrica

Por: Vitor Torquato Arioli, Aghatta Moreira, Maria de Fatima Rosolem, Raul Beck, Thiago Nascimento, Marcelo Camboim, Jonathan Moura, Thomas Santana Nunes, Riciéri Pessinatti Ohashi, Felipe Lima dos Reis Marques, Wagner Rezende Cano, Gisele da Silva Oliveira, Camila Omae*

Capítulo V

Projeto Second Life – reuso de baterias de veículos elétricos em nova aplicação

INTRODUÇÃO

O setor de transportes é responsável por um quarto das emissões globais de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO₂), metano e óxido nitroso [1]. Como consequência, é inegável que iniciativas globais de descarbonização devam se pautar na adoção de meios de transporte mais sustentáveis em detrimento à dependência de combustíveis fósseis. Em conformidade com esta necessidade, estima-se que até o ano de 2030, a frota de veículos elétricos (VEs) no mundo atinja 145 milhões de unidades, representando, portanto, 7% da frota total de veículos em circulação [2]. Esta tendência é impulsionada por uma série de circunstâncias, dentre as quais é possível citar imposição de metas de eliminação de veículos tradicionais (com motor de combustão interna) por diversos países, como a China, União Europeia e Estados Unidos, além da tendência de queda nos preços das baterias de íons de lítio e o maior acesso às infraestruturas de recarga [3]. Atrélado a isso, o custo final dos VEs continua decrescendo, tornando sua aquisição comparável à de um veículo à combustão interna, o que sustenta o crescimento exponencial deste mercado.

A química de bateria mais utilizada atualmente para a composição de VEs é a de lítio-íon (LiBs) devido à sua alta densidade de energia (de 200 a 250 Wh/kg) e elevada vida cíclica. No entanto, estas baterias degradam durante sua utilização nos veículos, resultado de dois fenômenos de envelhecimento diferentes, que na prática ocorrem em combinação, chamados de Calendar Aging e Cycling Aging. Devido a estes mecanismos de degradação, após serem utilizadas em veículos elétricos por períodos de cerca de 8 a 10 anos, as LiBs não são mais capazes de fornecer os requisitos

mínimos necessários de autonomia e aceleração necessários, dessa forma, atingem o fim de sua vida útil nesta aplicação – precisando ser substituídas por novas. Por esse motivo, mesmo sob estimativas otimistas, é esperado que 3,4 milhões de kgs de LiBs previamente utilizadas em VEs sejam despejadas em aterros sanitários até o ano de 2040 [4].

Ao serem retiradas dos VEs, é estimado que as baterias ainda contenham cerca de 70-80% de sua capacidade nominal de armazenamento disponível [5], o que é suficiente para que elas sejam reutilizadas em novas aplicações menos exigentes em termos de potência e energia – este conceito é chamado second-life, sendo uma alternativa para melhor aproveitamento de todo o valor atrelado a estas unidades, precedendo os processos de reciclagem. Em conformidade com esta tendência, os sistemas de armazenamento de energia com baterias (BESS – Battery Energy Storage System) estarão com alta demanda nos próximos anos, tendo em vista uma maior incorporação de Recursos Energéticos Distribuídos à rede elétrica. Assim, endereçar estas baterias retiradas de VEs uma segunda vida é benéfico não só do ponto de vista econômico, como também auxiliará a reduzir a demanda global por baterias para BESS e reduzindo também desperdícios, o que é extremamente relevante tendo em vista a necessidade crescente de extração de materiais para produção de novas baterias.

Neste contexto, o projeto pioneiro de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) intitulado “CPFL Second-life” (código RD PD-00063-3061/2019), em execução no âmbito do Programa de P&D do setor elétrico brasileiro da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) pela Companhia CPFL Energia, em cooperação com o CPQD (Centro de Pesquisa de Desenvolvimento em

Telecomunicações) e a BYD Brasil têm como objetivo desenvolver soluções de armazenamento de energia utilizando baterias de segunda vida. Para esta finalidade, contempla o desenvolvimento de processos de desmontagem das baterias, de uma metodologia de seleção de células e a reconfiguração destas em novos sistemas considerando para isto todos os desenvolvimentos mecânicos, térmicos e eletrônicos necessários. De maneira complementar, uma série de ensaios laboratoriais foram executados tanto para analisar a vida útil destas baterias ao considerar regimes específicos de operação adotados em novas aplicações quanto para fornecer subsídios para o desenvolvimento de algoritmos utilizados para monitorar os principais parâmetros de operação da bateria na nova aplicação, de forma a cumprir requisitos de segurança necessários, e para estimar sua vida útil remanescente (RUL) na nova aplicação dado seu regime de operação atual.

CARACTERIZAÇÃO DE CÉLULAS PARA USO EM SEGUNDA VIDA

As células constituintes das LiBs são compostas por uma variedade de componentes, dentre os quais é possível citar o cátodo, ânodo, eletrólito e separador. A escolha da química do cátodo e do ânodo influenciam diretamente o desempenho da

bateria em termos de densidade de energia, capacidade, vida útil, taxa de recarga e descarga, entre outros fatores. Por esse motivo, as diferentes células de baterias disponíveis comercialmente são nomeadas a partir da composição de seu cátodo, pois o ânodo é praticamente dominado pelo grafite. No que diz respeito às baterias utilizadas em VEs, três químicas se destacam: LFP (Lítio Ferro Fosfato), NMC (Lítio Manganês Cobalto) e NCA (Lítio Níquel Cobalto), sendo que cada uma delas apresenta suas vantagens e desvantagens em termos de segurança, estabilidade térmica, custo, vida útil e densidade de energia.

De forma a possibilitar a avaliação do real desempenho de baterias de VEs em segunda vida de uso e desenvolver produtos de armazenamento de energia, o Projeto “CPFL Second-Life” analisou mais de 500 amostras de células de LiBs, do tipo LFP (Lithium Iron Phosphate) – as quais já haviam sido utilizadas na sua primeira vida, ou seja, em aplicação real de veículos elétricos. Para determinar a capacidade real das células recebidas, de modo a possibilitar que comparações pudessem ser realizadas entre métodos alternativos de determinação do Estado de Saúde (SoH) de baterias de segunda vida, foram realizados ensaios de capacidade. A Figura 1 ilustra os resultados de capacidade obtidos, a partir dos quais foi possível observar uma predominância de células com capacidade em torno de 60% da nominal. Apesar disso, notou-se a

varixx

Sistema de proteção contra Arco Elétrico

O Zyggot Arco protege sistemas elétricos e componentes através de uma rede inteligente de sensores que detectam arco elétrico através da radiação UV. Essa radiação existe em qualquer arco voltaico nos momentos iniciais, antes mesmo da luz visível (uma fase já associada à expansão de ar e superaquecimento). Pode ser aplicado em painéis elétricos de baixa, média e alta voltagem e em aplicações externas.



◀ Saiba mais

presença de células de diferentes grupos de capacidades, o que foi importante ao considerar critérios de heterogeneidade úteis para enriquecer os estudos, possibilitando comparações destes valores com outros parâmetros, como a impedância interna, fundamentais para o desenvolvimento de uma metodologia robusta para seleção de células de forma mais rápida, sendo uma alternativa aos ensaios de capacidade comumente aplicados.

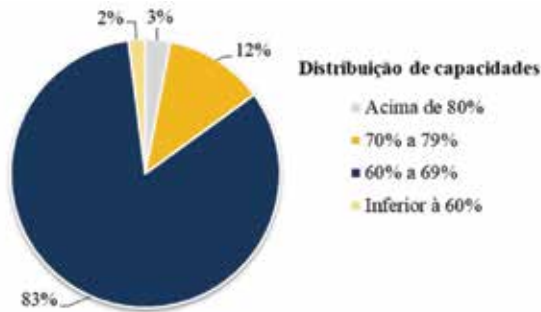


Figura 1 - Capacidade real de 395 amostras de baterias de veículos elétricos.

Essencialmente, o SoH é uma métrica utilizada para avaliar o estado de saúde atual de uma bateria, comparando-o com seu estado inicial de operação. A capacidade de uma célula de armazenar energia e prover potência decai com o tempo, devido a processos químicos internos que levam a sua degradação. Portanto, ao avaliar o SoH de uma bateria, além de verificar a capacidade restante, é recomendado realizar medições adicionais, como a de resistência interna, para identificar possíveis degradações internas precocemente, o que auxilia na determinação da condição atual da bateria e na tomada de decisões adequadas em relação à sua utilização ou substituição.

Um dos principais desafios de montagem de baterias para segunda vida é identificar de forma rápida, precisa e com baixo custo, a capacidade remanescente de baterias/módulos/células que foram retiradas dos veículos elétricos. Há uma variedade de técnicas descritas na literatura para estimação da capacidade remanescente de LiBs: os métodos experimentais mais comuns são a Contagem Ah (também chamada de Contagem de Coulombs) [7], a realização de medidas de resistência ou impedância, e a Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIS). A técnica de EIS é amplamente utilizada em laboratórios para estudar os processos químicos internos de degradação das células de íons de lítio, permitindo a diferenciação entre vários processos distintos por meio da aplicação de um sinal de corrente alternada (CA) de baixa amplitude e ampla faixa de frequências [8].

Dentre as técnicas mencionadas, a medição de EIS é mais rápida do que a Contagem de Coulombs, além de não demandar que a bateria passe por ciclos completos de recarga e descarga. Em comparação às medidas de resistência ou impedância, a EIS é capaz de apresentar resultados mais completos do que os obtidos

ao considerar medidas em apenas uma frequência, possibilitando a realização de análises detalhadas das características elétricas internas da célula, o que permite estudar seu comportamento quando um grande número de processos ocorre de forma inter-relacionada e em diferentes taxas. Devido à alta dimensionalidade do espectro de EIS, visto que as medições possuem parte real e imaginária da impedância em uma faixa de frequência que se estende entre 0,1 Hz a 1,05 kHz, é um desafio identificar características quantitativas que possam ser correlacionadas com a degradação das células, de forma individual.

As abordagens comumente adotadas para a análise destes gráficos tratam esta questão ao reduzirem o espectro em características dimensionais mais baixas: normalmente ajustando-o de forma a compor um modelo de circuito equivalente. Este tipo de ajuste pode levar a conclusões incertas e é questionável se um modelo puramente elétrico pode capturar as propriedades físicas, químicas e materiais e processos de uma bateria, limitando-se apenas a frequências selecionadas individualmente [9]. Devido a estas limitações, de modo a possibilitar o início das análises, optou-se pelo desenvolvimento de algoritmos específicos para análise do espectro como um todo.

Para selecionar os valores de resistência e reatância a serem utilizados, foi elaborado um gráfico que compara a correlação entre Resistência e Reatância. Os valores de correlação obtidos de acordo com a frequência são mostrados na Figura 2, em que as curvas azul e vermelha representam as seguintes correlações: Resistência x SoH, e Reatância x SoH, respectivamente. A partir dos resultados, concluiu-se que os valores de entrada mais adequados para o sistema de inferência foram: (1) a resistência medida na frequência de 0,4 Hz e (2) a reatância na frequência de 50 Hz. Estas frequências podem ser relacionadas aos processos de difusão dos íons de lítio em partículas sólidas.

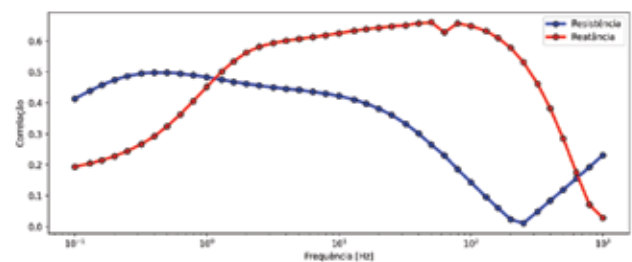


Figura 2 - Correlação entre os valores de resistência x SoH (Linha azul) e reatância x SoH (Linha vermelha) de acordo com a frequência de medição, em que o eixo x foi colocado na escala logarítmica (Autoria própria).

Os métodos orientados por dados dispensam conhecimento prévio sobre o funcionamento da bateria, dependendo apenas de dados coletados, o que é especialmente relevante ao considerar que normalmente não é possível acessar os dados coletados pelo BMS

(Battery Management System) durante a primeira vida da bateria devido a critérios de confidencialidade.

APLICAÇÕES

O adiamento do fim da vida útil das baterias retiradas de VEs para uso em novas aplicações é altamente desejável, pois aumenta o valor residual dos VEs, cria potenciais mercados de armazenamento de energia e reduz os preços de venda de VEs e sistemas de armazenamento, além de contribuir para a redução de resíduos químicos e metálicos e economizar energia utilizada na produção de novas baterias.

Os sistemas de armazenamento de energia são partes indispensáveis em diferentes sistemas elétricos, como no provimento de serviços ancilares à rede elétrica, backup de energia, armazenamento associado à geração por fontes renováveis, aplicações em microrredes, novas aplicações veiculares (p.e., empilhadeiras elétricas), dentre outros, favoráveis ao uso de baterias de segunda vida oriundas de VEs. Isso poderá tornar os investimentos nesses sistemas mais atraentes e encurtar o período de payback.

De forma a analisar a adaptabilidade e comportamento de envelhecimento das baterias ao considerar os regimes de operação típicos das principais aplicações de segundo uso, foram realizados ensaios de envelhecimento acelerado conforme procedimento descrito no item 6.6.1 (Endurance in Cycles) da norma internacional para Aplicação Estacionária IEC 62620 (2014), intitulada “Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications”. É inviável aguardar o envelhecimento de uma célula reproduzindo fielmente as condições normais de sua operação, portanto este ensaio busca um envelhecimento acelerado, que pode partir da ciclagem ininterrupta com uso de altas taxas de corrente. Neste ensaio, a profundidade de descarga utilizada foi de 100 % e não sendo aplicado tempo de repouso entre uma recarga e uma descarga, a cada 100 ciclos foi realizado um Ensaio de Capacidade Real em Regime Nominal (C5) para identificar a perda de capacidade de cada amostra, conforme resultados mostrados na Figura 3.

É importante mencionar que a amostra com capacidade de 100% que tem demonstrado comportamento de degradação mais abrupto do que a outra amostra de mesma capacidade foi mantida a 35°C, ou seja, 10°C acima de todas as outras células sendo cicladas. Assim, destaca-se o expressivo impacto da temperatura na vida útil destas células. Os resultados do ensaio de durabilidade demonstram que as baterias de veículos elétricos apresentam um alto potencial para serem utilizadas em uma segunda vida, evidenciado pela baixa perda de capacidade nas amostras que possuíam uma capacidade

Aqui o bicho não pega.

Condumax REPEL



Tecnologia pioneira que torna cabos

repelentes contra:

Roedores – Cupins – Insetos



Instalações elétricas expostas ou subterrâneas sofrem ataques de roedores e insetos que danificam os cabos e aumentam os riscos de curto-circuito. Este problema gera milhões em prejuízos.

Com Condumax Repel, você aumenta a durabilidade de sua rede, sem agredir o meio ambiente.

Ideal para ambientes rurais, áreas urbanas com infestações, usinas fotovoltaicas, indústrias e redes instaladas diretamente no solo ou sem proteção.



Acesse o nosso site e conheça a linha completa de cabos.

Condumax
FIOS E CABOS ELÉTRICOS

0800 701 3701

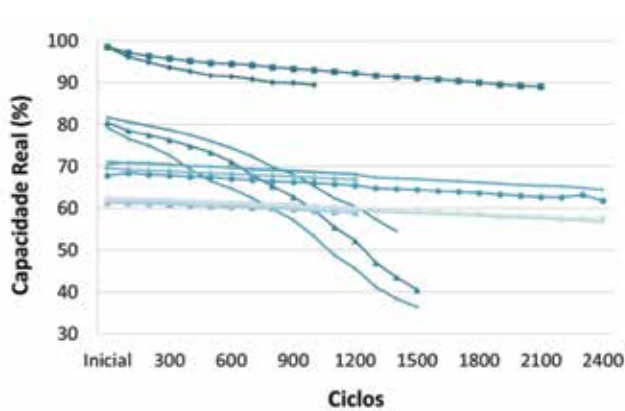


Figura 3 - Ciclagem realizada de acordo com a norma IEC 62620.

residual de 60 a 70% em relação ao valor inicial. Mesmo após 2.400 ciclos, as células ainda não haviam alcançado um nível de capacidade que tornasse seu uso inviável. Cabe informar que não há, até o momento, requisito normativo de fim de vida útil para baterias de segunda vida, como por exemplo, para baterias de lítio-íon em primeira vida o requisito é 60% da capacidade inicial (ABNT NBR 16975 - Células e baterias secundárias de lítio para aplicações estacionárias - Especificação elétrica e métodos de ensaio).

Por outro lado, os resultados também revelaram que, no lote específico recebido, as células com um SoH de 80% demonstraram um envelhecimento mais acelerado em comparação com as outras células, inclusive aquelas que inicialmente tinham uma capacidade remanescente inferior. Após análises adicionais, foi possível concluir que há possíveis efeitos internos de degradação da célula causando este comportamento inesperado, sendo que a medição de EIS conseguiu identificar que estas células possuem um valor maior de impedância em determinadas faixas de frequência. Dessa forma, conclui-se que a determinação da capacidade remanescente por si só pode não ser um parâmetro suficiente de determinação da vida útil remanescente – destacando a necessidade de realização de estudos complementares (p.ex., medições de EIS). É possível que todas estas células sejam advindas da mesma bateria, que provavelmente enfrentou condições de operação mais severas (como por exemplo, altas temperaturas, um acidente ou enchente) durante sua primeira vida – o que pode justificar, inclusive, o motivo de terem sido retiradas do veículo ainda com alta capacidade.

DESENVOLVIMENTO DE BATERIA DE SECOND-LIFE

A reutilização das baterias de veículos elétricos permite aproveitar suas partes constituintes em diferentes níveis, desde a bateria completa até o nível do módulo ou da célula. Para facilitar análises mais detalhadas e o desenvolvimento de uma solução de armazenamento de energia personalizada, no projeto foi decidido desmontar os módulos recebidos para utilizar as células individualmente, o que possibilitou seu agrupamento de acordo com a capacidade remanescente e resistência interna em novas

configurações personalizadas. Este processo é a alternativa de maior custo final tendo em vista a necessidade de desmontagem e procedimentos de empacotamento e desenvolvimento de novo BMS. Do ponto de vista econômico e técnico, se houver a possibilidade de reutilizar toda a bateria sem desmontá-la, esta deve ser a opção preferível [10].

Um componente imprescindível e fundamental nas novas gerações de baterias são os sistemas eletrônicos de gestão e controle, denominados BMS. Esses sistemas exercem um papel fundamental na segurança e desempenho das baterias de lítio-íon, que possuem um eletrólito estável somente numa determinada faixa de tensão, pois sua decomposição ocorre fora desse intervalo, podendo resultar em explosões ou incêndios. O BMS possui diversas funções, sendo seu requisito principal garantir que as células de lítio-íon operem dentro das faixas seguras de tensão, corrente e temperatura, além de proteger a bateria contra qualquer anormalidade externa, como curtos-circuitos. É igualmente importante que o BMS contenha algoritmos que garantam o desempenho esperado, como o balanceamento de carga das células.

O uso das estimativas para prever o comportamento das células é outra tendência. Enquanto o SoH determina a degradação atual da célula, o uso de informações para prever a degradação em instantes futuros e determinar o tempo restante até o fim da vida útil é um tema em destaque nesta área. O termo RUL (Remaining Useful Life) é utilizado para descrever esses estimadores, que possibilitam, por exemplo, a manutenção preditiva de um conjunto de baterias ou o gerenciamento inteligente de recarga e descarga. A motivação para desenvolvimento destes algoritmos decorre do fato de que a projeção de vida útil remanescente de baterias de íons de lítio pode ser distorcida devido a complexas reações químicas que ocorrem no interior das células da bateria durante os processos de descarga e recarga.

No âmbito do projeto, o foco foi o desenvolvimento de um sistema de armazenamento de energia (tensão nominal de 48 Vcc) composto por células de second-life, o qual será destinado















Figura 4 – Bateria second-life desenvolvida – visão da bateria aberta e em operação.

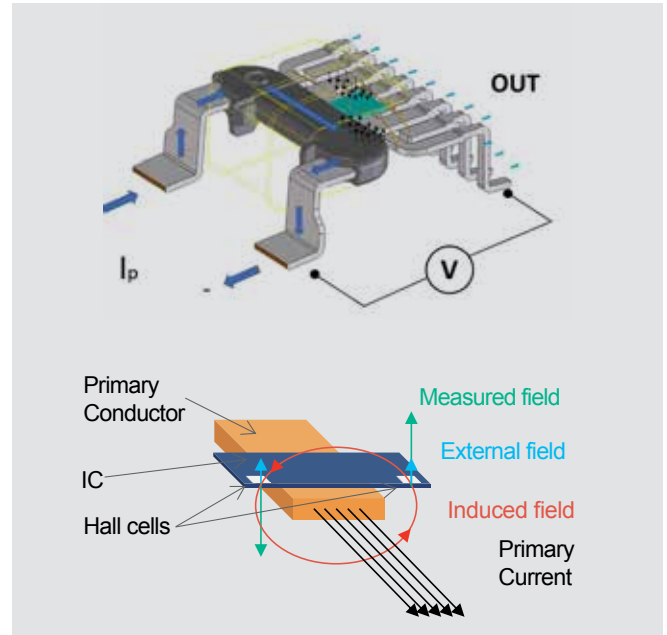
Sensores de corrente, e porque eles são vitais para dispositivos eletroeletrônicos

Monitorar a corrente de forma adequada é vital para dispositivos eletrônicos como fontes de alimentação, sistemas de gerenciamento de bateria, acionamentos de motores eletrônicos e redes de energia renovável. A minituarização de placas de circuito impresso traz desafios no gerenciamento de altas correntes, os níveis de energia mais altos apresentam desafios no layout da PCB, isolamento, gerenciamento térmico e EMI. Sensores de corrente integrados (SCI) fornecem uma solução integrando todos os estágios de um sensor de corrente em um único encapsulamento.

A medição tradicional de corrente baseada em shunt tem muitas limitações como, alta dissipação de energia, desvio térmico e perturbação de tensão indesejada. Ele utiliza o campo magnético produzido pelo fluxo de corrente para medição sem contato, com vantagens de isolamento integradas. Ele integra o caminho do fluxo de corrente, placas de efeito Hall para detecção de campo magnético, operação sem contato, isolamento galvânico, tratamento de sinal dentro de um ASIC e recursos adicionais.

O mesmo oferece vantagens como redução de área ocupada, eliminação da necessidade de um núcleo de magnético, redução de custos, maior densidade de potência, faixa de temperatura estendida, desempenho de frequência e isolamento aprimorado. O isolamento reforçado no SCI garante a separação física entre os circuitos de alta e baixa tensão. A integração de ASICs no SCI fornece recursos exclusivos, como tratamento de sinal, detecção de sobrecorrente, compensação de tensão e temperatura com diferentes modos de saída.

	LTS / LTSR	HLSR	HMSR
Produto			
Data de lançamento	2002	2012	2020
Volume			
Performance			
Preço			



O SCI também pode ser uma parte fundamental em estações de recarregamento rápido DC para veículos elétricos, onde a medição precisa de corrente é crucial para o fornecimento eficiente de energia, proteção e monitoramento do processo de carregamento. O SCI fornece soluções compactas e confiáveis integrando todos os componentes necessários em um único produto. Eles permitem a medição precisa da corrente que flui da rede para o veículo elétrico, otimizando o fornecimento de energia e evitando sobrecarga ou superaquecimento da infraestrutura de recarregamento.

Os transdutores híbridos da LEM, HOB, combinam a tecnologia baseada em ASIC e DC para atender à demanda por operação de alta frequência, tamanho reduzido e maior eficiência em conversores de energia utilizando MOSFETs em SiC. A família HOB atinge tempos de resposta de até 100ns e oferece alta performance na medição de corrente para aplicações como solda, UPSs, fontes de alimentação e acionamentos de motores.



Como líder em medição elétrica, a LEM vem construindo uma experiência e know-how únicos e o portfólio mais amplo do mercado. Os sensores, transdutores e CISs da LEM atendem todas as suas necessidades de detecção de corrente e tensão de 10A a 2.000 A, e de 10V to 4,200 V. Venha nos visitar na FIEE, estande nº A49, a ocasião perfeita para discutir qual produto LEM atende às suas necessidades.

a aplicações associadas a sistemas fotovoltaicos on-grid a nível residencial. Dessa forma, foram desenvolvidos hardwares, firmwares, algoritmos, empacotamento mecânico e interface gráfica para operação e manutenção. A Figura 4 apresenta o protótipo cabeça de série desenvolvido e em operação conjunta com inversor híbrido on-grid. A solução mecânica permite que a instalação seja fixada na parede ou uso no chão com rodízios (ilustrado na Figura 4).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao atingirem o final de sua vida útil em veículos elétricos as baterias ainda possuem cerca de 70-80% de sua capacidade disponível, possibilitando que elas sejam reutilizadas em outros tipos de aplicação cujas condições de operação sejam menos severas. Essa oportunidade de reuso gera novas possibilidades para o mercado, proporcionando a criação de novos modelos de negócios. Outro fator a ser considerado ao optar pela utilização de baterias em segunda vida é que nem todas as células da bateria de um VE se degradam exatamente da mesma maneira por várias razões, incluindo gradientes de temperatura dentro da bateria e pequenas diferenças de fabricação.

Isso significa que o desempenho das baterias de segunda vida pode ser potencialmente imprevisível. Ou seja, ao serem retiradas da sua primeira aplicação e enviadas aos centros de recondição/reutilização, há poucas informações sobre essas baterias. Uma possibilidade para a obtenção dessas informações é a análise dos dados armazenados no BMS, porém, eles nem sempre estão disponíveis. Dessa forma, é necessário submeter a bateria ou as células a uma série de procedimentos de forma a possibilitar a análise de seu SoH e determinar se ela realmente está apta a um novo uso. O projeto descrito neste artigo identificou que medições de EIS tem forte correlação com a capacidade remanescente das células de segunda vida recebidas, permitindo uma metodologia rápida e de baixo custo para seleção de células que irão compor uma bateria de segunda vida.

Os ensaios de durabilidade cíclica foram de suma importância para o projeto, pois tem como objetivo fornecer dados para análise da vida útil que as células, já degradadas na primeira vida, ainda podem suportar. Os resultados mostraram que as células têm apresentado comportamento de degradação bastante satisfatório, não apresentando perda de capacidade expressiva durante a ciclagem.

O desenvolvimento de uma solução de armazenamento de energia a partir de células degradadas durante a aplicação em VEs previamente utilizados no país fortalecerá o avanço tecnológico da indústria nacional de VEs e baterias. Além disso, o uso de baterias em segunda vida está totalmente alinhado ao conceito

de economia circular, proporcionando o reaproveitamento de células que inicialmente seriam descartados ou encaminhados para reciclagem.

REFERÊNCIAS

[1] International Energy Agency (IEA). *Tracking Transport 2020*. Available at: <https://www.iea.org/reports/tracking-transport-2020>. Accessed August 2022.

[2] International Energy Agency (IEA). *Global EV Outlook 2021: accelerating ambitions despite the pandemic*. Available at: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ed5f4484-f556-4110-8c5c-4ede8bcba637/GlobalEVOutlook2021.pdf>. Accessed August 2022.

[3] M. Dennis, "Are We on the Brink of an Electric Vehicle Boom? Only with More Action". *World Resources Institute*. September, 2021. Available at: <https://www.wri.org/insights/what-projected-growth-electric-vehicles-adoption>. Accessed August 2022.

[4] Richa K, et al. *A future perspective on lithium-ion battery waste flows from electric vehicles*. *Resour Conserv Recycl* 2014;83:63e76. Feb.

[5] Hossain E, et al. *A comprehensive review on second-life batteries: current state, manufacturing considerations, applications, impacts, barriers potential solutions, business strategies, and policies*. *IEEE Access* 2019;7:73215e52. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

[6] H. Man. "What are LFP, NMC, NCA batteries in electric cars?". *Zecar*. August 2022. Available at: <https://zecar.com/post/what-are-lfp-nmc-nca-batteries-in-electric-cars>. Accessed August 2022.

[7] Christopherson, Jon. *Battery Test Manual For Electric Vehicles*. Idaho National Laboratory, 2015.

[8] Carvalho, Liliane A. De; Andrade, Adalgisa R. de; Bueno, Paulo R. *Espectroscopia de impedância eletroquímica aplicada ao estudo das reações heterogêneas em ânodos dimensionalmente estáveis*. *Química Nova*, v. 29, n. 4, p. 796-804, 2006.

[9] ZHANG, Yunwei et al. *Identifying degradation patterns of lithium ion batteries from impedance spectroscopy using machine learning*. *Nature communications*, v. 11, n. 1, p. 1-6, 2020.

[10] Ahmadi, L., Yip, A., Fowler, M., Young, S.B., Fraser, R., "Environmental feasibility of re-use of electric vehicle batteries", *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 6:64-74, 2014.

*Vitor Arioli, Aghatta Moreira, Maria Rosolem, Raul Beck, Thiago Nascimento, Marcelo Camboim, Jonathan Moura, Thomas Nunes, Ricieri Ohashi, Felipe Marques, Wagner Cano e Gisele Oliveira são pesquisadores do CPqD. Camila Omae é pesquisadora da Unicamp e integra o quadro de colaboradores da CPFL Energia.



Alubar, há 25 anos transformando alumínio em soluções.

A Alubar é a maior fabricante de cabos elétricos de alumínio da América Latina. Ao longo dos 25 anos de história, tivemos o privilégio de testemunhar a **transformação** de sonhos e pessoas. Desde **colaboradores** que encontraram aqui uma oportunidade de crescimento até **clientes** que viram suas ideias ganharem vida, estamos orgulhosos de sermos agentes de mudança.

Continuaremos a abrir caminhos, **inspirar inovação** e apoiar o **desenvolvimento de talentos**, pois acreditamos que o verdadeiro valor de nosso trabalho reside na **transformação** que promovemos em vidas e no mundo ao nosso redor.

Obrigado por esses anos de parceria e confiança!

25
ANOS

Avaliação de energia incidente

Por Luiz Carlos Catelani Junior*

Capítulo V

Cálculo de Energia Incidente – Modelo IEEE 1584 edição 2018 para média tensão Parte 3

Como referência normativa para cálculo de energia incidente acima de 15 kV, podemos utilizar a NFPA 70E, através das equações de Ralph Lee, ou partir para uma metodologia enfocada tanto pela NESC C2, como pela OSHA 1910-269.

A média tensão está dividida em duas faixas de tensão, em função do país de origem, pela norma IEC 60038 – Tabela 1.

A norma IEEE 1584 sempre teve seu modelo limitado a 15 kV, para tensões maiores com equipamentos de até 40,5 kV, devem ser adotados outros modelos que permitam o cálculo da energia incidente.

Ralph Lee não se faz uma boa escolha pois levará a valores extremamente elevados e irrealis.

Na última publicação da OSHA – 1910.269, a metodologia não é recomendada e sugere que seja utilizado o programa ArcPro® ou outro método que apresente valores razoáveis, desde que feito por um profissional habilitado.

Uma alternativa é utilizar as tabelas orientativas da NESC C2 – 2017 que utiliza a metodologia das equações de arco com base no programa ArcPro®, bem como trabalham por faixa de tensão para ambiente aberto e arcos verticais monofásicos.

Na Tabela 2, existem valores previamente calculados para as faixas de média tensão, que englobam os equipamentos amplamente utilizados na indústria.

TABELA 1 – FAIXA DE TENSÃO

Series I			Series II	
Highest voltage for equipment kV	Nominal system voltage kV		Highest voltage for equipment kV	Nominal system voltage kV
3,6 ^b	3,3 ^b	3 ^b	4,40 ^b	4,16 ^b
7,2 ^b	6,6 ^b	6 ^b	–	–
12	11	10	–	–
–	–	–	13,2 ^c	12,47 ^c
–	–	–	13,97 ^c	13,2 ^c
–	–	–	14,52 ^b	13,8 ^b
(17,5)	–	(15)	–	–
24	22	20	–	–
–	–	–	26,4 ^{c,e}	24,94 ^{c,e}
36 ^d	33 ^d	30 ^d	–	–
–	–	–	36,5 ^c	34,5 ^c
40,5 ^d	–	35 ^d	–	–

TABELA 2 – VALORES DE ENERGIA INCIDENTE X TEMPO DE ELIMINAÇÃO

Phase-to-phase voltage (kV)	Fault current (kA)	4-cal system	8-cal system	12-cal system
		Maximum clearing time (cycles)	Maximum clearing time (cycles)	Maximum clearing time (cycles)
1.1 to 15	5	46.5	93.0	139.5
	10	18.0	36.1	54.1
	15	10.0	20.1	30.1
	20	6.5	13.0	19.5
15.1 to 25	5	27.6	55.2	82.8
	10	11.4	22.7	34.1
	15	6.6	13.2	19.8
	20	4.4	8.8	13.2
25.1 to 36	5	20.9	41.7	62.6
	10	8.8	17.6	26.5
	15	5.2	10.4	15.7
	20	3.5	7.1	10.6
36.1 to 46	5	16.2	32.4	48.6
	10	7.0	13.9	20.9
	15	4.3	8.5	12.8
	20	3.0	6.1	9.1

A Tabela 2 relaciona, para cada classe de tensão, o tempo em ciclos (1 ciclo 16,6 ms) para interrupção do arco elétrico vertical aberto para as faixas de energia disponível (4, 8 e 12 cal/cm²).

Todos estes cálculos foram feitos a uma distância fixa de 38 cm ou 15 in.

Resumo das condições de contorno para o cálculo consta na Tabela 3.

Como a Tabela 2 foi construída pela metodologia das equações

de arco utilizadas no programa ArcPro[®], algumas considerações devem ser feitas:

- Arc Gap é a distância no ar entre dois pontos na qual existe a possibilidade de ocorrer um arco elétrico. Não é a distância física entre dois condutores;
- Distance to Arc é a distância física de trabalho, menos duas vezes o Arc Gap;
- Work Distance é a distância real de trabalho

TABELA 3- CONDIÇÕES DE CONTORNO PARA O CÁLCULO

	15 kV	25 kV	36 kV
Arc Gap	5,1 cm	10,2 cm	15,2 cm
Distance to Arc	38 cm	38 cm	38 cm
Work Distance	48,2 cm	58,4 cm	68,4 cm

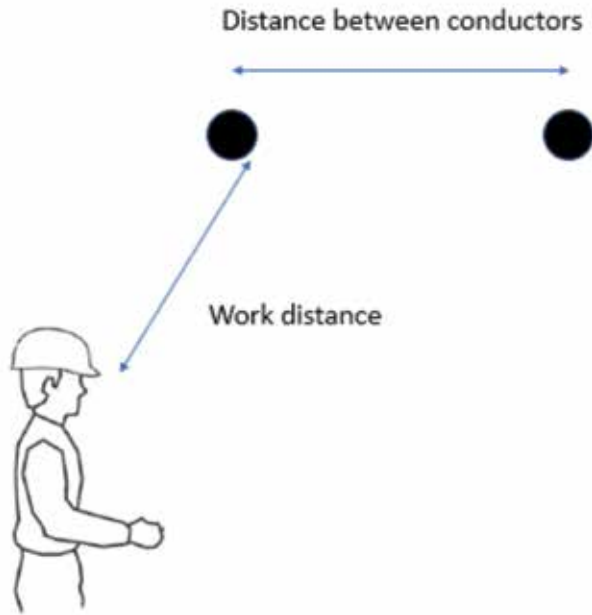


Figura 1– Ilustração da posição de trabalho e distância.

De acordo com a literatura do programa ArcPro®, é possível converter o valor calculado de um arco monofásico aberto para um arco trifásico em ambiente fechado, através de coeficientes de acomodação. O uso destes coeficientes é mencionado na OSHA 1910.269 Anexo E, assim, a metodologia, neste caso, tem aderência normativa.

TABELA 4– COEFICIENTES DE ACOMODAÇÃO - ARCPRO®

Scenario	Adjustment Factor – Multiply by
1-phase arc in a box	1.5
3-phase open air arc	1.2 to 2.2
3-phase arc in a box	3.7 to 6.5

A equação geral de energia incidente para arcos verticais ao ar livre sempre assume a forma de:

$$E_i = \frac{k \cdot V \cdot I_{ARC} \cdot t}{D^x}$$

k → constante de acordo com a metodologia

V → tensão entre fases

I_{ARC} → corrente de arco elétrico

t → tempo de duração do arco

x → expoente em função da configuração do arco (aberto ou enclausurado)

No modelo utilizado pelo ArcPro® temos as seguintes particularidades:

- Corrente de arco é igual a corrente de curto
- Para arcos abertos o expoente x é igual a 2

Rescrevendo a equação:

$$E_i = \frac{k \cdot V \cdot I_{CC} \cdot t}{D^2}$$

Para obter os valores de energia incidente a uma distância diferente da tabela, mantendo as demais variáveis, pode-se utilizar a fórmula:

$$E_{i_TABELA} \cdot (38)^2 = E_i \cdot (D)^2$$

E_{i_TABELA} → Valor da energia incidente da Tabela 2 [cal/cm²]

E_i → Valor da energia incidente a uma nova distância [cal/cm²]

D → Distância ao arco = Distância de trabalho – 2 x Arc Gap [cm]

Uma vez tendo a possibilidade de trabalhar com diversas distâncias, temos que obter a mesma funcionalidade para a questão do tempo.

Através da análise numérica e regressão linear, a Tabela 2 pode ser decomposta em três classes de tensão:

- Classe 15 kV:

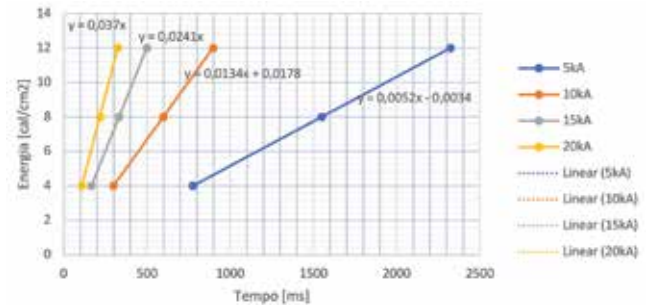


Gráfico 1 – Classe 15 kV.

- Classe 25 kV:

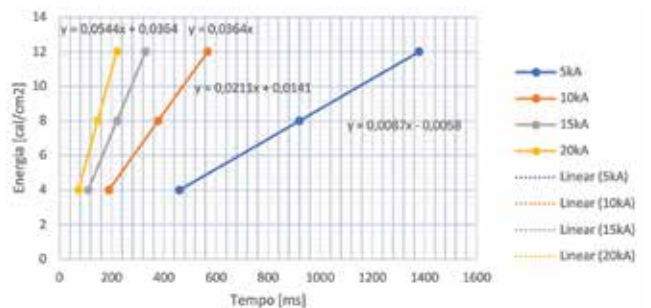


Gráfico 2 – Classe 25 kV.

- Classe 36 kV:

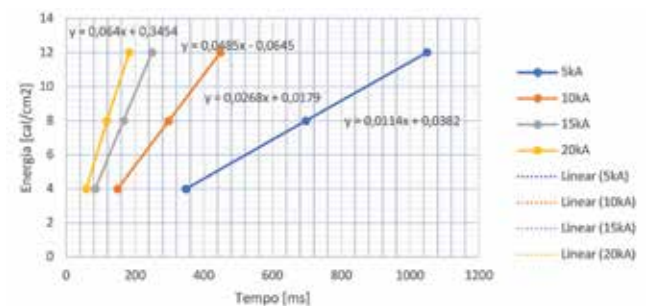


Gráfico 3 – Classe 36 kV.



WhatsApp

EcoBox



Bifásico



Monofásico



Trifásico

Dispositivo de Proteção contra Surtos

DPS



Antes de prosseguir com o cálculo de painéis, vamos fazer uma validação da metodologia proposta, usando o caso que possa ser calculado, tanto pela IEEE 1584, como pela NESC C2.

Como uma primeira análise, uma situação de uma instalação aberta em 13,80 kV – 20 kA, com tempo de proteção em 680 ms, a uma distância de trabalho típica de 910 mm.

Un = 15 kV (classe de tensão)

Icc = 20 kA

Work distance = 91 cm

Arc gap = 5,1 cm (não é a distância física entre barramentos)

Distance to arc = 80,8 cm (91 cm – 2 x 5,1)

Para a classe de 15 kV – 20 kA a equação que descreve a energia incidente é apresentada no Gráfico 1.

$E_i = 0,037 \cdot t$, onde:

$E_i \rightarrow$ Energia incidente [cal/cm²]

$t \rightarrow$ Tempo [ms]

Para um tempo de 680 ms, a energia incidente, na condição aberta a 38 cm, é 25,16 cal/cm².

$$E_{i_TABELA} \cdot (38)^2 = E_i \cdot (D)^2$$

Agora temos que aplicar a proporção para mudar o “Distance to Arc” de 38 cm para 80,80 cm.

$$25,16 \cdot (38)^2 = E_i \cdot (80,80)^2$$

$$E_{i_OPEN} = 5,56 \text{ cal/cm}^2$$

Não é permitido a apresentação de diversos valores de energia incidente em um estudo, mas para fins comparativos e didáticos, vamos propor:

- Cálculo pelo método de Ralph Lee (previsto na NFPA 70E)
- Cálculo pelo método do IEEE – 1584 de 2002
- Cálculo pelo método do IEEE – 1584 de 2018 configuração vertical open air
- Extrapolação da NESC C2

Ralph Lee	IEEE 1584 - 2002
115,95 cal/cm ²	6,83 cal/cm ²
IEEE 1584 - 2018	NESC – C2
12,35 cal/cm ²	5,56 cal/cm ²

A metodologia do IEEE 1584 – 2002 é muito próxima ao valor obtido pela NESC C2.

Agora faremos a mesma reflexão para uma instalação na configuração fechada.

Um painel de distribuição de 13,80 kV – 20 kA, com tempo de interrupção de 680 ms, a uma distância de trabalho de 910 mm.

Primeiro vamos realizar o cálculo com as tabelas da NESC

Un = 15 kV (classe de tensão)

Icc = 20 kA

Work distance = 91 cm

Arc gap = 5,1 cm

Distance to arc = 80,8 cm (91 cm – 2 x 5,1)

Para a classe de 15 kV – 20 kA a equação que descreve a energia incidente é apresentada no Gráfico 1.

$E_i = 0,037 \cdot t$, onde:

$E_i \rightarrow$ Energia incidente [cal/cm²]

$t \rightarrow$ Tempo [ms]

Para um tempo de 680 ms a energia incidente na condição aberta a 38 cm é 25,16 cal/cm².

Agora temos que aplicar a proporção para mudar o “Distance to Arc” de 38 cm para 80,80 cm.

$$25,16 \cdot (38)^2 = E_i \cdot (80,80)^2$$

$$E_{i_OPEN} = 5,56 \text{ cal/cm}^2$$

Esse valor obtido é para arcos abertos na vertical, na condição “closed”, deve-se multiplicar por um valor de 3,7 a 6,5, conforme a Tabela 4.

$$E_{i_CLOSED} = 20,57 \text{ cal/cm}^2 \text{ (mínimo)}$$

$$E_{i_CLOSED} = 36,17 \text{ cal/cm}^2 \text{ (máximo)}$$

Para fins comparativos, veja abaixo estudo com diversos valores de energia incidente:

- Cálculo pelo método de Ralph Lee (previsto na NFPA 70E)
- Cálculo pelo método do IEEE – 1584 de 2002
- Cálculo pelo método do IEEE – 1584 de 2018 configuração vertical open air
- Extrapolação da NESC C2 com coeficientes do ArcPro

Ralph Lee	IEEE 1584 - 2002
115,95 cal/cm ²	17,77 cal/cm ²
IEEE 1584 - 2018	NESC – C2
15,27 cal/cm ²	36,17 cal/cm ²

Avaliando os resultados do IEEE – 1584 com as extrapolações pertinentes pela NESC C2, o valor se mostra bem conservativo, mas não chega ser tão discrepante como a metodologia de Ralph Lee.

Tomando como base as tabelas da NESC C2, podemos calcular os valores de energia incidente para painéis classe de tensão 24 e 36 kV.

Essas classes de tensão são muito importantes, pois são faixas bastante utilizadas na indústria e não existe uma outra metodologia que não seja as equações de arco com coeficientes de acomodação além da de Ralph Lee.

Vamos calcular a energia incidente de um painel isolado a ar classe 36 kV.

Referência normativa TABELA NESC C2

Configuração:

PAINEL AIS 36 kV

Curto-Circuito estimado 20 kA

Tensão: 34,5 kV

Configuração do painel:

Distância de trabalho = 910 mm ou 91 cm

Arc gap = 15,2 cm (conforme tabelas NESC classe de tensão 36 kV)

Distance to arc = 38 cm

Para 20 kA a equação de energia incidente conforme Gráfico 3

$$E_i = 0,064.t + 0,3454$$

$$t = 380 \text{ ms}$$

$$E_i = 24,66 \text{ cal/cm}^2 \text{ (condição aberto e a 38 cm de distância)}$$

Transformar para condição real de trabalho:

Distância de trabalho = 910 mm ou 91 cm

$$\text{Distância de cálculo} = 91 - 2 \cdot 15,2 = 60,60 \text{ cm}$$

Agora temos que aplicar a proporção para mudar o “Distance to Arc” de 38 cm para 60,60 cm.

$$24,66 \cdot (38)^2 = E_i \cdot (60,60)^2$$

$$E_{i_real} = 9,70 \text{ cal/cm}^2 \text{ (condição aberto)}$$

Para condição fechado multiplicar por 6,5

A energia incidente de 63,19 cal/cm².

Ralph Lee	NESC – C2
161,99 cal/cm ²	63,02 cal/cm ²

Quando comparado com a metodologia de Ralph Lee, a aproximação pelas equações de arco através da tabela NESC C2 é mais razoável.

Não é a metodologia ideal uma vez que toda ela foi desenvolvida para arcos monofásicos em ambiente aberto, mas é uma opção para cálculos nesta faixa de tensão com respaldo normativo.

No próximo capítulo vamos passar ao cálculo de energia incidente na alta tensão.

**Luiz Carlos Catelani Junior é engenheiro eletricista pela Unicamp, com ampla experiência em proteção de sistemas elétricos, subestações AT, linhas de transmissão elétrica e plantas industriais. Ao longo de sua carreira, tem desenvolvido atividades ligadas à geração de fontes renováveis, sendo, atualmente, um dos principais especialistas do país em análise de energia incidente de média e alta tensão – ATPV e Arc Flash.*

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

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



Produtos Homologados CEMIG

[exponencialmg](#)

www.exponencialmg.com.br

Rua Titânio 153 - Camargos - BH/MG
vendas@exponencialmg.com.br

(31) 3317-5150



Modernização da distribuição

Por Ana Carolina Ferreira da Silva e Lindemberg Reis*

Capítulo V

Perdas não técnicas e seus efeitos perversos: o Estado não pode cruzar os braços

Em maio de 2023 o grupo Light, controlador da distribuidora de energia que atende à cidade do Rio de Janeiro, entrou com pedido de recuperação judicial. Embora os arranjos jurídicos não afetem o negócio específico de distribuição, um alerta foi dado, já que uma das principais razões para a situação atual da Companhia é o alto nível de perdas não técnicas da área de concessão. Vale observar que essa decisão foi tomada em meio a um processo de prorrogação de concessão que vai impactar 20 empresas entre os anos de 2025-2030, incluindo a própria Light.

Sobre o regime de concessões, a Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, estabeleceu normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos, entre outras providências, e mais adiante a Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, instituiu a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, que disciplinaria sobre o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica.

Assim, a partir do final dos anos 90, uma leva de concessionárias foram desestatizadas com intuito de transferir ao setor privado a

responsabilidade de um serviço considerado essencial, na tentativa de aumentar a eficiência e qualidade do serviço prestado, já que a União, por questões diversas, não o estava fazendo.

Em contrapartida, ficaria a cargo do governo o papel de fiscalizar e regular, já que o segmento de distribuição é caracterizado como um monopólio natural. Desde então, a forma de regulação implementada está baseada no incentivo à eficiência. Na prática, a ANEEL – autarquia em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia – é o agente regulador que tem como objetivo principal garantir a qualidade do serviço prestado por meio de uma tarifa justa com relação ao retorno do investimento e módicas ao consumidor.

Décadas depois, é possível notar que houve uma melhora significativa do serviço de distribuição, demonstrando que a escolha pela iniciativa privada foi uma decisão assertiva, ficando a União com o papel de regular e fiscalizar. O Gráfico 1 mostra a evolução do indicador que mede a Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora – FEC, que reduziu mais que metade nos últimos 20 anos.

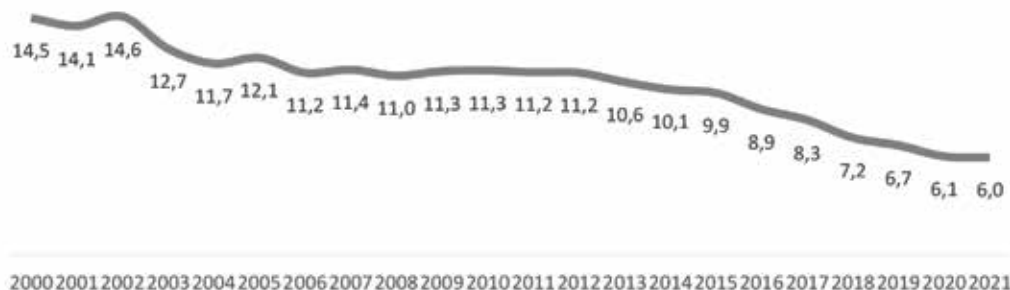


Gráfico 1 – Evolução da frequência de interrupções de energia.

Dentro desse panorama, a discussão acerca da saúde econômico-financeira de uma distribuidora de energia é importantíssima, dado o impacto que uma descontinuação do serviço pode causar aos consumidores da área de concessão, principalmente se considerarmos clientes de serviços essenciais, como poder público, hospitais etc.

Um dos princípios basilares da atuação da ANEEL é o incentivo à eficiência, que na prática representa um reconhecimento tarifário de custos prudentes, não permitindo que despesas consideradas ineficientes sejam repassadas nas tarifas de energia.

Metodologicamente, a cobrança por eficiência faz todo o sentido, já que o serviço de distribuição é um monopólio natural, no entanto, quando se fala de custos que têm origem em desequilíbrios sociais, relacionados a área de concessão em que as empresas de energia atuam, a cobrança por certos níveis de eficiência pode ser questionada.

Essa situação é exatamente o que ocorre com o custo de perdas elétricas na tarifa de energia. Pela metodologia implementada pela ANEEL, os custos eficientes das perdas de energia podem ser repassados na tarifa. É previsto um custo para as Perdas Técnicas (PT), que são inerentes ao processo de transporte de energia, e um limite para as perdas não técnicas (PNT), que são oriundas, em sua maioria, de furtos e fraudes. Esse repasse é algo necessário em países onde, por questões políticas e sociais, a população faz arranjos na

rede elétrica para usufruírem de energia sem o respectivo ônus.

Os resultados perversos dessa condição são, no mínimo, dois (mais explícitos):

O primeiro aspecto está relacionado à parcela reconhecida na tarifa, que acaba por aumentar o preço da energia para os demais consumidores. Em outras palavras, em regiões em que há elevado furto de energia, as tarifas tendem a ser mais altas, sendo que consumidores que não furtam, pagam por aqueles que o fazem.

O segundo aspecto diz respeito à saúde econômico-financeira da distribuidora, já a parcela repassada na tarifa, no geral, não é suficiente para arcar com todo o prejuízo das empresas devido aos furtos/fraudes. Consequentemente, em casos de permanência dessa situação por um longo período, as distribuidoras podem começar a apresentar problemas de caixa que podem comprometer a continuidade do serviço prestado.

Em 2022, o montante de perdas não técnicas incorrido pelas distribuidoras atingiu 33,2 TWh. A título de comparação, esse montante é o equivalente ao consumo dos usuários de baixa tensão dos Estados de Santa Catarina, Paraná, Mato Grosso do Sul e Espírito Santo, juntos. Note no Gráfico 2 que, apenas na área de concessão da Light, que é responsável pelo atendimento de 46 municípios no Estado do Rio de Janeiro, o montante é de 6,8 TWh (1/5 das PNT totais do Brasil).

Excelência em Transformadores

IRRIGAÇÃO
ENERGIA FOTOVOLTAICA
ENERGIA ELÉTRICA
INDÚSTRIA
MANUTENÇÃO

MINUZZI®

www.minuzzi.ind.br



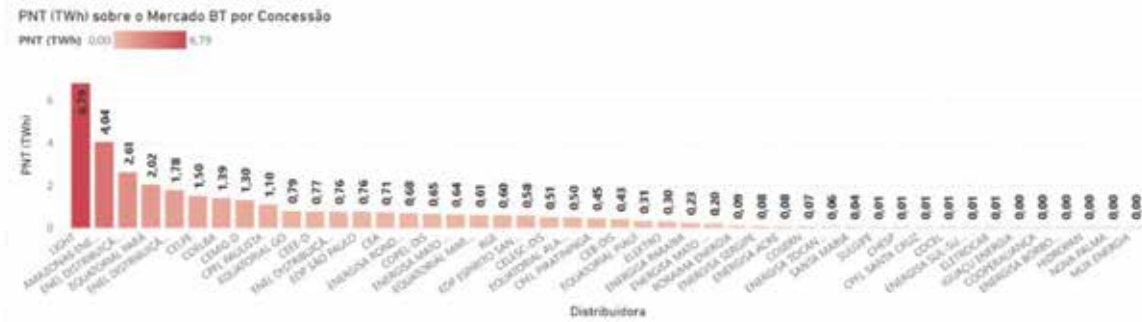


Gráfico 2 – Perdas não técnicas de 2022 em TWh.

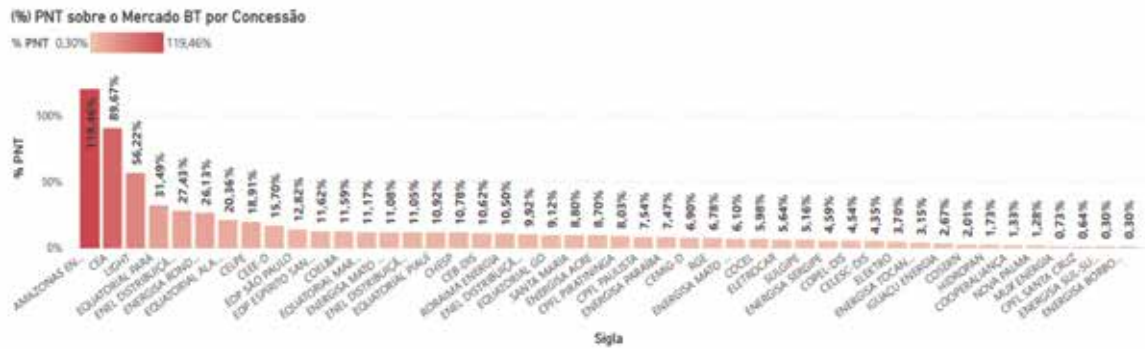


Gráfico 3 – Percentual de perdas não técnicas em relação ao mercado BT.

Contudo, para que esse custo seja considerado ou glosado na tarifa, a ANEEL analisa o percentual regulatório em relação ao mercado Baixa Tensão (BT) atendido pela distribuidora. Ao fazer essa relação nota-se que, comparativamente, as distribuidoras que são mais afetadas por PNT são as que estão em áreas de concessão com problemas socioeconômicos significativos, segundo classificação do IBGE.

A empresa Amazonas Energia (AmE) tem percentual de PNT acima de cem por cento, pois a quantidade de energia furtada é maior que o mercado BT atendido pela distribuidora. Outras distribuidoras com problemas graves são as recentes privatizadas CERON e CEA, a Equatorial PA, também na região Norte, Light e Enel RJ, no Rio de Janeiro.

Como relatado, essa situação gera custo, parte repassado aos demais consumidores e parte arcados pelas distribuidoras.

Essa despesa acontece, pois, as distribuidoras conhecendo que haverá perdas, precisa comprar energia adicional para suprir tanto as perdas técnicas quanto as não técnicas. Assim, a multiplicação do custo médio de energia pela quantidade de energia perdida representa o custo total dessa situação perversa.

O custo total de PNT em 2022 foi na ordem de R\$ 7,7 bilhões de reais, sendo R\$ 5,7 bilhões pagos por meio da tarifa de energia e R\$ 1,9 bilhão arcados pelos acionistas das distribuidoras.

Especificamente em relação a tarifa residencial de aplicação, o peso da PNT para as distribuidoras mais críticas, variou de 3,9% na Enel RJ até 13,4% na Amazonas Energia. Isto é, caso os demais consumidores da AmE não precisassem pagar pelos furtos e fraudes de energia, causado pelos infratores, eles poderiam estar arcando com uma tarifa quase 13,4% menor.



Gráfico 4 – Peso das PNT na tarifa residencial 2022.

Cobrecom

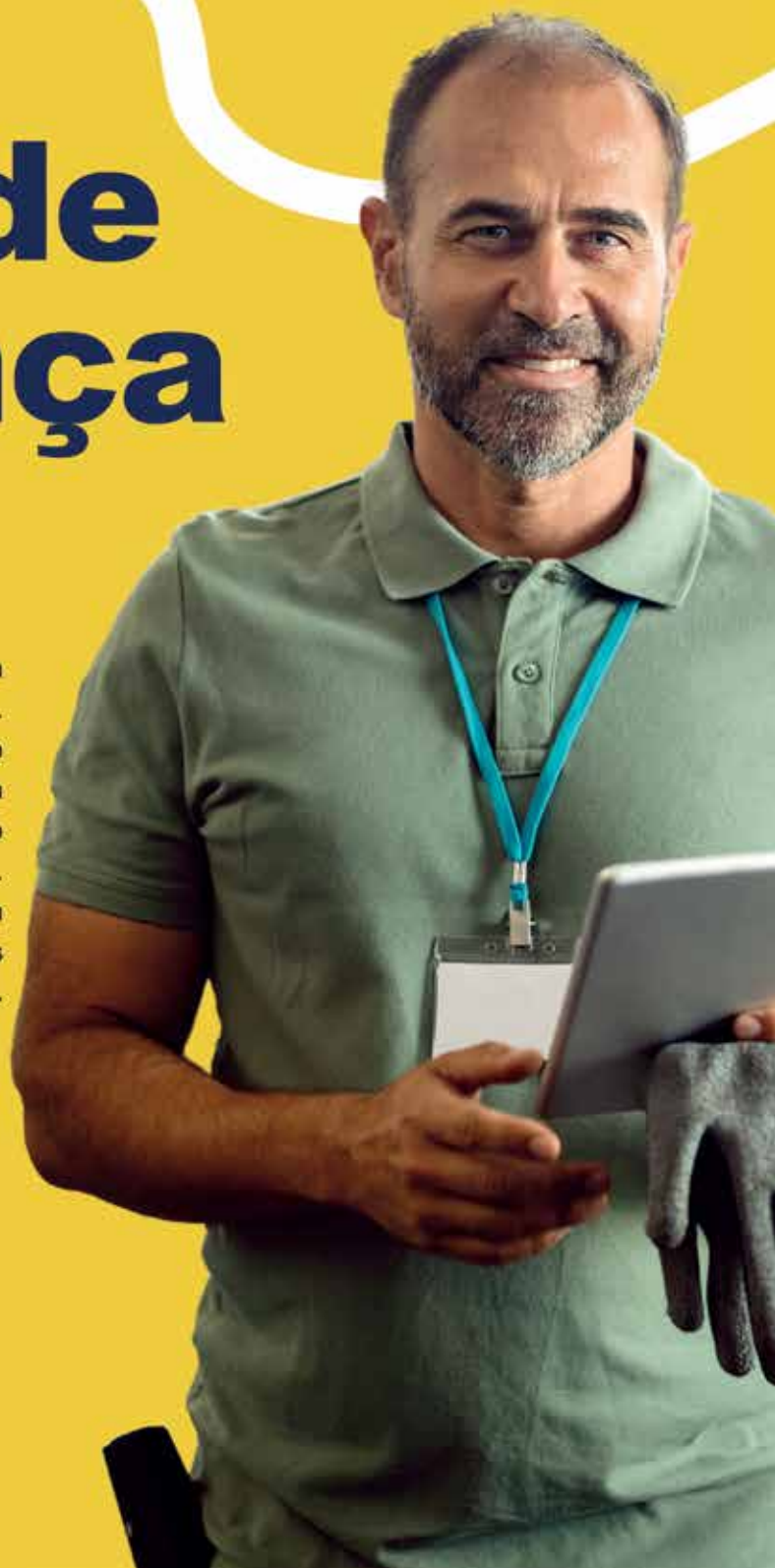


sua marca de confiança

Quem vive o mercado de fios e cabos de cobre sabe a responsabilidade que tem. Um único erro pode ser fatal. Por isso, trabalhar com uma marca de confiança não pode ser opção, mas regra. E marca de confiança é aquela que tem história sólida, controle em todo processo de fabricação e garante a pureza no seu cobre. É a marca que só recebe elogios, é utilizada e indicada pelos melhores profissionais e está presente em grandes empreendimentos. **Confiança é a marca da Cobrecom.**



www.cobrecom.com.br



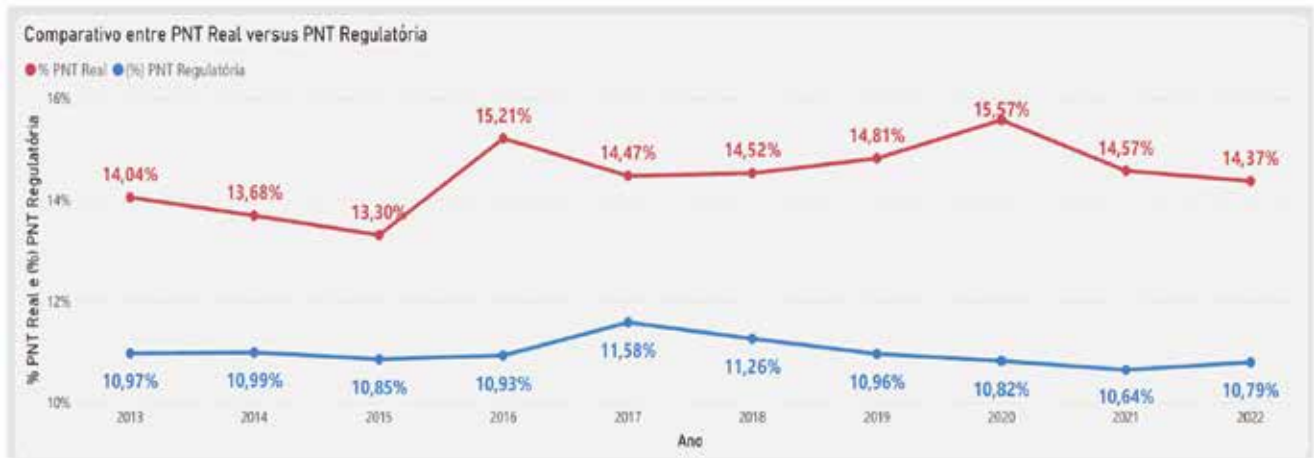


Gráfico 5 – Diferença entre PNT real e PNT regulatória.

Pelo lado da Distribuidora, os montantes não reconhecidos na tarifa acabam afetando o caixa da empresa, reduzindo recursos para operação e investimentos, o que prejudica o nível de qualidade da empresa. Isto é, cria-se um círculo vicioso, já que áreas de concessões críticas intensificam os níveis de PNT, que consequentemente pode afetar o caixa das distribuidoras resultando em menos recursos, comprometendo os níveis de qualidade do serviço prestado.

O que agrava a situação é que esse prejuízo não é algo isolado: o histórico mostra a permanência dessa condição, isto é, as empresas, em que pesem os vários estímulos à eficiência, não conseguem atingir o patamar regulatório, conforme se evidencia no Gráfico 5.

Em suma, quando se tem áreas como o Estado do Rio de Janeiro e a região Norte, há de se considerar que a gestão da concessionária é limitada. A própria metodologia da ANEEL considera estudos que demonstraram existir uma forte correlação entre as perdas não técnicas e a qualidade das instituições locais, a presença de fatores políticos e a atuação do poder público, além de variáveis representativas dos níveis de subnormalidade, educação, renda, desigualdade, índice de favelização e taxa de urbanização.

Baseado nessa constatação e nos dados apresentados de evolução dos números ao longo dos anos, percebe-se que o problema das PNT não é uma questão intrínseca do setor elétrico, e sim um problema social e, portanto, exige uma ação política, multidimensional.

As consequências disso são perversas para os consumidores e podem piorar, caso nada mais efetivo seja feito, urgentemente. O sinal da Light é uma luz amarela, ainda mais considerando o período de renovação das concessões.

Edmund Burke, filósofo, estadista e escritor irlandês que viveu no século 18 dizia que “Para que o mal prevaleça, basta que os homens de bem cruzem os braços”. É imprescindível que o tema PNT seja considerado com uma questão da concessão, e não da concessionária. A não participação do Estado nessa discussão pode ser um risco do ponto de vista dos incentivos operacionais e financeiros para que a iniciativa privada se mantenha responsável por um problema que, claramente, não é relacionado a sua competência.

**Ana Carolina Ferreira da Silva é economista, mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do ABC, com especialização em Contabilidade e Controladoria pela PUC Campinas. Desde 2008 atua no segmento de distribuição de energia elétrica e atualmente é assessora de regulação na ABRADDEE.*

**Lindemberg Nunes Reis é engenheiro eletricista, cursa atualmente mestrado em metrologia, inovação e smart grids na PUC-RJ, tem MBA em finanças pelo IBMEC-RJ e pós-graduação em sistemas de produção e refino de petróleo pelo SENAI-RJ. É formado em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora – MG e atualmente é Gerente de Planejamento e Inteligência de Mercado na ABRADDEE.*

Renováveis

ENERGIAS COMPLEMENTARES

Ano 5 - Edição 71 / Julho de 2023



Atitude.editorial



Capítulo V Os desafios e as soluções para a logística do hidrogênio verde

APOIO





FASCÍCULO HIDROGÊNIO VERDE

**Por Constantino Frate Junior.*

Capítulo V

OS DESAFIOS E AS SOLUÇÕES PARA A LOGÍSTICA DO HIDROGÊNIO VERDE

Os custos de transporte e armazenamento desempenharão um papel significativo na competitividade do hidrogênio

44

Se o hidrogênio puder ser usado perto de onde é produzido, esses custos poderão ser próximos de zero. No entanto, se o hidrogênio tiver que percorrer um longo caminho antes de ser usado, os custos serão altos.

O bom funcionamento das cadeias de valor do hidrogênio, em larga escala e intercontinentais, dependerá da capacidade e funcionalidade de armazenamento adequadas. Várias opções de armazenamento estão disponíveis atualmente, mas serão necessárias mais pesquisas para avaliar qual armazenamento provavelmente será viável em termos de volume, preço e velocidade de descarga.

A solução mais adequada deverá levar em conta sua baixa densidade de energia. A compressão, liquefação ou a incorporação do hidrogênio em moléculas maiores, são opções possíveis.

A mistura de hidrogênio nas redes de gás natural existentes daria um impulso no fornecimento de hidrogênio, sem incorrer nos custos de investimento e nos riscos de desenvolvimento de nova infraestrutura. Novas regulamentações nacionais que criem limites para as concentrações permitidas de hidrogênio no gás natural, ajudariam a facilitar essa mistura.

As opções de transporte do hidrogênio para o exterior só podem ocorrer com o produto nos formatos liquefeito, como amônia ou em transportadores de hidrogênio orgânico líquido (LOHCs). Os custos de conversão, antes da exportação e de reconversão de volta ao hidrogênio para utilização, são significativos. É provável que os dutos sejam a opção de longo prazo mais econômica para a distribuição local de hidrogênio, se houver uma demanda suficientemente grande,

sustentada e localizada. No entanto, a distribuição atual, geralmente, depende de caminhões, e é provável que esse, continue sendo o principal mecanismo de distribuição na próxima década.

Há várias regiões em que a importação de hidrogênio pode ser mais barata do que a produção local. A utilização final da amônia, diretamente no final, aumentaria ainda mais a competitividade das importações. No entanto, mesmo a importação não sendo a opção mais barata, alguns importadores de energia podem considerar importar, para aumentar a segurança energética.

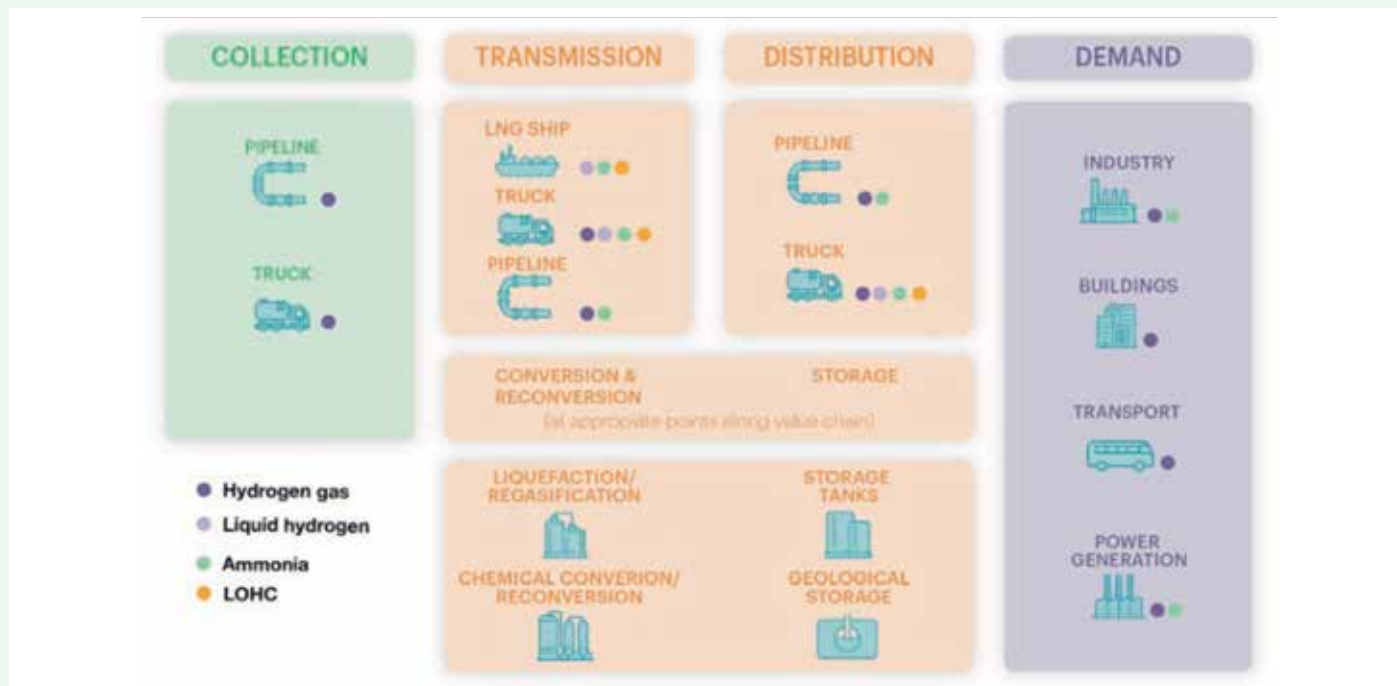
O hidrogênio desempenhará um papel significativo porque ele pode ser usado para armazenar energia em grandes quantidades, por longos períodos, e para transportá-la, por longas distâncias.

A competitividade das opções dependerá da distância em que é transportado, da escala e do uso final. O transporte de longa distância permitiria a exportar o hidrogênio de regiões de produção de baixo custo para outras, de alto custo. Para os países dependentes de importação de energia, melhoraria a diversidade de fontes de energia e aumentaria a segurança energética.

Neste artigo serão abordadas as possíveis opções de armazenamento e os transportadores de hidrogênio, tais como o uso das redes de gás natural para transportar e distribuir o hidrogênio, além das opções de entrega e as relativas ao armazenamento, transmissão e distribuição.

Existe ainda alto grau de incerteza em relação a essas questões, incluindo aquelas relacionadas aos futuros desenvolvimentos tecnológicos.

Dependendo do contexto e do tipo de transportador de hidrogênio, os vários componentes ilustrados na figura abaixo podem ser combinados em cadeias de valor, para a transmissão e distribuição de hidrogênio, levando a custos específicos do local.



ARMAZENAMENTO DE HIDROGÊNIO

Hoje o hidrogênio é mais comumente armazenado como gás ou líquido, em tanques para as aplicações móveis e estacionárias de pequena escala.

A operação em larga escala e intercontinental exigirá uma variedade muito maior de opções de armazenamento. Em um terminal de exportação, o armazenamento pode ser necessário, por um curto período, antes do embarque. Horas de armazenamento serão necessárias em estações de abastecimento de veículos, enquanto dias e semanas de armazenamento equilibrariam possíveis incompatibilidades entre a oferta e a demanda de hidrogênio.

Opções de armazenamento em maior volume e de prazo mais longo, serão necessárias se o hidrogênio for usado para compensar sazonalidades no fornecimento de eletricidade, ou para resiliência do sistema. O meio de armazenamento mais adequado dependerá do volume a ser armazenado, da duração do armazenamento, da velocidade de descarga e da disponibilidade das diferentes opções. Em geral, o armazenamento geológico pode ser uma excelente opção para armazenamento em larga escala e de longo prazo, enquanto os tanques são mais adequados para o armazenamento de curto prazo e em pequena escala.

ARMAZENAMENTO GEOLÓGICO

Cavernas de sal, reservatórios de gás natural ou petróleo esgotados e aquíferos, são opções possíveis para o armazenamento de hidrogênio em larga escala e a longo prazo [HyUnder, 2014; Kruck et al., 2013]. Atualmente, eles são usados para armazenamento de gás natural e proporcionam economias significativas, alta eficiência e baixos custos operacionais.

Os reservatórios de petróleo e gás esgotados geralmente são maiores do que as cavernas de sal, mas também são mais permeáveis e possuem contaminantes que teriam que ser removidos antes que o hidrogênio pudesse ser usado em células de combustível. Dentre as três opções, os aquíferos de água são a modalidade menos explorada de armazenamento geológico e há evidências mistas sobre sua adequação, ainda que tenham sido usados, anteriormente, por anos, para armazenar gás de cidade com 50-60% de hidrogênio.

Embora o armazenamento geológico ofereça uma perspectiva para o armazenamento de longo prazo e em larga escala, a distribuição geográfica, as suas grandes dimensões e os requisitos de pressão mínima dos locais, os tornam muito menos adequados para o armazenamento de curto prazo e em menor escala. Para essa aplicação, o tanque melhor se qualifica.

TANQUES DE ARMAZENAMENTO

Os tanques que armazenam hidrogênio comprimido ou liquefeito, têm taxas de descarga e eficiências de cerca de 99%, o que os torna apropriados para aplicações de menor escala em que um estoque local de combustível ou matéria-prima precisa estar prontamente disponível.

O hidrogênio comprimido tem apenas 15% da densidade de energia da gasolina, portanto, o armazenamento da quantidade equivalente de energia em uma estação de reabastecimento de veículos, exigiria quase sete vezes mais espaço. A amônia tem uma densidade de energia maior e, portanto, reduziria a necessidade de tanques tão grandes, mas essas vantagens devem ser ponderadas em relação às perdas de energia e ao equipamento para conversão e reconversão, quando o veículo for abastecido.



O armazenamento de hidrogênio em materiais de estado sólido, como hidretos metálicos e químicos, está em um estágio inicial de desenvolvimento, mas pode permitir que densidades ainda maiores de hidrogênio sejam armazenadas à pressão atmosférica.

Transmissão e distribuição de hidrogênio

A baixa densidade de energia do hidrogênio significa que pode ser muito caro transportá-lo por longas distâncias. Há várias opções possíveis para superar esse obstáculo, incluindo a compressão, a liquefação ou a incorporação do hidrogênio em moléculas maiores, que podem ser transportadas mais prontamente como líquidos. Em muitos países, existe uma extensa rede de gasodutos de gás natural que poderia ser usada para transportar e distribuir o hidrogênio. Uma nova infraestrutura também poderia ser desenvolvida, com redes dedicadas de dutos e embarcações, permitindo, potencialmente, o transporte de hidrogênio em larga escala no exterior. A escolha mais econômica variará de acordo com a geografia, distância, escala e o uso final necessário do hidrogênio.

MISTURA DE HIDROGÊNIO EM REDES DE GÁS NATURAL EXISTENTES

46

O desenvolvimento de uma nova cadeia do hidrogênio dependerá de uma bem-sucedida conexão da infraestrutura de produção, transmissão, distribuição, armazenamento e uso final. Isso exigirá um investimento coordenado de muitos participantes diferentes do mercado, que poderia ser um desafio para sua implementação. A utilização da infraestrutura de gás natural existente evitaria novos custos de capital no desenvolvimento de uma nova infraestrutura de transmissão e distribuição. Além disso, se a mistura for realizada em níveis baixos, o hidrogênio pode ser usado como combustível.

Aqui, será necessária adaptação das regulamentações nacionais existentes sobre o hidrogênio ao gás natural e nas regulamentações entre fronteiras.

Se parte da infraestrutura de quase 3 milhões de quilômetros (km) de gasodutos pudesse ser usada para transportar e usar o hidrogênio, isso poderia dar um grande impulso ao desenvolvimento dessa indústria. Por exemplo, uma mistura de 3% de hidrogênio na demanda global de gás natural (cerca de 3.900 bcm em 2018) exigiria cerca de 12 MtH₂.

A mistura de hidrogênio enfrenta uma série de desafios uma vez que a densidade de energia do hidrogênio é cerca de um terço da do gás natural e, portanto, uma mistura reduz o conteúdo energético do gás fornecido. Os usuários finais precisariam usar volumes maiores de gás para atender a uma determinada necessidade de energia. Da mesma forma, os setores industriais que dependem do carbono contido no gás natural (por exemplo, para o tratamento de metais) teriam de usar volumes maiores de gás.

Essa variação no volume de hidrogênio, misturado ao fluxo de gás natural, teria impacto na operação de equipamentos já projetados para gás natural e, possivelmente, na qualidade do produto de alguns processos industriais, portanto precisaria ser avaliado caso a caso. A harmonização dos limites de mistura entre as fronteiras é um passo crucial para apoiar a implantação.

As tubulações de polietileno já existentes podem suportar até 100% de hidrogênio. Entretanto, há outros elos da cadeia de valor do gás natural que não toleram altos níveis de hidrogênio misturado. A maior restrição reside no setor industrial, onde muitas aplicações não foram avaliadas em detalhes para a mistura de hidrogênio.

O método de controle de quanto hidrogênio foi injetado na rede e sua intensidade de carbono, chamado de "garantia de origem" – é essencial para o bom funcionamento desse mercado. Além das questões relacionadas à rede, as políticas para promover níveis mais altos de mistura, precisam incorporar estratégias de substituição de equipamentos nas diversas aplicações.

NOVA INFRAESTRUTURA DE TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE HIDROGÊNIO

Várias novas opções podem ser desenvolvidas para transportar o hidrogênio do seu ponto de produção até os usuários finais. Assim como o gás natural, o hidrogênio puro pode ser liquefeito antes de ser transportado para aumentar sua densidade. No entanto, a liquefação exige que o hidrogênio seja resfriado a 253°C negativos; se o próprio hidrogênio fosse usado para fornecer essa energia, esse processo consumiria cerca de 25% a 35% da quantidade inicial de hidrogênio (com base nas tecnologias atuais) (Ohlig e Decker, 2014). Isso é consideravelmente mais energia do que a necessária para liquefação do gás natural, que consome cerca de 10% da quantidade inicial de gás natural.

Uma alternativa é incorporar o hidrogênio em moléculas maiores, que podem ser facilmente transportadas como líquidos. As opções incluem amônia e LOHCs, que são muito mais fáceis de transportar do que o hidrogênio, mas geralmente não podem ser usados como produtos finais. Isso implica em energia e custos adicionais, que devem ser equilibrados com os custos de transporte mais baixos.

A transmissão de hidrogênio como gás por tubulação é geralmente a opção mais barata se o hidrogênio precisar ser transportado para distâncias inferiores a cerca de 1.500 km.

Para distâncias maiores, o transporte como amônia ou LOHC pode ser uma opção mais econômica, especialmente se o hidrogênio precisar ser transportado para o exterior.

VANTAGENS E DESVANTAGENS DA AMÔNIA E DAS LOHCs

A conversão de hidrogênio em amônia consome entre 7% e 18% da energia contida no hidrogênio, dependendo do tamanho e da localização do sistema (Aakko-Saksaa et al., 2018; Hansen, 2017; Bartels, 2008). Um nível semelhante de energia é perdido se a amônia precisar ser reconvertida novamente em hidrogênio de alta pureza em seu destino (Brown, 2017; Giddey, 2017).

No entanto, a amônia se liquefaz a -33°C, uma temperatura muito mais alta do que a do hidrogênio, e contém 1,7 vezes mais hidrogênio por metro cúbico do que o hidrogênio liquefeito, o que significa que é muito mais barato de transportar do que o hidrogênio. Embora a amônia já tenha uma rede internacional de transmissão e distribuição bem estabelecida, ela é um produto químico tóxico e isso pode limitar seu

ELETRO
transol
TECNOLOGIA

DISTRIBUINDO QUALIDADE

Eleto Transol a 37 anos no mercado, presente em 5 Estados e com a parceria dos maiores fornecedores do Brasil e do Mundo. Com um estoque completo de mais de 40.000 itens entre **Materiais Elétricos, Automação Industrial, Tecnologia, Energia Solar, Infraestrutura, Ferramentas, EPIs e muito mais.**

Uma equipe dedicada com mais de 390 Colaboradores especializados e sempre buscando ser uma referência em qualidade de produtos e serviços, prezando o melhor atendimento aos nossos clientes e fornecedores.

📍 **Av. Doutor Freitas, N° 101**
Belém/PA - ☎ 91 3204 7700

• **ELÉTRICA** • **CONSTRUÇÃO** • **TECNOLOGIA** • **INDUSTRIAL** • **HIDRÁULICA** • **SERVIÇOS**





uso em alguns setores de uso final. Há também o risco de que parte da amônia não queimada possa escapar, o que pode levar à formação de material particulado (um poluente atmosférico) e à acidificação.

A produção de um LOHC envolve "carregar" uma molécula "transportadora" com hidrogênio, transportá-la e depois extrair novamente o hidrogênio puro em seu destino. As LOHCs têm como sua principal vantagem poderem ser transportadas como líquidos, sem a necessidade de resfriamento e a pressão atmosférica. Entretanto, assim como no caso da amônia, há custos associados aos processos de conversão e reconversão. Além disso, as moléculas transportadoras no LOHC geralmente são caras e somente podem ser utilizadas em um número limitado de ciclos no processo.

TRANSMISSÃO DE LONGA DISTÂNCIA

O transporte de energia por longas distâncias é mais fácil quando a energia é um combustível químico em vez de eletricidade. Os combustíveis químicos tendem a ter altas densidades de energia, não sofrem perdas durante o transporte, beneficiam-se de economias de escala e permitem o comércio ou a transmissão, ponto a ponto, em redes de grande porte. A maior parte do gás natural e do petróleo é transportada ao redor do mundo em dutos e navios de grande escala, e essas duas opções, também podem ser usadas para o hidrogênio e os transportadores de hidrogênio.

DUTOS

Os dutos têm baixos custos operacionais e vida útil entre 40 e 80 anos. Suas duas principais desvantagens são os altos custos de capital envolvidos e a necessidade de adquirir direitos de passagem. Isso significa que a certeza da demanda futura de hidrogênio e o apoio do governo são essenciais para que novos gasodutos sejam construídos. Os dutos de transmissão de gás natural de alta pressão existentes poderiam ser convertidos para fornecer hidrogênio puro no futuro se não forem mais usados para gás natural, mas sua adequação deve ser avaliada caso a caso e dependerá do tipo de aço usado na tubulação e da pureza do hidrogênio.

A amônia é frequentemente transportada por dutos, e novos dutos para amônia, seriam mais baratos do que novos dutos para hidrogênio puro.

Os LOHCs são semelhantes ao petróleo bruto e ao diesel e, portanto, poderiam usar os oleodutos existentes. No entanto, a necessidade de transferir o transportador de hidrogênio de volta ao seu local de origem, para ser recarregado com hidrogênio, por caminhão ou por um oleoduto paralelo, operando na direção oposta, torna o processo complicado e caro.

TRANSPORTE MARÍTIMO

A possibilidade de exportação e importação de hidrogênio tem resultado em um interesse significativo no uso de navios neste comércio. Atualmente, não há navios que possam transportar hidrogênio puro. Esses navios seriam, em linhas gerais, semelhantes aos navios de GNL e exigiriam que o hidrogênio fosse liquefeito antes do transporte. Embora tanto os navios quanto o processo de liquefação impliquem em custos significativos, vários projetos estão procurando

ativamente desenvolver navios adequados. A expectativa é que esses navios sejam alimentados por hidrogênio, que se desprende durante a viagem. A menos que um líquido de alto valor possa ser transportado na direção oposta no mesmo navio, os navios precisariam retornar vazios.

Entre os transportadores de hidrogênio, o mais desenvolvido em termos de transmissão intercontinental é a amônia, que depende de navios-tanque de gás liquefeito de petróleo (GLP) químico e semirrefrigerado.

Os LOHCs seriam a forma mais fácil de transportar o hidrogênio por navio, porque os navios-tanque de derivados de petróleo poderiam ser usados, no entanto, o custo de conversão e reconversão deve ser considerado. Os navios também precisariam retornar com o transportador original, aumentando a complexidade das rotas de suprimento.

Quando o hidrogênio chega ao terminal de importação ou ao centro de transmissão, a distribuição local é necessária para entregá-lo aos usuários finais. Assim como na transmissão, as melhores opções para fazer isso para o hidrogênio, amônia e LOHCs, dependerão do volume, da distância e das necessidades do usuário final.

CAMINHÕES

Atualmente, a distribuição de hidrogênio depende, principalmente, de caminhões com reboque de gás comprimido para distâncias inferiores a 300 km. Em vez disso, os caminhões-tanque de hidrogênio líquido costumam ser usados quando há demanda confiável e os custos de liquefação podem ser compensados pelos custos unitários mais baixos do transporte de hidrogênio.

Em ambos os casos, o hidrogênio é distribuído em tubos, que são carregados em reboques. Os caminhões podem ser usados para distribuir amônia ou LOHCs de maneira muito semelhante.

TUBULAÇÕES

Muitas tubulações modernas de distribuição de gás de baixa pressão são feitas de polietileno ou polímero reforçado com fibra e, em geral, seriam adequadas para o transporte de hidrogênio com algumas pequenas atualizações.

Novos dutos dedicados à distribuição de hidrogênio representariam um custo de capital mais significativo. A distribuição de amônia por tubulação em longas distâncias seria menos dispendiosa, mas provavelmente só será atraente se houver uma grande demanda por amônia, dados os custos de conversão da amônia em hidrogênio, antes do uso.

Da mesma forma que a transmissão, a distribuição de LOHCs por tubulação provavelmente será de alto custo, dada a necessidade de retornar as moléculas transportadoras ao seu local de origem, no final do processo.

CUSTOS DE DISTRIBUIÇÃO LOCAL

Embora os caminhões que transportam gás hidrogênio distribuam a maior parte do hidrogênio atualmente, essa é uma opção de custo relativamente alto.

À medida que a distância de distribuição aumenta, os dutos se tornam cada vez mais competitivos em termos de custo em relação aos caminhões. Uma consideração fundamental para a distribuição é a quantidade de hidrogênio necessário para o usuário final. Se forem necessários grandes volumes, podem ser usados tubos maiores, o que reduz o custo da entrega.

Os custos também dependem muito do uso final necessário do hidrogênio. Se o hidrogênio puro for necessário, o custo adicional de extrair o hidrogênio da amônia ou de um LOHC, deve ser considerado.

CUSTO TOTAL DE FORNECIMENTO E ARMAZENAMENTO DE HIDROGÊNIO

O custo total da entrega do hidrogênio aos usuários finais deve levar em conta todos os estágios possíveis da cadeia de suprimentos. Os diferentes transportadores de hidrogênio e modos de transporte têm custos de conversão, transmissão, distribuição, armazenamento e reconversão muito diferentes.

Embora uma opção possa ser mais barata para uma parte específica da cadeia de valor, isso pode ser compensado por custos mais altos em outras partes da cadeia. As várias tecnologias envolvidas também estão em diferentes graus de maturidade e, portanto, têm potenciais de redução de custos futuros muito diferentes. Pode haver espaço para sinergias entre os requisitos de energia, calor e armazenamento.

Estudos indicam que, no futuro, pode ser mais barato importar hidrogênio do que produzi-lo internamente. Nesse quesito, pelo fato de o Brasil, em especial o Nordeste, possuir um elevadíssimo potencial de geração de energias renováveis, o país pode ser uma das mais econômicas globais para fontes de suprimento de hidrogênio.

FONTES BIBLIOGRÁFICAS

Aakko-Saksaa, P. T. et al. (2018), "Liquid organic hydrogen carriers for transportation and storing of renewable energy – Review and discussion", *Journal of Power Sources*, Vol. 396, pp. 803–23, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2018.04.011>.

Abbott, D. J., J. P. Bowers and S. R. James, "The impact of natural gas composition variations on the operation of gas turbines for power generation", *The Future of Gas Turbine Technology 6th International Conference*, 17–18 October 2012, Brussels, Belgium, https://gasgov-mst-files.s3.euwest-1.amazonaws.com/s3fs-public/ggf/Impact%20of%20Natural%20Gas%20Composition%20-%20Paper_0.pdf [accessed 5 April 2019].

Altfeld, K. and D. Pinchbeck (2013), "Admissible hydrogen concentrations in natural gas systems", *Gas Energy*, www.gas-for-energy.com/products/2013-admissible-hydrogen-concentrations-in-naturalgas-systems-1/.

Bartels, J.R. (2008), "A feasibility study of implementing an Ammonia Economy", Iowa State University, <https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2119&context=etd>.

Brown, T. (2017), "Round-trip efficiency of ammonia as a renewable energy transportation media", *Ammonia Energy*, www.ammoniaenergy.org/round-trip-efficiency-of-ammonia-as-a-renewableenergy-transportation-media/.

Bünger, U. et al., (2014). "Power-to-Gas (PtG) in transport: Status quo and perspectives for development", *Report to the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (BMVI), Germany*. CCC [Committee on Climate Change]

(2018), "Analysis of alternative UK heat decarbonisation pathways (Imperial), Supporting data", www.theccc.org.uk/publication/analysis-of-alternative-uk-heatdecarbonisation-pathways/.

CCC [Committee on Climate Change] (2018), "Analysis of alternative UK heat decarbonisation pathways (Imperial), Supporting data", www.theccc.org.uk/publication/analysis-of-alternative-uk-heatdecarbonisation-pathways/.

Dolci, F., et al. (2019), "Incentives and legal barriers for Power-to-Hydrogen pathways: An international snapshot", *International Journal of Hydrogen*, doi:10.1016/j.ijhydene.2019.03.045.

DNV GL (2017), "Verkenning Waterstofinfrastructuur"(Reconnaissance hydrogen infrastructure), OGNL. 151886, Rev. 2, www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/TKI%20Gas/publicaties/DNVGL%20rapport%20verkenning%20waterstofinfrastructuur_rev2.pdf

Eurogas (2018), "Eurogas discussion paper for the gas package (2020)", Position Paper No. 18PP309, <https://eurogas.org/website/wp-content/uploads/2018/10/18PP309-Eurogas-discussion-paper-for-2020-gas-package-October-2018.pdf> [accessed 5 April 2019].

Giddey, S. et al. (2017), "Ammonia as a renewable energy transportation media", *ACS Sust. Chem. Eng.*, Vol. 5, Issue 11, pp. 10231–39, doi: 10.1021/acssuschemeng.7b02219.

Haeseldonckx, D. and W. D'haeseleer (2007), "The use of the natural-gas pipeline infrastructure for hydrogen transport in a changing market structure", *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 32, Issues 10–11, pp. 1381–6.

IAE (Institute of Applied Energy) (2019), "Economic Evaluation and Characteristic Analyses for Energy Carrier Systems, Final Report 2016", Japan, updated in 2019. Also presented in: Y. Mizuno et al., "Economic analysis on International Hydrogen Energy Carrier Supply Chains", *Journal of Japan Society of Energy and Resources*, Vol. 38, No.3. pp. 11. www.jstage.jst.go.jp/article/jjser/38/3/38_11/_article/-char/en

Lord, A.S., P. H. Kobos and D. J. Borns (2014), "Geologic storage of hydrogen: Scaling up to meet city transportation demands", *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 39, Issue 28, pp. 15570–82.

Melaina, M., O. Antonia, and M. Penev (2013), "Blending hydrogen into natural gas pipeline networks: A review of key issues", *National Renewable Energy Laboratory (TP-5600-51995)*, <https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/51995.pdf>.

Speirs, J. et al. (2017), *A Greener Gas Grid: What are the Options? Sustainable Gas Institute*, Imperial College London, www.sustainablegasinstitute.org/wp-content/uploads/2017/12/SGL-A-greengas-grid-what-are-the-options-WP3.pdf?noredirect=1 [accessed 5 April 2019].

Weidner, E. et al. (2016), "Sector Forum Energy Management/Working Group Hydrogen Final Report", *Joint Research Centre (JRC)*.

Wulf, C. and P. Zapp (2018), "Assessment of system variations for hydrogen transport by liquid organic hydrogen carriers", *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 43, pp. 11884–95, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.01.198>.

***Constantino Frate Junior é Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal do Ceará, com especializações em Projetos de Equipamentos na Petrobras/COPPE, em Engenharia da Qualidade pela American Society for Quality Control (EUA) e Master em Gestão Estratégica de Negócios pela Universidade de São Paulo (USP). Atualmente é Coordenador do Núcleo de Energia da Federação das Indústrias do Ceará.



Lilian Ferreira Queiroz é engenheira eletricista, formada pela Universidade Federal de Uberlândia, com MBA Executivo em Liderança e Gestão de Empresas Estatais, MBA em Liderança, Inovação e Gestão 3.0 e MBA Executivo - Setor Elétrico. Membro do Cigré e especialista em confiabilidade e gestão de ativos. Atualmente, é Superintendente de Gestão da Manutenção na Eletrobras Eletronorte.



Alinhamento estratégico para o gerenciamento de ativos



As organizações de capital intensivo, principalmente de infraestrutura e que estão fundamentadas em operações de ativos físicos, como energia elétrica, aeroportos, transporte, siderurgia, saneamento, adquirem ativos para entregar produtos ou serviços alinhados ao seu fim. Ou seja, além de um forte foco na gestão física dos ativos, há uma necessidade de ter um foco na gestão financeira, pois elas devem demonstrar a sustentabilidade financeira ou a lucratividade.

Quando os ativos não possuem um desempenho esperado, impactando em indisponibilidades, redução de preço das ações e falhas no cumprimento de metas corporativas, a equipe gestora deve realizar um alinhamento entre o valor monetário que se espera do ativo e os ganhos financeiros.

Um impacto importante relacionado à decisões de curto prazo, podem comprometer significativamente os resultados financeiros a longo prazo, principalmente quando há reduções orçamentárias desalinhadas no gerenciamento de ativos. Quando as decisões de redução orçamentária são feitas contabilizando apenas o custo, os cortes de capital e orçamentos para o processo de manutenção e operação, elas podem trazer algum alívio para as demonstrações de resultados no curto prazo. O problema é que, abordagens desequilibradas e desalinhadas para gerenciar ativos, têm consequências

financeiras que podem ser medidas em bilhões em custos evitáveis.

As normas de gerenciamento de ativos aumentaram significativamente a conscientização de que gerenciar ativos é buscar o equilíbrio no triângulo custo, risco e desempenho. Com as interações corretas entre finanças e gerenciamento de ativos, uma companhia pode ter mais visibilidade dessas métricas. Especialistas da área já devem ter a capacidade de mantê-los em equilíbrio, e para isto, os processos da empresa devem estar alinhados.

E isso se configura quando há alinhamento da gestão de ativos à gestão estratégica empresarial. E ainda, ganhos mensuráveis também são medidos quando se alinha a gestão técnica e a gestão financeira, ou seja, a gestão técnica dos ativos não pode ser otimizada sem a vinculação ao sistema de gestão financeira. O contrário é válido, os objetivos do planejamento financeiro de longo prazo e a distribuição dos recursos e investimentos não podem ser efetivamente alcançados sem a vinculação aos dados de operação e desempenho do sistema de gerenciamento técnico de ativos.

As normas de gestão de ativos trazem um aspecto relacionado ao ciclo de vida do ativo, compreendendo todas as etapas seguintes: momento em que se detecta a necessidade de um ativo; a necessidade de ampliação do negócio; elaboração de

projetos; e responsabilidades após o fim de uso desses ativos. A gestão de ativos físico resulta em uma política clara do processo de renovação de ativos, os quais devem ser renovados, modernizados e a definição de até aqueles que devem desempenhar suas funções ao máximo de vida.

Neste mesmo contexto, são avaliados os momentos quando:

- Os custos operacionais e/ou de manutenção durante a vida remanescente do ativo excedem o custo de substituição/renovação;
- Risco iminente de falha do ativo;
- Impacto de uma provável falha supera o custo de substituição;
- Uma provável falha pode comprometer a confiabilidade e a segurança do sistema e de pessoas.

Para se alcançar o alinhamento é necessária uma abordagem de participação das diversas equipes da companhia. Assim, a organização será mais eficaz e eficiente, pois cada área participa da tomada de decisão e possui sua responsabilidade no processo, com o objetivo de atingir as metas organizacionais. Assim, por meio da aplicação dos padrões, as organizações se moverão no sentido de maximizar o valor, que pode derivar para todas as partes interessadas, gerenciando os ativos com um equilíbrio adequado.

sil.com.br

**SIL, CONECTADA
COM PEQUENAS
E GRANDES
OBRAS.**

CABO FLEXÍVEL SILNAX 0,6/1 kV HEPR 90 °C



Pensou nos cabos grossos para o padrão de entrada do seu projeto, use os **Cabos Flexíveis Silnax 0,6/1 kV HEPR 90°C**, que podem ser utilizados em todos os métodos de instalações descritos da tabela 33 - Tipos de Linhas Elétricas, da norma NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

SIL, energia e proteção de qualidade.

Sil

Conectada com o futuro.



SIL ESTÁ NA REDE!
SIGA-NOS

Por Bruno N. Aires, Eduardo F. da Costa, João B. Rosolem, e Carlos A. M. do Nascimento*



Redes Sinérgicas – o conceito e a plataforma tecnológica

Resumo

Redes Sinérgicas (RS) são um novo conceito de plataforma tecnológica inovadora, que surgiu da motivação de um sistema smart grid óptico para monitoramento de condutores rompidos em linhas aéreas. RS foi o termo estabelecido para essa tecnologia pelo significado da palavra sinergia, que é a associação concomitante de vários dispositivos desempenhando determinadas funções, que contribuem para uma ação coordenada (Smart Grid). Em outras palavras, isso significa a soma dos esforços promovidos por um sistema para o mesmo fim (eficiência operacional). O conceito e sua plataforma foram desenvolvidos e estão em operação experimental real no Brasil, desde 2014. O objetivo deste artigo será apresentar o desenvolvimento desse conceito, aplicado nas redes de distribuição e transmissão de energia elétrica, por meio de resultados obtidos em Projetos de P&D da Aneel, que a Cemig foi a principal financiadora.

Introdução

A infraestrutura de redes de distribuição está com os postes sobrecarregados devido à coexistência de diversas redes, como: telecomunicações, monitoramento de segurança, operação e controle de tráfego, dentre outros. Do ponto de vista das boas práticas, essas estruturas são instaladas de forma inadequada, comprometendo a confiabilidade e o uso para o Smart Grid.

Com o uso da rede sinérgica nas redes de distribuição, haverá uma redução na quantidade de cabos nos postes, uma vez que as fibras ópticas estarão integradas aos cabos de energia, reduzindo poluição visual, acidentes e esforços mecânicos nos postes. Já para as linhas de transmissão, o conceito de RS pode ser utilizado como uma maneira de se ter um meio de comunicação (fibra óptica) confiável e disponível para diversos usos, como: sensoriamento; automação; comunicação entre subestações etc.

Este artigo apresenta a RS, que é um conceito que foi desenvolvido pelo CPQD e Cemig há cerca de 9 anos. O conceito propõe a utilização de fibras ópticas integrada aos cabos condutores de transmissão e distribuição de energia elétrica para atender as demandas de comunicação, sensoriamento e automação das redes inteligentes (Smart Grid). As redes sinérgicas permitem uma melhor supervisão e controle dos ativos das redes elétricas, além de garantir a qualidade no fornecimento de energia e o compartilhamento de fibras ópticas para sistemas de telecomunicações de banda larga.

Aplicações de redes sinérgicas

LINHAS AÉREAS DE TRANSMISSÃO (LT) DE ATÉ 138 kV

A primeira aplicação de redes sinérgicas foi no âmbito do projeto de P&D Aneel Cemig D520, de 2016 (1), que teve como

objetivo o desenvolvimento de um sistema óptico para monitorar a integridade física de cabos condutores de linhas de transmissão aéreas utilizando sensoriamento óptico. O sistema foi baseado na implantação do protótipo de cabo óptico Linnet do tipo OPDC (Optical Phase Cable) e de Isoladores especiais, com as fibras ópticas encaminhadas através dos seus núcleos, em ambas as extremidades da linha. A Figura 1 apresenta o Isolador elétrico utilizado para realizar as emendas e derivações das fibras ópticas dos cabos OPDC, já a Figura 2, apresenta a aplicação do conceito RS em LT de 138 kV.



Figura 1 - Isolador óptico elétrico 138 kV.



Figura 2 - Aplicação do conceito RS em LT de 138 kV.

REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE MÉDIA TENSÃO DE ATÉ 35 kV

O desenvolvimento da aplicação da RS na média tensão ocorreu no âmbito dos projetos de P&D Aneel Cemig D566 (2) e D613 (3), e também houve apoio da indústria nacional, como a Furukawa, por meio do financiamento Embrapii, que forneceu a primeira geração dos condutores ópticos de distribuição de energia com fibras ópticas integradas (denominado OPDC), e da Balestro Isoladores Elétricos, que juntamente com o CPQD, desenvolveu a Mufla Óptica e a Caixa de Emenda Suportada por Bucha Isoladora para a Classe de até 35 kV, que possibilitam o acesso às fibras ópticas para realização de emendas, derivações e terminações.

As conexões elétricas nos cabos OPDC podem ser realizadas

utilizando grampos paralelos ou conectores tipo cunha, porém, somente os que são aplicados com dispositivos de prensagem. Os conectores devem ser criteriosamente especificados e instalados para evitar deformações excessivas no núcleo dos cabos OPDC e, conseqüentemente, comprometer o desempenho das fibras ópticas. Até o momento existem 3 tipos diferentes de cabos OPDC: os cabos mensageiros, os cabos OPDC fase protegidos, para serem usados na rede compacta, e os cabos OPDC fase nus, podendo ser eles CAA ou CA, todos eles com uma capacidade máxima de até 48 fibras ópticas. A Figura 3 apresenta os elementos dessa aplicação.

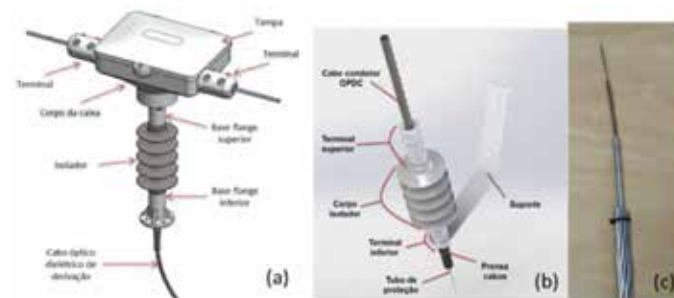


Figura 3 - Elementos da RS de média tensão: (a) Caixa de Emenda Suportada por Isolador, (b) Mufla Óptica e (c) Cabo condutor com fibras ópticas integradas (OPDC)

REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE BAIXA TENSÃO:

A Rede Sinérgica para baixa tensão, diferente das outras duas aplicações, não é baseada na utilização de um cabo condutor com fibras ópticas integradas. Ela é baseada na utilização de um cabo multiplexado isolado (convencional) contendo duas ou três fases, porém adicionalmente aos cabos é encordoado também um ou mais microduto(s), que possibilitam a instalação de um ou mais cabos ópticos, logo após a sua instalação, ou no futuro mais distante, conforme apresentado na Figura 4.

A agregação do microduto ao cabo multiplexado otimiza a infraestrutura das redes aéreas, pois unifica, em um único caminho e espaço, a rede de distribuição de energia elétrica de baixa tensão e a rede óptica de telecomunicações.

O cabo multiplexado com o microduto viabiliza a construção de redes ópticas com grande capacidade de fibras ópticas, definida em função da relação entre o diâmetro interno do microduto e do diâmetro externo do cabo óptico. Por exemplo, nem um microduto de aproximadamente 10 mm de diâmetro interno, é possível lançar um cabo de até 144 fibras ópticas utilizando a tecnologia de microcabos.

A instalação/lançamento dos cabos multiplexados, com as respectivas terminações dos microdutos, deve ser realizada pelos técnicos da distribuidora de energia, mas as demais operações relativas ao sistema óptico poderão ser realizadas pelas empresas de telecomunicações em um outro momento, não atrasando o religamento da rede elétrica.

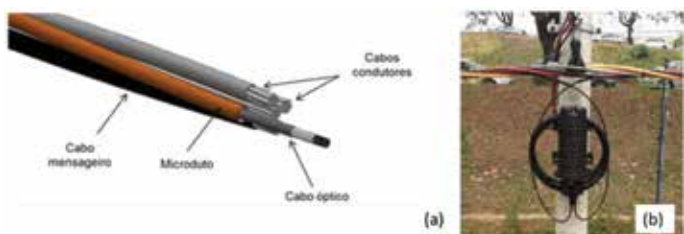


Figura 4 - Elementos da RS de baixa tensão: (a) Cabo Multiplexado Sinérgico e (b) Caixa de emenda óptica.

Para validar as diversas aplicações das “Redes Sinérgicas” foram implantadas redes piloto no campus da UniverCemig, em Sete Lagoas – MG. Para a Aplicação em alta tensão, foi instalado um trecho de rede de 138 kV utilizando o cabo OPPC Linnet. Nessa aplicação, as fibras ópticas do cabo foram utilizadas para monitorar a integridade dos cabos em vãos críticos, concomitantemente com um sistema CWDM, para comunicação em banda larga, conforme apresentado na Figura 5.



Figura 5 - Construção da RS em LT para testes na UniverCemig: (a) realização das emendas na base do isolador óptico e elétrico 138 kV, (b) instalação do arranjo com o condutor OPPC e (c) rack com as terminações das fibras ópticas e os equipamentos da rede óptica, CWDM e OTDR, na central de controle.

Foi implantada também a rede sinérgica de média tensão na Classe de 13,8 kV. Nessa implantação, foram utilizados cabos OPDC protegidos, nus e mensageiros, em trechos de redes de distribuição compacta e convencional. Para realizar as terminações e emendas das fibras ópticas, foram utilizadas muflas ópticas, que são isoladores elétricos especiais que permitem a passagem da fibra óptica em seu interior. Os detalhes dessa implantação são apresentados na Figura 6.



Figura 6 - Detalhes da implantação da RS de Média Tensão 13,8 kV.

No mesmo trecho onde foi instalada a rede sinérgica de média tensão, também foi instalada uma rede sinérgica de baixa tensão, conforme é apresentado na Figura 7.

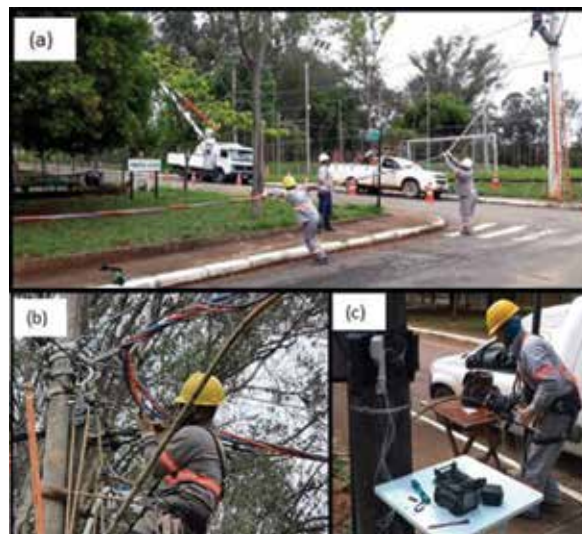


Figura 7 - Detalhes da implantação da RS de baixa tensão: (a) Puxamento do cabo multiplexado, (b) passagem do cabo óptico e (c) realização das emendas ópticas.

Aplicações práticas

Na UniverCemig, onde foi instalada a primeira Rede Sinérgica Piloto, para testar e potencializar os resultados dos projetos envolvidos, foram instaladas algumas aplicações utilizando as fibras ópticas da RS, tais como: câmeras de vídeo monitoramento; sensores de qualidade de energia (4); access point; sistema de monitoramento óptico de intrusões; denominado Fence Lite; e um sistema de supervisão da rede óptica. A Figura 8 apresenta algumas dessas aplicações.

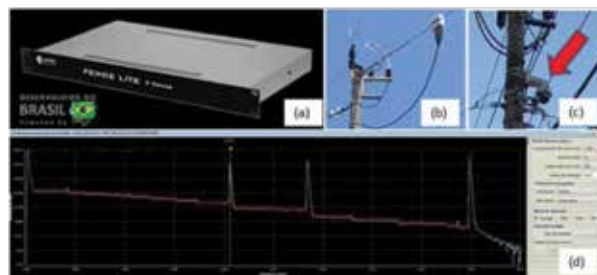


Figura 8 - (a) Sistema de Monitoramento de Perímetro - (b) Sensor Óptico de Qualidade de Energia - (c) Câmera de vídeo monitoramento - (d) SRO - sistema de supervisão óptica.

Além das aplicações instaladas na UniverCemig, nos últimos 15 anos, a Cemig, em parceria com CPQD, têm investido em diversos projetos de P&D, na área de monitoramento e controle de ativos de T&D, a fim de modernizar esses ativos, com uso de tecnologia óptica, como elemento sensor e como elemento de transmissão de dados (1). A TABELA 1 apresenta algumas das possibilidades de uso do conceito Redes Sinérgicas em Linhas de Transmissão, e a Figura 9, apresenta a representação didática dessas aplicações.

BR6

Painel Compacto SF6 até 36kV
Testado conforme NBR IEC 62271-200



Uso abrigado



Uso ao tempo

G2 SLIM

Painel isolado à AR até 17,5kV
Testado conforme NBR IEC 62271-200



Uso abrigado



Uso ao tempo

BR-POWER

Transformador a seco MT até 36,2kV
Testado conforme NBR 5356



Uso abrigado

[IP00, IP21 e IP23]



Uso ao tempo

[IP54]

PROSE7

Painel de baixa tensão até 1000V
Testado conforme NBR IEC 61439



Uso abrigado



Uso ao tempo



Nova Unidade

BRVAL

Sorocaba-SP

TABELA 1 – NOVAS APLICAÇÕES DO CONCEITO RS EM LT COMO UMA INFRAESTRUTURA COMPARTILHADA

Elemento	Função Primária	Função Secundária
Cabo OPGW, cabo neutro e cabo guarda	Telecomunicações em banda larga (backbone)	IoT e Indústria 4.0
Condutores – OPPC e OPDC	Redundância de canais para teleproteção	Sensoreamento pontual ou distribuído (tensão, temperatura e vibração)
Isolador óptico e elétrico, muflas ópticas e caixa de emendas	Infraestrutura de rede inteligente	Integridade física do condutor (1)
Partes estruturais: torres, postes e fundações	Intranet ou Internet (redes internas ou externas)	Vídeo Monitoramento
	Redes SmartGrids	Deteção de fumaça e fogo
		Medição de Ruído Elétrico
		Automação Rede Distribuição até o AMI

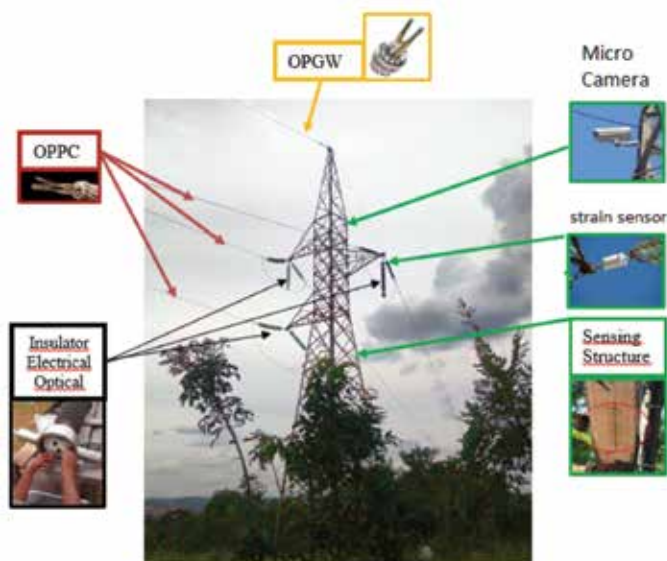


Figura 9 - Representação de uma aplicação do conceito RS com suas funções agregadas.

Desenvolvimentos futuros

A presença de fibras ópticas juntas aos condutores e cabos de energia elétrica, abre outras possibilidades, talvez ainda não imaginadas, principalmente em gestão de ativos. Mas para isso, é necessário ter o conceito RS em escala industrial como opção e padrão dos novos projetos. Assim, o conceito RS inovou quando os meios de comunicação e os sensores estão diretamente conectados da alta tensão até na baixa tensão. No futuro próximo, estima-se que todos os equipamentos de GTD possam ser projetados e construídos com fibras ópticas integradas aos seus elementos internos, permitindo a sua integração à RS. Dessa forma, redes e equipamentos estarão todos interconectados em uma grande rede smart grid óptica e cabeada, sendo possível realizar a mudança tecnológica requerida para acelerar a transição energética em curso.

Conclusão

Este artigo mostrou o conceito de Redes Sinérgicas e foram apresentados os elementos desenvolvidos para as diversas aplicações. A RS, nas suas diferentes aplicações, está instalada na UniverCemig, há mais de 9 anos, sem nenhum registro de defeito até então, mostrando

que este tipo de solução é robusta e confiável para ser instalada no ambiente das redes elétricas inteligentes.

A presença de fibras ópticas, juntas aos condutores de energia elétrica, abre novas oportunidades para as redes de distribuição e transmissão, viabilizando diferentes aplicações, como compartilhamento de infraestrutura, com redução drástica da poluição visual e de ruído de radiofrequência nos postes, melhoria do monitoramento e automação das redes, além de outras tantas possibilidades a serem desenvolvidas.

Referências bibliográficas

- (1) Nascimento, C.; Rosolem, J.; Hortencio, C.; Dini - VIII CITENEL - Costa do Sauípe, BA, de 17 a 19 de agosto de 2015. "Desenvolvimento de Sistema Óptico para Monitoração de Vãos Críticos e Transmissão de Dados de Telecom em LTs";
- (2) Nascimento, C.A.M., Penze, R.S., Florida, C., Rosolem, J.B., Hortencio, C.A., Dini, D.C., Elias K. Tomiyama, E.K. Redes Sinérgicas: Uma nova concepção tecnológica para a integração de fibras ópticas e cabos condutores de energia elétrica; XI Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos (SIMPASE); 16 a 19 de agosto 2015; Campinas-SP.
- (3) E.F.Costa, et.al, AS REDES SINÉRGICAS PARA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CONCEITO, DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS, XXVI Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE), 2022.
- (4) Bassan, F., Rosolem, J.B., Florida.C, Aires, B., Peres, R., Aprea, J., Nascimento, C.A.M, Fruett, F. Power-over-Fiber Smart Sensor Fully-Connected in a Hybrid Fiber/Power Distribution Cable; The 3rd Optical Wireless and Fiber Power Transmission Conference (OWPT2021); Online; Japan; Apr. 19 - 22, 2021.

*Carlos Alexandre do Nascimento é doutor em Engenharia Elétrica pela UFMG (2009), com graduação e mestrado em engenharia mecânica. Atualmente, é engenheiro de Engenharia de Transmissão da Cemig GT.

*Eduardo Ferreira da Costa é doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas. Atualmente é engenheiro da Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações. Tem atuado como pesquisador e coordenador de projetos de P&D para o setor elétrico.

*Bruno Nogueira Aires é graduado em engenharia de telecomunicações e atua na Fundação CPQD desde 2011. Trabalha também no laboratório de certificação de cabos ópticos e acessórios.

*João Batista Rosolem possui doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo. Atualmente é pesquisador do CPQD e líder técnico do laboratório LSMO (Laboratório de Sensoriamento e Monitoração Óptica) do CPQD.



+20 ANOS

INOVANDO EM CONEXÕES ELÉTRICAS

KATRO

KDP

KPB

KARP

KATIL

KLOK

A SOLUÇÃO COMPLETA EM CONEXÕES PARA REDES AÉREAS DE DISTRIBUIÇÃO

KPB

O perfurante universal

Única solução para a conexão de cabos rígidos ou flexíveis no ramal de entrada do cliente, em qualquer configuração. Com o KPB não há mais a necessidade de se identificar o lado do conector para se realizar a conexão.



KATIL

Conexão em iluminação pública
Conexão de luminárias utilizadas em iluminação pública à rede de distribuição de energia elétrica.



KARP

Conector de Perfuração para Redes Protegidas de Média Tensão

Sem necessidade de remoção e recomposição da cobertura do condutor. Permite a conexão em linha Viva. Conector de perfuração para as tensões de 15kV, 25kV e 35kV.

KLOK

Terminal bimetalico e reutilizável com efeito mola, para equipamentos da distribuição sem necessidade de ferramenta especial para aplicação.



KDP

Conexão da Rede Secundária ao Ramal de Ligação com 4 derivações - Versão Econômica
Conexão definitiva e ponto de aterramento temporário oferecendo maior facilidade na aplicação.



KATRO

Conexão da Rede Secundária ao Ramal de Ligação com 4 derivações
Conexão definitiva e reutilizável mais ponto de aterramento temporário.



15/25/35 kV

ANEEL

enel unesp



KRJ Ind. e Com. Ltda.

Rua Guaranésia, 811/815 - Vila Maria - CEP 02112-001
São Paulo, SP - Brasil | Tel: +55 (11) 2971-2300



KRJ.COM.BR

BLUFERRIA.COM.BR



Empresas de instalação e manutenção

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

Empresas de engenharia, consultoria, manutenção e instalação

A instalação de um grande projeto elétrico é precedida de etapas preliminares indispensáveis, como por exemplo de um bom projeto de engenharia. Após sua implementação, é preciso ainda que haja um plano de manutenção, que assegure o seu pleno funcionamento. A pesquisa setorial desta edição é dedicada ao segmento de engenharia, consultoria, manutenção e instalação.

Nas tabelas publicadas a seguir o leitor encontrará uma relação atualizada de fabricantes e distribuidores, feita a partir de um levantamento realizado com dezenas empresas da área. Além disso, destaca os segmentos de atuação de cada fornecedor, bem como canais de atendimento, certificações e informações sobre atendimento ao cliente. Confira o guia setorial na íntegra.

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

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

O projeto de norma de aterramento de torres de linhas de transmissão aéreas**

Parte I

Em 2020, a comissão de estudos de "Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica", responsável pela revisão da norma ABNT NBR-5422 - Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica – Procedimento, solicitou apoio da comissão de "Aterramentos Elétricos para a revisão do item referente a "Sistema de Aterramento". Entendendo que o tema era muito extenso para ser abordado de maneira adequada em apenas um item da norma da ABNT NBR-5422, a comissão de Aterramentos Elétricos apresentou a proposta para elaborar uma norma específica. Desta maneira, surgiu o Projeto CE 003:102.001-011), no âmbito da Comissão de Estudos - ABNT/CB-003/CE 003 102 001 "Aterramentos Elétricos", onde foi elaborada a norma ABNT NBR 17140 – Aterramento de estruturas e dimensionamento de cabos para-raios de linha de transmissão (LT) aérea de energia elétrica.

Esta norma segue o padrão de organização das demais normas elaboradas pela comissão de aterramento que, além dos itens usuais introdutórios (Escopo, Referências Normativas e Termos e Definições), apresenta um 4º capítulo de Conceitos Básicos, em que são brevemente abordados aspectos relativos ao desempenho de aterramentos de estruturas frente a faltas para a terra e a eventos de natureza impulsiva, assim como o conceito de comprimento efetivo do aterramento.

O capítulo 5 da norma, que trata sobre Topologias de Aterramento das Estruturas, apresenta a Figura 1, abaixo reproduzida, e aborda os elementos que integram o aterramento de uma estrutura, seja ela torre ou poste, a saber, os contrapesos e os elementos metálicos da fundação (quando em contato com as partes condutivas da estrutura), assim como elementos adicionais, como são os anéis de aterramento, utilizados quando é necessário o controle de tensões de passo e de toque na base da estrutura.

Já o capítulo 6, sobre Atividades Preliminares ao Projeto, relaciona os procedimentos e informações que antecedem e subsidiam a definição da campanha de medição de resistências aparentes do solo a ser realizada, com a definição dos equipamentos e das técnicas de sondagem a serem utilizadas. Este capítulo relaciona, também, as informações preliminares, necessárias para a elaboração do projeto de aterramento da LT.

O capítulo seguinte, dedicado à campanha de medição das resistências aparentes do solo, faz uma ampla abordagem desta importante fase do projeto, complementando (e, por vezes, reforçando) a norma NBR-7117, com os aspectos específicos associados ao projeto de aterramentos de LTs. O subitem 7.3 – Análise crítica das medições, aborda um cuidado que não é usual, que é a importância de a equipe de campo ter qualificação para conduzir uma avaliação crítica dos

parâmetros medidos, de modo a reduzir o risco de novas medições terem que ser feitas após a constatação, no escritório, que existem valores de campo não confiáveis. São aqui abordados também os equipamentos de medição, que devem dispor de recursos que permitam a avaliação de qualidade dos parâmetros medidos, sejam terrômetros ou resistivímetros.

Com relação à Modelagem Geométrica – capítulo 8, que aborda a construção dos modelos geométricos, também conhecidos como modelos de solo, aqui são previstas duas formas de conduzir esta atividade. A metodologia tradicional obtém um modelo 1D para cada locação de estrutura, baseada em uma ou duas sondagens elétricas verticais (SEVs), realizadas com arranjos de Wenner ou de Schlumberger. A metodologia alternativa propõe um tratamento estatístico dos valores medidos em um conjunto de locações, que pode ser restrito a um trecho da LT ou a toda a sua extensão. A justificativa para esta opção alternativa é a elevada incerteza associada a medições com amostragem limitada a uma ou duas linhas de SEVs. É sugerido, adicionalmente, o uso das informações obtidas das sondagens a trado ou de simples reconhecimento (SPT), conforme a norma ABNT NBR 6484, para subsidiar a construção dos modelos de solo, especialmente quando são disponíveis o nível d'água e quando a sondagem atinge o chamado impenetrável.

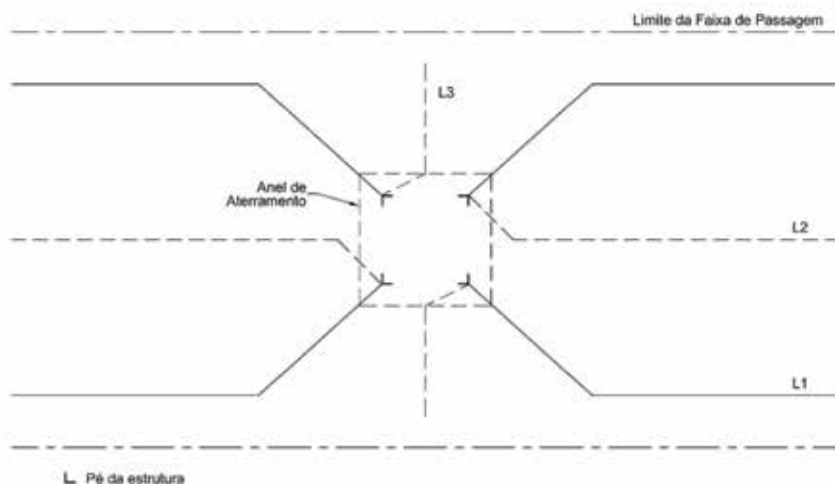


Figura 1 - Elementos do aterramento de uma torre autoportante.

Em seguida, para tratar sobre os Materiais para o Aterramento das Estruturas, o texto faz referência à norma NBR-16254, especificando os materiais tradicionalmente utilizados nos aterramentos de estruturas de LTs, a saber, fio de aço revestido de cobre (Φ 5,19 mm) 30% IACS, ou cordoalha de aço zincado (Φ 9,15 mm) zincagem classe B. São feitas recomendações quanto às conexões, especialmente para evitar ligações entre materiais diferentes (aço e cobre), que possam dar origem a pilhas galvânicas.

O item 12, o mais longo da norma e que também recebeu mais atenção do comitê, dispõe sobre Medição da Resistência/ Impedância de Aterramento das Estruturas. Nele, são descritos os procedimentos estabelecidos na norma NBR-15749, cuja aplicabilidade em estruturas de LTs, especialmente em locais de solos de elevada resistividade, é frequentemente comprometida por restrições de espaço físico e de equipamento disponível, e pela dificuldade de interpretar os parâmetros medidos. Dentre as questões abordadas na norma, cabe destacar:

- O uso de diferentes equipamentos de medição, sejam terrômetros convencionais, terrômetros de alta frequência ou resistivímetros; e
- A complexidade de se conduzir as medições e de interpretar as curvas de resistência obtidas, onde não se estabelece um patamar inequívoco de resistência, conforme preconiza a norma ABNT NBR 15749 (Figura 2).

* Paulo Edmundo da Fonseca Freire é engenheiro eletricista e mestre em Sistemas de Potência (PUC-RJ). Doutor em Geociências (Unicamp) membro do Cigre e do Cobei, além de atuar como diretor da Paiol Engenharia.

* Hirofumi Takayanagi é consultor de vendas no Grupo INTELLI e possui ampla experiência em negócios referentes à distribuição de energia elétrica.

* João Henrique Zancanela é Diretor Comercial no GRUPO INTELLI.

**Baseado no artigo apresentado no GROUND2023 & 10th LPE - International Conference on Grounding & Lightning Physics and Effects. Belo Horizonte, Brasil, Maio de 2023.

Parte II

O Projeto dos Aterramentos das Estruturas, disposto no item 9, aborda o objeto principal da norma. Define o esquema tradicional de aterramento, com fases de contrapesos de comprimentos crescentes, conforme o modelo de solo e o valor de projeto da resistência de aterramento a ser obtida. Para as estruturas situadas em locais sujeitos à circulação de pessoas, é previsto que as tensões de passo e de toque na base da estrutura, devem atender aos critérios estabelecidos na norma NBR-15.749, considerando a parcela de correntes de falta para a terra, prevista para ser injetada no aterramento da estrutura. São sugeridas

medidas de mitigação e de controle destas tensões. São referenciadas as normas ABNT NBR 16563 e ABNT NBR 14165, para o caso de necessidade de avaliação de interferências com redes externas, enterradas ou não, como ferrovias e linhas de dutos. O capítulo é finalizado com uma importante exigência, que é a conexão dos contrapesos à base da estrutura e/ou às ancoragens dos estais, acessível e de fácil desconexão, para efeito de medição de resistência de aterramento.

O Capítulo 10, que trata da Execução do Aterramento das Estruturas, aborda brevemente aspectos relativos ao lançamento dos contrapesos.

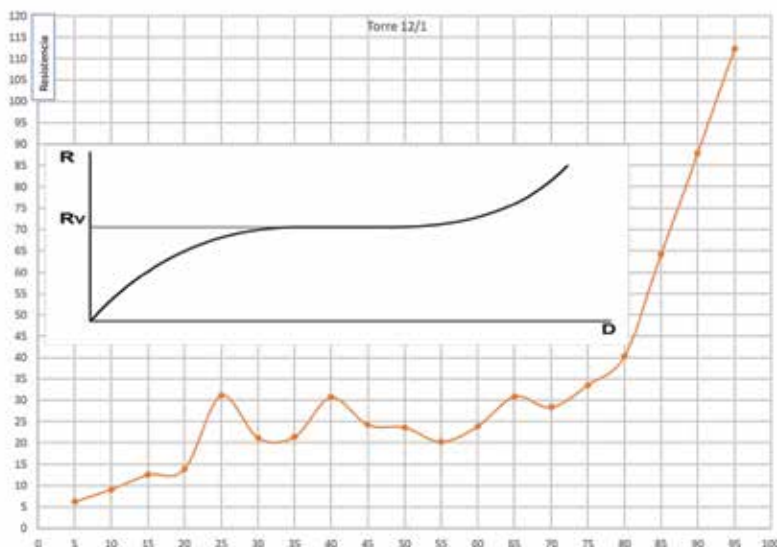


Figura 2 – Curva de resistência ideal (conforme a ABNT NBR 15749) e curva real (ainda que muito boa).

Perspectivas de estratégias para a identificação da origem das Variações de Tensão de Curta Duração

As Variações de Tensão de Curta Duração (VTCDs) são fenômenos que, embora ocorram durante um curto intervalo de tempo, podem resultar em expressivos impactos sobre redes de transmissão/distribuição ou consumidores. Não obstante, o tema se apresenta contemplado na legislação nacional através dos denominados Fatores de Impacto (FI), que quantificam as ocorrências, não há, todavia, qualquer menção à questão da responsabilidade do evento. No contexto de procedimentos metodológicos para a identificação da origem destes eventos, a literatura relata esforços visando a proposição de estratégias para tal fim.

Na publicação [1] é estabelecida uma estratégia baseada em medições realizadas em vários barramentos da rede. A abordagem baseia-se na análise da tensão residual monitorada em cada barramento (a tensão restante associada ao VTCD), o instante que ocorre o evento, e a duração do mesmo. Outro autor [2] explora um procedimento baseado na Transformada Rápida de Fourier. Nesta, as tensões e correntes são monitoradas e analisadas, levando à identificação da origem do evento. Já em [3] encontra-se um procedimento fundamentado no comportamento do fluxo de potência antes e durante o afundamento de tensão analisando-se os valores obtidos nos quadrantes real e imaginário, requerendo, para tanto, as impedâncias das componentes de sequências para a sua aplicação. Em [4], há uma abordagem a partir de medições de corrente, potência ativa e distorção harmônica. As variáveis são medidas antes, durante e, em alguns casos, após os eventos.

A referência [5] usa um procedimento baseado nas medições dos valores de tensão e

corrente de sequência-negativa contando com o conhecimento das respectivas impedâncias. Analisando o período durante a ocorrência das VTCDs, em [6], é apresentada uma proposta que requer grandes esforços computacionais. Por fim, em [7], encontra-se um procedimento baseado nas impedâncias pré e pós falta, através das quais é feita uma análise da parte real e imaginária destas grandezas, e seus correspondentes ângulos de fase. Não obstante tais estratégias, o fato é que, até o momento, não há registros de suas aplicações e eficácias dos procedimentos supra postos.

Já em [8], encontra-se uma proposta metodológica embasada no emprego de indicadores relacionados com os fatores de desequilíbrios de tensão e corrente, e seus processos de transferência, através dos transformadores de conexão entre os agentes. Esta estratégia evidenciou resultados promissores ao propósito estabelecido, os quais foram obtidos através de simulações computacionais e experimentos laboratoriais, tendo-se constatada, numa primeira instância, sua efetividade e perspectivas de aplicação em campo.

O processo em questão se baseia nas medições de tensões e correntes trifásicas dos lados primário e secundário do transformador de conexão interligando, por exemplo, uma concessionária a uma unidade consumidora, ou, uma rede de transmissão a um sistema de distribuição, como ilustra a Figura 1. Uma vez medidas as tensões e correntes trifásicas, seus correspondentes fatores de desequilíbrio de sequência negativa e zero são prontamente calculados, seguido de uma análise comparativa dos valores encontrados, de um e outro lado

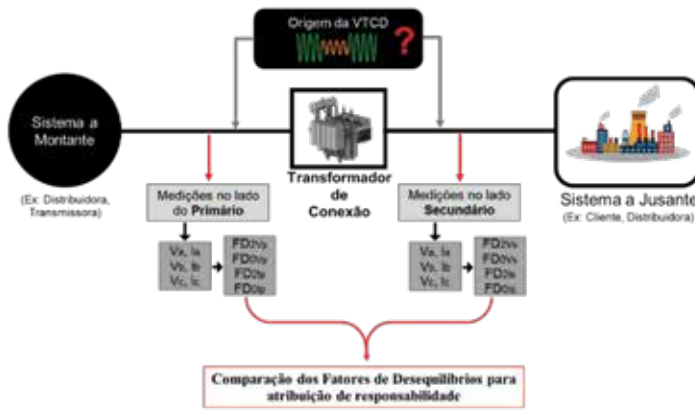


Figura 1 - Interpretação física dos princípios da metodologia estabelecida em [8].

do transformador. Esta correlação se apresenta como fundamento para o estabelecimento da estratégia para a identificação da origem da VTCD, ressalvando que o fenômeno ocorrido deve possuir uma natureza desequilibrada.

Objetivando esclarecer a proposta contida em [8], através de um sistema elétrico modelado, cujas características não são aqui transcritas, procedeu-se o processo de análise através de mecanismos computacionais e experimentais. Os resultados indicativos da correlação entre os FDs das tensões e correntes, de um e outro lado do transformador, encontram-se sintetizados na Tabela 1. A lógica comparativa entre os correspondentes FDs de tensões e correntes, de um e outro lado do transformador, para distintos tipos de conexão, como indicado, se mostra com características promissoras à identificação da origem dos fenômenos manifestados. Destaca-se que as grandezas indicadas pelos índices “2”, “0”, “v”, “i”, “p” e “s” estão atrelados com a sequência negativa, zero, tensão, corrente, primário e secundário, respectivamente.

Do exposto, segue que o processo de transferência dos FDs, de um para o outro lado do transformador, quando da ocorrência das VTCDs do lado primário, apresentam os mesmos valores. Por outro lado, quando o evento é advindo do lado secundário, os correspondentes fatores de desequilíbrios são distintos. Assim, os fatores de desequilíbrios de tensão de sequência negativa, obtidos através de medições dos módulos das tensões fase-fase, se revelam-se como grandezas fundamentais à determinação da origem do fenômeno aqui considerado. Quanto aos fatores de desequilíbrio de sequência zero, os mesmos não modificam as constatações supra feitas, mas apenas oferecem uma base complementar para o processo de identificação da responsabilidade da origem do distúrbio em questão.

Referências:

[1] C. Noce, M. De Santis, P. Varilone, and P. Verde, “Comparison of Methods Using only Voltage

Measurements for Detecting the Origin of Voltage Sags in the Modern Distribution Networks,” *IEEE*, p. 6, 2018, doi: <https://doi.org/10.1109/ICHQP.2018.8378844>.

[2] H. Shareef, A. Mohamed, and A. A. Ibrahim, “Identification of voltage sag source location using S and TT transformed disturbance power,” *J. Cent. South Univ.*, vol. 20, pp. 83–97, 2013, doi: <https://doi.org/10.1007/s11771-013-1463-5>.

[3] F. O. Passos, “Localizador da Fonte de AMTs Baseado nas Medições de Tensões de Fronteira,” *Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI*, 2015.

[4] S. J. Ahn, D.-J. Won, I.-Y. Chung, and S. Moon, “A New Approach to Determine the Direction and Cause of Voltage Sag,” *J. Electr. Eng. Technol.*, vol. 3, pp. 300–307, 2008, doi: [10.5370/JEET.2008.3.3.300](https://doi.org/10.5370/JEET.2008.3.3.300).

[5] W. Kanokbannakorn, T. Saengsuwan, and S. Sirisukprasert, “Unbalanced voltage sag source location identification based on superimposed quantities and negative sequence,” 2011. doi: [10.1109/ECTICON.2011.5947915](https://doi.org/10.1109/ECTICON.2011.5947915).

[6] Y. Mohammadi, R. C. Leborgne, and B. Polajžer, “Modified methods for voltage-sag source detection using transient periods,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 207, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.107857>.

[7] V. B. Núñez, X. B. Moliner, J. M. Frigola, S. H. Jaramillo, J. Sánchez, and M. Castro, “Two Methods for Voltage Sag Source Location” in *International Conference on Harmonics & Quality of Power*, 2008, p. 6.

[8] A. R. Ferreira, B. M. Ganesini, J. C. d. Oliveira and P. H. O. Rezende, “An Approach for Assigning Responsibilities of Short-Term Voltage Variations in Electrical Power Systems,” in *IEEE Access*, vol. 11, pp. 7751-7758, 2023, doi: [10.1109/ACCESS.2023](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023)

Por Adrian Ribeiro Ferreira, M.Sc - Trainee do Grupo Energisa, Doutorando da Universidade Federal de Uberlândia e Pesquisador do NQEE-UFU;
 • José Carlos de Oliveira, PhD - Prof. colaborador da Universidade Federal de Uberlândia;
 • Paulo Henrique Oliveira Rezende, Dr. - Prof. da Universidade Federal de Uberlândia e Pesquisador do NQEE-UFU;

TABELA 1 – CORRELAÇÃO ENTRE OS FDs DE TENSÃO E CORRENTE DETERMINADOS DOS LADOS PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO DE TRANSFORMADORES COM CONEXÕES TÍPICAS E PARA DISTINTOS TIPOS DE DESEQUILÍBRIO PARA AS VTCDs

Tipo de conexão do transformador	Origem da VTCD	$FD2_{vp} \times FD2_{vs}$	$FD0_{vp} \times FD0_{vs}$	$FD2_{ip} \times FD2_{is}$	$FD0_{ip} \times FD0_{is}$
Δ-Yn	primário	Igual	Diferente ou não-existente	Igual	Não-existente
	secundário	Diferente	Diferente ou não-existente	Igual	Diferente ou não-existente
Y-Δ	primário	Igual	Diferente ou não-existente	Igual	Não-existente
	secundário	Diferente ou não-existente	Diferente ou não-existente	Igual ou não-existente	Não-existente
Yn-Yn	primário	Igual	Igual ou não-existente	Igual	Diferente ou não-existente
	secundário	Diferente	Diferente ou não-existente	Igual	Igual ou não-existente



Rumo a um setor elétrico renovado

O setor elétrico está passando por mudanças disruptivas, como a transição energética, descarbonização, digitalização e modernização dos mercados. Nesse contexto, as pesquisas e estudos realizados pelo CIGRE desempenham um papel fundamental ao fornecer uma base técnica sólida para essas transformações.

Globalmente, o setor elétrico está abandonando sua estrutura verticalizada e se tornando mais flexível e descentralizado. No Brasil, podemos observar essas mudanças na abertura do mercado em andamento e na diversificação da matriz energética, com a introdução de fontes renováveis e geração distribuída. Essa transição trará um novo padrão de serviços sistêmicos e regionais e também exigirá uma mudança no perfil das receitas do setor, com um aumento na parcela de serviços e uma redução nas parcelas de energia e capacidade.

Como principal fórum nacional do setor elétrico, o CIGRE Brasil tem o objetivo de

apoiar e superar os desafios resultantes dessas mudanças. A troca de experiências e a geração de novas propostas para resolver os problemas do setor elétrico, tanto em âmbito nacional, quanto internacional, são características do CIGRE, que serão ampliadas.

Ao longo de sua história, o CIGRE desempenhou um papel crucial na produção e disseminação de conhecimento técnico-científico. Seus comitês de estudo reúnem especialistas e profissionais de diversas áreas, permitindo uma abordagem multidisciplinar dos desafios enfrentados pelo setor elétrico. Essa rede de colaboração é essencial para desenvolver soluções inovadoras e promover boas práticas, contribuindo para alcançar um setor elétrico eficiente, confiável e sustentável.

É nesse contexto, que a nova diretoria do CIGRE-Brasil assume a gestão de 2023 a 2027, com entusiasmo. Essa equipe traz consigo uma combinação de experiência profissional, conhecimento acadêmico sólido e compreensão da história do setor elétrico e do desenvolvimento

da entidade. Essa base oferece confiança para o progresso do CIGRE-Brasil.

Tenho a satisfação de estar ao lado de Antonio Carlos Barbosa Martins (diretor técnico), Maria Alzira Noli (diretora de assuntos corporativos) e André Luiz Mustafá (diretor financeiro) nessa jornada. Juntos, estamos comprometidos em impulsionar o crescimento do CIGRE-Brasil e fortalecer sua importância como uma entidade essencial na produção de conhecimento em um setor estratégico para o país.

O CIGRE Brasil enfrenta desafios em várias frentes e a nova diretoria sabe disso. Um deles é aumentar a participação dos jovens profissionais na entidade, incentivando sua formação e envolvimento no desenvolvimento de estudos e pesquisas. A renovação geracional é fundamental para a continuidade da produção de conhecimento e a evolução do setor elétrico.

Também é vital fortalecer a expansão internacional da instituição, estabelecendo parcerias e intercâmbios com outros comitês nacionais e estrangeiros, e promovendo uma

participação ativa em eventos globais. A colaboração global é de extrema importância para enfrentar desafios compartilhados e buscar soluções que atendam às necessidades do Brasil.

Outro desafio é aprimorar a comunicação e a divulgação dos resultados das pesquisas conduzidas pela entidade. É essencial que o conhecimento gerado seja acessível e compreensível para diversos envolvidos no setor elétrico, desde profissionais técnicos até tomadores de decisão e a sociedade em geral. A diretoria se empenhará em fortalecer os canais de comunicação, o site e as redes sociais, para ampliar o alcance e o impacto das pesquisas realizadas.

Para atingir os objetivos propostos, a nova diretoria estabeleceu algumas diretrizes de atuação: fortalecer a integração entre os comitês de estudo, encorajando a colaboração

e a troca de conhecimento entre os membros; estimular a realização de workshops, seminários e simpósios que promovam o compartilhamento de experiências e a discussão de temas relevantes para o setor elétrico; aumentar a participação de empresas e instituições no CIGRE Brasil, buscando parcerias que fortaleçam a produção de conhecimento e a aplicação prática das pesquisas realizadas; investir na formação e capacitação dos jovens profissionais, por meio de programas de mentoria, cursos e atividades que estimulem seu desenvolvimento técnico e liderança; promover a inclusão e a diversidade no setor elétrico, buscando uma participação equitativa de profissionais de diferentes gêneros, origens e formações e estreitar o relacionamento com órgãos reguladores e entidades governamentais, contribuindo com estudos técnicos e propostas para o aprimoramento do

marco regulatório do setor elétrico.

Por fim, a nova diretoria do CIGRE Brasil reconhece a importância da participação ativa dos associados e convida todos os interessados a contribuir. O engajamento e a troca de ideias entre os associados são fundamentais para a produção de conhecimento de alta qualidade e para o fortalecimento da entidade como referência no setor elétrico.

Juntos, enfrentaremos os desafios e aproveitaremos as oportunidades apresentadas pela transição energética. Contamos com a participação de todos os associados e parceiros nessa jornada em direção a um setor elétrico em constante transformação.

**João Carlos Mello é presidente da Thyms Energia e membro honorário do Comitê Nacional Brasileiro de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – CIGRE Brasil.*

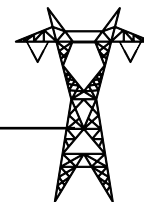
A solução completa para usina fotovoltaica

- Rápida conexão
- Redução dos custos
- Customizado
- Transformadores a seco ou óleo
- Painel de proteção baixa e média tensão





Cláudio Mardegan é CEO da EngePower Engenharia
Membro Sênior do IEEE. Membro do Cigrè
claudio.mardegan@engepower.com



Tributo a Erling Hesla, um engenheiro de análise de sistemas de grande quilate e exemplo de vida



Erling Hesla nasceu em Regina, Saskatchewan, no Canadá, em 23 de setembro de 1923. Faleceu em 18 de maio de 2023 em Seattle, Washington, EUA. Sua mãe, Pauline Hesla, era norueguesa e viveu no Canadá. Seu pai, Oscar Hesla, nasceu na Dakota do Sul. Erling vivia na cidade de Edmonds, no estado de Washington. Sua esposa Viola faleceu antes dele. Erling deixou dois filhos: Erik Hesla e Paul Hesla. Tinha muitos amigos. Conheci três: Julie, Jim e Bob Giese.

Muitas pessoas passam por este mundo, porém, poucas pessoas deixam contribuições e legados em suas áreas profissionais, e menos pessoas ainda, deixam uma estrada de luz por onde andam.

Erling Hesla foi uma dessas poucas pessoas que deixaram um legado gigante na área profissional, sendo um membro atuante do IEEE (Instituto dos Engenheiros Eletricistas e

Eletrônicos americano), e o que mais gostava de fazer, era auxiliar a todos que o cercavam.

Seguiu sua escalada dentro dessa sociedade, iniciando como Membro, Membro Sênior, Membro Fellow and Life Fellow. Menos de 2% dos membros se tornam membro Fellow no IEEE. Menos de 1% dos membros atingem a elevação a Life Fellow Member.

Conheci o Erling em uma Conferência do IAS, se não me engano, em outubro de 2013, quando ia tomar o meu café da manhã. Vi um senhor de cabelos brancos sentado só em uma mesa, o cumprimentei, e ele, com sua aura abrangente, me convidou para sentar-se à mesa. Iniciava-se ali uma grande amizade. Erling foi também meu sócio em nossa empresa ENGEPOWER-USA. Erling tem inúmeros Papers no TIA (Transactions on Industry Applications), sempre muito participativo em quase todas as conferências do I&CPS e IAS.

Erling está no seleto grupo de pessoas que contribuíram sobre o tema "Arco Elétrico e Energia Incidente". O IEEE possui um prêmio que é atribuída àqueles que prestaram a sua contribuição, que é o prêmio Richard Harald Kaufmann Award. Abaixo a galeria de pessoas que receberam este prêmio. Algumas que tenho uma gratidão pessoal, como o próprio Kaufmann, Walter Huening, Dunki-Jacobs, Baldwin Bridger, mas não os conheci pessoalmente e os que tive a honra de conhecer pessoalmente, como Lowie Powel, David Shipp, John Nélsion, Chuck Mozina, Erling Hesla. Lembrando que, dois deles, me nominaram Membro Sênior: David Shipp e Chuck Mozina. E só posso ficar honrado de ainda ter a amizade com o Erling.

O IEEE tinha vários engenheiros com muito conhecimento para compartilhar, então, eles formaram comitês para registrar esses

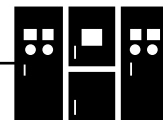
Ano	Homenageado	Ano	Homenageado
1988	Walter C. Huening Jr.	2006	George Youkin
1989	Bernard W. Whitington	2007	Md. Azizur Rahman
1990	René Castenschield	2008	Hurofumi Akagi
1991	John R. Dunki-Jacobs	2009	Ronald G. Harley
1992	Kao Chen	2010	Gerald T. Heydt
1993	George W. Walch	2011	David D. Shipp
1994	Daniel J. Love	2012	John Nélsion
1995	M. Shan Griffith	2013	Kaushik Rajashekara
1996	Marcus O. Durham	2014	Robert D. Lorenz
1997	Thomas E. Sparling	2015	Charles John Mozina
1998	James A. Oliver	2016	G. S. Peter Castle
1999	Baldwin Bridger Jr.	2017	Erling Hesla
2000	Aldwein D. Patton	2018	Greg Stone
2001	Louie J. Powell Jr.	2019	Susumo Tadakuma
2002	H. Landis Floyd	2020	Kouki Matsuse
2003	Eduard La Verne Owen	2021	Stephen McArthur
2004	Richard L. Nallen	2022	Pareesh C. Sen
2005	A. P. Mellopoulos		

conhecimentos nos chamados "color books". Erling foi o criador e escreveu a maior parte do "Yellow Book" sobre segurança e manutenção, ele escreveu um capítulo no "Red Book" sobre estimativas, no "Gray Book" escreveu sobre proteção e seletividade. Trabalhou até os seus 98 anos. Exemplo de Vida.

Com certeza deixei de falar uma série de outras atividades que Erling vivenciou, tais como engenheiro, empresário, gerente, supervisor de planta, consultor técnico, assistente de perito em causas legais. Mas o ponto ALTO de Erling Hesla é a de um excelente espírito que habitou aquele corpo, por 98 anos. Eu tenho o Erling comigo como um anjo que passou na terra e na minha vida, para auxiliar a todos aqueles que o cercava. Tenho poucos amigos, mas com certeza, Erling Hesla é um deles. Pessoas como Erling, deixam sua marca no mundo sem fazer alarde. Deixam sua marca no mundo sem querer crescer diminuindo os outros, deixam sua marca pela bondade, humildade e caridade que praticam. Por isso, sentiremos sua falta, enquanto ainda estamos do lado de cá, mas com certeza, nos encontraremos quando estivermos do lado de lá. Um forte abraço, meu amigo!



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



Transição energética e os desafios da construção de quadros e painéis

Como disse na coluna da última edição, nos últimos 5 anos, o segmento de equipamentos de geração, distribuição e transmissão de energia quase dobra de tamanho a cada ano. Esse crescimento se deve ao avanço da energia solar distribuída, que compreende painéis solares, inversores, transformadores e subestações de interligação, desde pequenas instalações de microgeração residenciais e comerciais, até parques de minigeração distribuída de até 3MW.

O desafio da indústria tem sido adaptar-se a essa nova demanda, seja pela quantidade e volume de equipamentos necessários para todas essas novas instalações, ou em função do apelo ambiental de que estas instalações devem ser de baixo custo (CAPEX menor viabiliza mais instalações), mas com baixa pegada de carbono, zero emissões na operação e alto índice de reciclagem dos materiais utilizados no final do seu ciclo de vida útil.

Um paradigma que vem sendo demolido é a utilização de tensões mais elevadas que os padrões industriais, de tantos anos. Sistemas industriais geralmente utilizam tensões de operação de 220, 380V ou 440V, já nas redes de alta tensão industrial, geralmente encontramos o 13800V. Para os sistemas de geração fotovoltaica, as tensões de geração mais usuais são o 690V e o 800V, e grande parte destes parques tem sido conectados às redes de distribuição de 34500V.

Essas diferenças têm trazido desafios aos fabricantes e instaladores para se adaptarem a esta nova realidade. Além dos custos muito mais elevados, a oferta destes equipamentos ainda é bastante limitada, o que reprime a demanda e traz oportunidades a novos players. Além da dificuldade da oferta de materiais adequados às tensões mais elevadas, as distâncias de isolamento e as boas técnicas de construção vem sendo negligenciadas, e são comuns incêndios em instalações, por conta do emprego equivocado de equipamentos ou mesmo pela sua construção inadequada. Basta entender que muitas instalações fotovoltaicas em 800Vca têm sido construídas como se fossem simples quadros de luz em 220V.

Uma das maiores dificuldades que vejo é a falta de profissionais qualificados para essas atribuições, ou seja, temos uma demanda enorme de trabalho e poucos qualificados e experientes. Essa combinação força a importação de mão de obra estrangeira e sobretudo, resulta em muitos profissionais despreparados tomando decisões importantes. Falta treinamento!

Equipamentos, sistemas e redes com inteligência têm sido muito procurados para baixar os custos de operação, pois diminuem substancialmente a necessidade da intervenção humana na operação. Isso é um enorme ganho do ponto de vista da segurança do trabalho em sistemas elétricos de potência, pois estamos

O DESAFIO DA INDÚSTRIA TEM SIDO ADAPTAR-SE A ESSA NOVA DEMANDA, SEJA PELA QUANTIDADE E VOLUME DE EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS PARA TODAS ESSAS NOVAS INSTALAÇÕES, OU EM FUNÇÃO DO APELO AMBIENTAL DE QUE ESTAS INSTALAÇÕES DEVEM SER DE BAIXO CUSTO (CAPEX MENOR VIABILIZA MAIS INSTALAÇÕES), MAS COM BAIXA PEGADA DE CARBONO, ZERO EMISSÕES NA OPERAÇÃO E ALTO ÍNDICE DE RECICLAGEM DOS MATERIAIS UTILIZADOS NO FINAL DO SEU CICLO DE VIDA ÚTIL.

tirando os profissionais das zonas de risco, mantendo-os fora dos Limites de Aproximação Segura (LAS). Desta forma, os riscos operacionais são eliminados e a quantidade de acidentes com vítimas, brutalmente reduzidos.

Boa leitura.



Luciano Rosito é engenheiro eletricitista, especialista em iluminação e iluminação pública. Professor de cursos de iluminação pública no Brasil e exterior. Palestrante em seminários e eventos na área de iluminação e eficiência energética. Colaborador da Revista O Setor Elétrico. Coordenador de comissões de estudo e grupos de trabalho para a criação e revisão de normas técnicas no Brasil, junto ao CB03 do Cobei- ABNT. Pesquisador de sistemas de iluminação pública. Ex-coordenador do Centro de Excelência em Iluminação Pública – CEIP de 2006 a 2010. Ex-coordenador da área de Iluminação do LABELO – PUCRS.



Terceira Consulta Nacional da ABNT NBR 5101 – Iluminação Pública - 2023

No final do mês de junho de 2023 foram realizadas as duas reuniões que faltavam para análise dos votos da terceira Consulta Nacional para publicação da revisão da ABNT NBR 5101 – Iluminação Pública.

Já escrevi algumas vezes sobre este tema, mas devido ao tempo que está levando para conclusão desta revisão, tudo que está sendo pontuado, e as inúmeras discussões e opiniões sobre a mudança no limite da temperatura de cor máxima, entendo que este é o momento de finalizarmos este tema. Lembrando que esta revisão iniciou no mês de setembro do ano de 2017 e desde então realizou diversas reuniões

para tratar do assunto, estruturando grupos de trabalho e estudos técnicos que foram apresentados para construir o novo texto. Para quem chega agora no tema a ABNT NBR 5101, ela estabelece os critérios de projeto e níveis mínimos para aplicação em iluminação pública, especificando os requisitos para a iluminação de vias de domínio público e privado, de forma a propiciar segurança aos tráfegos de pedestres e veículos.

Na primeira reunião, realizada no dia 27 de junho de 2023, onde participaram cerca de 50 pessoas, por videoconferência, foi eleito o novo coordenador e secretário da comissão de estudos, sendo respectivamente o Eng. Paulo Candura e o Sr. Sergio Blaso. A seguir, foram apresentados os resultados da consulta nacional, sendo 131 votos pela aprovação sem restrições, 10 votos pela aprovação com restrições e 38 votos pela reprovação do texto. Sendo que grande parte dos votos se concentrou na discordância no limite máximo de temperatura de cor de 2700K, que é um importante avanço no sentido de não interferir na saúde do ser humano, no meio ambiente e dar mais qualidade ao projeto de iluminação.

A evolução deste tema, para as próximas revisões da norma, será estudar o espectro da luz, e não somente a temperatura de cor. Devido a votação consideravelmente superior, a aprovação do texto, e o tema já ter sido consenso em outras reuniões, além da falta de embasamento científico para manter temperaturas de cor mais elevadas sendo permitidas, optou-se por manter o texto e rejeitar os votos contrários à mudança. Outro ponto discutido foi a tabela de “trecho típicos”,

que foi suprimida nesta atualização da norma, e que constava na versão de 2018. Ocorre que o projeto deve ser feito para todos os trechos reais e não usado como “fórmula mágica” para comparação de um trecho padrão de via. Desta forma, também foi mantida a retirada desta tabela, a fim de não confundir ou induzir o usuário da norma ao erro, utilizando no projeto uma tabela meramente orientadora, para fins de comparação de produtos em uma situação específica.

Na tarde do dia 29 de junho de 2023, foram comentadas as tabulações dos votos e na semana seguinte, deverá ser concluído o processo de análise de cada comentário feito durante a Consulta Nacional. A expectativa, é que dentro de poucas semanas, a norma esteja publicada e entre em vigor.

Desta forma teremos uma mudança significativa na maneira de realizar e executar projetos de iluminação pública, que trará avanços importantes para o segmento, além de maior qualificação do setor. Toda mudança como esta, envolve nos aprendizados, treinamentos, uso de normas e, eventualmente, correções, que poderão ser feitas durante o primeiro ano da publicação em vigor. Importante que o instrumento seja a base para atualização da portaria 62 do INMETRO, que institui a certificação das luminárias públicas, visto que os parâmetros mudaram, assim como a revisão dos critérios do Selo PROCEL. E que venham novos conhecimentos e práticas para termos uma iluminação pública evoluindo, não somente com a tecnologia, mas com a aplicação e preocupação com a saúde do ser humano e com o meio ambiente.

A EVOLUÇÃO DESTA TEMA, PARA AS PRÓXIMAS REVISÕES DA NORMA, SERÁ ESTUDAR O ESPECTRO DA LUZ, E NÃO SOMENTE A TEMPERATURA DE COR. DEVIDO A VOTAÇÃO CONSIDERAVELMENTE SUPERIOR, A APROVAÇÃO DO TEXTO, E O TEMA JÁ TER SIDO CONSENSO EM OUTRAS REUNIÕES, ALÉM DA FALTA DE EMBASAMENTO CIENTÍFICO PARA MANTER TEMPERATURAS DE COR MAIS ELEVADAS SENDO PERMITIDAS, OPTOU-SE POR MANTER O TEXTO E REJEITAR OS VOTOS CONTRÁRIOS À MUDANÇA.



Aguinaldo Bizzo de Almeida é engenheiro eletricitista e atua na área de Segurança do trabalho. É membro do GTT – NR10 e inspetor de conformidades e ensaios elétricos ABNT – NBR 5410 e NBR 14039, além de conselheiro do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo (CREA-SP). É autor do livro “Vestimentas de Proteção para Arco Elétrico e Fogo Repentino” e diretor e consultor de Desenvolvimento e Planejamento e Segurança do Trabalho (DPST).



Operações elementares em baixa tensão conforme NR-10 – PARTE 2/3

Conforme ressaltado no artigo anterior, as operações elementares serão classificadas como tal, desde que atendam aos seguintes critérios: princípio fundamental de proteção contra choque elétrico (Proteção contra contatos diretos e indiretos); risco de arco elétrico; e risco de fogo de origem elétrica.

As medidas de proteção contra choque elétrico são classificadas por gênero, com dois tipos de proteção:

- Proteção básica; e
- Proteção supletiva.

A Proteção Básica, que também é conhecida como proteção contra contatos diretos ou proteção no funcionamento das instalações, é responsável por garantir que, em condições normais de funcionamento, os componentes das instalações elétricas não ofereçam risco de choque elétrico.

Os meios de proteção básicos são os seguintes:

- Proteção total;
- Isolação (básica) das partes vivas;
- Uso de barreiras ou invólucros;
- Proteção parcial;
- Uso de obstáculos; e
- Colocação fora de alcance.

Além disso, temos ainda outros exemplos de proteção básica, como isolamento dos cabos, proteção por invólucros dos painéis e/ou quadros de distribuição (com no mínimo IPXXB ou IP2X), e a proteção por isolamento básica e invólucro dos motores e outros equipamentos elétricos. Considerando a abordagem estabelecida pela

NBR© 5410-2005 em relação a proteção básica, os projetos relacionados às instalações elétricas devem especificar e garantir que as especificações de proteção básica sejam cumpridas e asseguradas pelo fabricante dos componentes da instalação.

Já na Proteção Supletiva, que tem como objetivo sanar falhas da proteção básica, deve ser assegurada, conjuntamente, por equipotencialização e/ou pelo seccionamento automático da alimentação. (Item 5.1.4.2 da NBR© 5410-2005). Ambos são indissociáveis, pois quando a equipotencialidade não é suficiente para impedir o aparecimento de tensões de contato perigosas, entra em ação o recurso do seccionamento automático, promovendo o desligamento de circuitos onde a tensão de contato perigosa se manifesta em uma instalação.

No caso particular do seccionamento automático, trata-se de um dispositivo que tem como finalidade seccionar automaticamente a alimentação do circuito ou equipamento protegido, sempre que uma falta (seja entre uma parte viva e a massa ou entre a parte viva e o condutor de proteção) levar a uma condição onde a tensão de contato seja superior ao valor da tensão de contato limite estabelecida no projeto.

Os dispositivos de proteção que realizam o seccionamento automático podem ser de proteção contra sobrecorrentes ou correntes diferenciais-residuais (tipo DR), devendo detectar tais correntes de falta e atuando no circuito protegido, interrompendo a alimentação dos mesmos.

Como os dispositivos de proteção devem possuir sensibilidade para detectar a corrente de falta, assim como a sua magnitude, o tipo de dispositivo que pode ser usado no seccionamento

automático da alimentação vai depender do tipo do esquema de aterramento usado naquele equipamento. Para o esquema TN, que é o caso particular do presente estudo de caso, podem ser usados tanto os dispositivos de proteção à sobrecorrente, quanto os dispositivos de proteção à corrente diferencial-residual (dispositivos DR).

Uma prescrição relacionada ao assunto refere-se ao ‘Condutor de Proteção’ (PE). O “Item 5.1.2.2.3.6” da NBR©-5410-2005 estabelece que todo circuito deve dispor de condutor de proteção, em toda sua extensão, ressaltando que um condutor de proteção pode ser comum a mais de um circuito. Portanto, toda linha elétrica deve ter pelo menos um Condutor PE, que pode ser comum ao conjunto dos circuitos daquela linha.

A equipotencialização (aterramento) das massas dos equipamentos visa prover uma equipotencialização, que isoladamente não é suficiente para garantir a segurança das pessoas, uma vez que não se pode garantir que a tensão de contato seja inferior à tensão de contato limite. Desta forma, o seccionamento automático da alimentação completa a insuficiência da equipotencialização, no sentido de prover e/ou garantir a proteção para as pessoas. Dentro da categoria de proteção supletiva, também temos outros dispositivos, como a isolamento suplementar e a separação elétrica.

De acordo com a NR10, é condição obrigatória a avaliação física das instalações elétricas quanto às efetivas medidas de controle para proteção ao risco de choque elétrico por contato direto ou indireto, para que seja possível admitir-se possíveis atividades caracterizadas como “operações elementares”.

No próximo artigo abordaremos outros requisitos obrigatórios.



Danilo de Souza é engenheiro eletricitista pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). É especialista em Energia e Sociedade pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mestre em Energia e pesquisador no Instituto de Energia e Ambiente (IEE) da Universidade de São Paulo (USP). Danilo é professor na Universidade Federal de Mato Grosso, sendo membro do Núcleo Interdisciplinar de Estudos em Planejamento Energético – NIEPE, e é Coordenador Técnico do CINASE – Circuito Nacional do Setor Elétrico | www.profdanilo.com



A eficiência energética pode aumentar o consumo de energia?

A ação de eficiência energética estabeleceu-se como um mecanismo para a redução da emissão de gases de efeito estufa. A ideia é simples – ao implementar tecnologias ou ações que reduzem o consumo de energia elétrica, poupa-se energia e conseqüentemente a emissão é menor. A Agência Internacional de Energia (IEA) enfatiza, que a eficiência energética, tem potencial de representar 40% das reduções globais, nas emissões de gases de efeito estufa necessárias até 2040, para atingir os objetivos climáticos globais, delineados no Acordo de Paris.

No caso brasileiro, as diretrizes caminham na mesma linha da IEA. O Plano Nacional de Eficiência Energética, publicado pelo Ministério de Minas e Energia, em suas premissas e diretrizes básicas, também atua no sentido da aplicação dos mecanismos de eficiência energética como estratégia para reduzir a emissão de CO₂.

Entretanto, um fenômeno já observado há mais de 150 anos, traz uma série de dúvidas sobre essa simples, lógica e até intuitiva descrição. No século XIX, William Stanley Jevons, famoso economista inglês, registrou em seu livro *A Questão do Carvão*, de 1865, que as melhorias de eficiência no uso de carvão na Escócia entre 1830 e 1863 levaram a um aumento em sua demanda, não a uma diminuição, como poderia ser inferido. Nas palavras de Jevons (1865):

A redução do consumo de carvão, por tonelada de ferro, para menos de um terço do seu valor anterior, foi seguida, na Escócia, por um consumo total dez vezes superior, para não falar do efeito indireto do ferro barato na aceleração de outros ramos da indústria que consomem carvão.

Nessa perspectiva, Jevons apresenta um caso extremo do que hoje conhecemos como “efeito rebote”. A ideia do economista se desenvolve da seguinte forma: uma melhoria da eficiência energética na utilização de um recurso, por exemplo, gasolina com carros mais eficientes energeticamente, conduz

a uma redução do custo de um serviço energético prestado por esse recurso, como o transporte individual. Esse serviço de energia, “agora mais barato”, impulsiona sua própria demanda, aumentando ainda mais o uso do recurso em questão, caracterizado como efeito rebote direto.

Outra possibilidade é o efeito rebote indireto, o qual é provavelmente muito mais importante no médio e longo prazos. Esse fenômeno ocorre quando não há demanda adicional por esse serviço de energia, a economia monetária pode ser utilizada para consumir outros bens ou serviços, que precisam de energia para serem produzidos.

ILUSTRAÇÃO DO EFEITO REBOTE NOS CONSUMIDORES

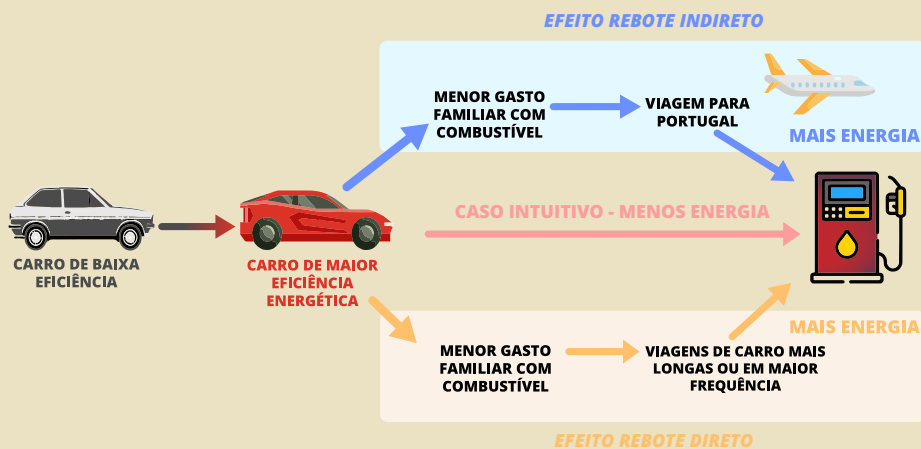
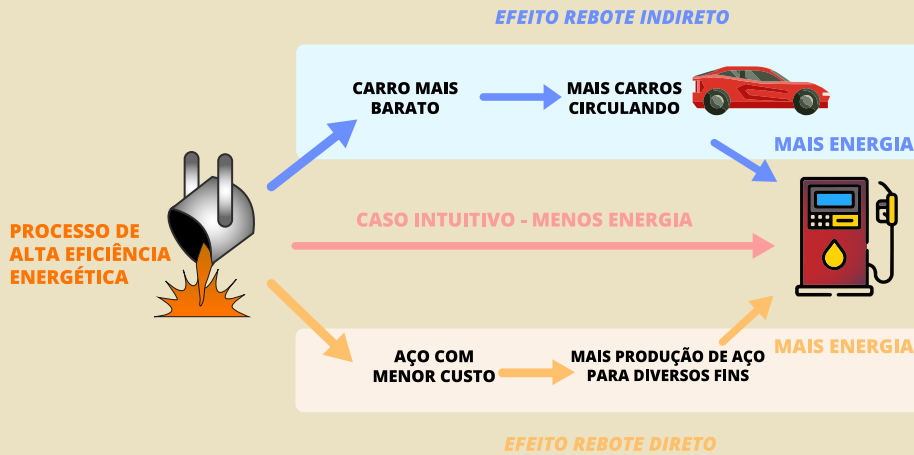


ILUSTRAÇÃO DO EFEITO REBOTE NOS PRODUTORES



Para tornar mais didática nossa discussão, podemos realizar um experimento mental. Imaginemos a situação em que os carros se tornem muito mais eficientes em termos de combustível. Como consequência, iremos usá-los mais ou até mesmo comprar outros maiores. Isso também nos possibilitaria mudarmos para outra cidade, pois utilizaríamos a mesma quantidade de combustível morando mais longe e deslocando-nos.

Estudos realizados desde a década de 1980 mostraram que há efeito rebote em muitas áreas, podendo variar entre “rebotes leves”, e até mesmo casos extremos em que o tiro saiu pela culatra. Podemos afirmar, assim, que há consenso sobre sua existência, mas ainda não sobre sua extensão. Nesse sentido, no campo da pesquisa, já é bastante aceito que as tecnologias de propósito geral (eletricidade, automóveis, internet, dentre outras) tendem a reproduzir o Paradoxo de Jevons.

Dito isso, uma questão central surge neste debate: Devemos parar de incentivar a eficiência energética e as políticas de conservação de energia? Estamos gerando mais impactos e afastando-nos da sustentabilidade ou da mitigação das mudanças climáticas?.

Faz-se imperioso, então, não só

defender, mas aplicar fortemente a eficiência energética. Isso, menos por sua capacidade de reduzir as emissões, e mais por seus efeitos sobre a produtividade global do sistema econômico, e para aumento do conforto das famílias. Desde a Revolução Industrial, a tecnologia tem sido bem-sucedida em ampliar a eficiência no uso da energia. No entanto, tais avanços não têm levado ao recuo no consumo per capita de energia. Aliás, se assim fosse, com as tecnologias e a eficiência atuais, deveríamos observar menos problemas ambientais, não o aumento deles. Afinal, somos hoje muito mais eficientes que há 150 anos, mesmo sendo mais pessoas.

Da análise cuidadosa das afirmações de Jevons, podemos concluir que não existe uma solução mágica para reduzir o consumo de energia e enfrentar as mudanças climáticas nos dias de hoje. O paradoxo de Jevons, que destaca o potencial impacto negativo nos esforços relacionados à energia e ao clima, também nos obriga a adotar uma abordagem multidisciplinar que reconheça a complexidade inerente à formulação de políticas e leve em consideração plenamente as forças econômicas, sociais e comportamentais envolvidas nesse processo.



PARATEC

A SOLUÇÃO QUE PROTEGE

SISTEMA DE

PÁRA-RAIOS

PREDIAIS - SISTEMA COMPLETO



CAPTORES TIPO FRANKLIN



CONDUTORES DE ALUMÍNIO



SUPORTE DE USO GERAL



SUPORTE PARA TELHA DE CERÂMICA



SINALIZADORES



ATERRAMENTO



A SOLUÇÃO QUE PROTEGE

Dúvidas acesse o Site

www.paratec.com.br

ou ligue

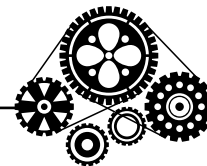
Tel.: (011) 3641-9063

 vendas@paratec.com.br

 @paratec_pararaios  Paratec Para-Raios



Caio Huais é engenheiro de produção, pós-graduado em Engenharia Elétrica e Automação com MBA em engenharia de manutenção. Atualmente, é Head de Manutenção e Operação de Alta tensão na Enel distribuição Goiás, onde responde pela disponibilidade de 360 subestações e 6.000 quilômetros de linhas de alta tensão. Atua na área de O&M de alta tensão há mais de 9 anos, tendo passagem por áreas de proteção e controle (SPCS), engenharia de manutenção e planejamento e controle da manutenção



Manutenção preventiva em instalações elétricas industriais

Para garantir a confiabilidade e continuidade no fornecimento de energia, é necessário entender a necessidade da manutenção nos ativos do sistema elétrico.

Há muito tempo, ouvimos dizer que manutenção é custo para o processo. No caso de instalações elétricas, para que as manutenções sejam viabilizadas, é necessário que se entenda que a manutenção não é custo, mas sim investimento.

Investir em manutenção no sistema elétrico é vital para o crescimento e desenvolvimento do País. Uma vez que garantimos bons indicadores de continuidade, permitimos e trazemos investimentos, movimentamos a economia, garantimos, inclusive, a vida das pessoas, uma vez que o sistema alimenta hospitais, clínicas e demais missões críticas. Tão importante quanto expandir o sistema e garantir energia para a população, é também manter o sistema íntegro e operacional.

Sabemos que ainda temos muitas regiões carentes de energia e sistemas radiais inseridos no Sistema Elétrico de Potência, isso significa que grande parte dos consumidores são atendidos por circuitos que não possuem recurso, onde no caso de um evento (ocorrência), não há suplência, tornando ainda mais necessário a qualidade e gestão na manutenção de ativos do setor.

Quando falamos em subtransmissão, distribuição em alta e média tensão, os maiores impactos nos indicadores de continuidade no fornecimento de energia são provocados por ocorrências, que em sua maioria, são ocasionadas por uma falha em equipamento ou circuito elétrico.

No contexto corporativo, a manutenção preventiva se torna essencial para a produção. O cenário ideal para a produção é a maximização das atividades preventivas para a redução das manutenções corretivas (reparos). Quando a manutenção é tratada como investimento, é possível, inclusive, estabelecer projeções de continuidade e funcionamento dos ativos (indicadores de tempo médio de falhas e tempo médio de reparo).

Fora a redução de falhas, a manutenção tem um papel estratégico em investimentos. Em uma área regulada como a distribuição de energia, os investimentos realizados são tarifados pelo órgão regulador, ou seja, é possível receber novamente o investimento na rede, desde que seja para melhorar o fornecimento de energia para os clientes. Isso torna ainda maior a responsabilidade da manutenção em analisar qual reparo de fato pode agregar valor à companhia, ou qual pode ser convertida em investimento, a partir da renovação do ativo. Para isso, ferramentas que identifiquem o risco operacional do ativo podem contribuir com essa tomada de decisões.

Cabe ressaltar que, é sim papel da manutenção participar ativamente da sugestão e execução na renovação de ativos, afinal, é o órgão que possui maior conhecimento de como manter o ativo. A contribuição da manutenção pode ser dada através de trabalhos que relacionam o risco operacional de um ativo, a partir de parâmetros de confiabilidade gerados com informações de relatórios de ensaios e até mesmo diagnósticos das possíveis falhas, balizando da melhor forma quais os principais ativos que precisam de investimentos.

Para entender melhor as necessidades e alguns modelos de manutenção, vamos explorar os conceitos de manutenção preventiva e trazer modelos focados em produtividade e confiabilidade.

Manutenção preventiva

No segmento de energia, onde a "produção" trata de qualidade no fornecimento de energia, ou seja, a disponibilidade total dos ativos se faz necessária, não só a realização das manutenções, mas a existência de modelos estratégicos para priorização e construção de um plano de manutenções.

Por definição a Manutenção Preventiva (MP) consiste em exercer um controle sobre o equipamento, de modo a reduzir a probabilidade

de falhas ou queda no desempenho, baseado em intervalos regulares de manutenção, ou seja, obedecendo a um plano previamente elaborado (PINTO; XAVIER, 2001).

Quando os ativos são considerados críticos, o mais indicado é adotar a MP, de modo a antecipar-se às possíveis falhas. Os planos de revisão seguem recomendações do fabricante e consideram aspectos relevantes, como histórico de ocorrências em equipamentos similares. Outra característica é sobre sua execução, que deve seguir frequências determinadas (semanal, mensal etc.) ou a partir de certo número de horas trabalhadas. Sua principal desvantagem é o gasto com substituição de componentes, o que ocorre geralmente bem antes da ocorrência do defeito (SANTOS, 2010).

No sistema elétrico, alguns fatores são primordiais para construção de um plano estratégico de manutenção. Podemos citar por exemplo:

- Número de operações;
- Idade do ativo;
- Quantidade de clientes atendidos;
- Criticidade do conjunto regulatório de unidades consumidoras (ANEEL);
- Tempo;
- Periodicidade indicada pelo fabricante;
- Estações do ano;
- Possibilidade de recurso (remanejamento das cargas).

A partir dessas variáveis, é possível modelar um plano adequado à realidade da concessionária. Um fator primordial, é que o plano de manutenção previsto seja dinâmico, respeitando assim, períodos mais críticos do ano, considerando temperaturas, demandas de consumo (variação das cargas) e contingências.

Confira, nas próximas edições, dois modelos de manutenções preventivas possíveis de serem aplicadas às instalações.



I.OSE

INSTITUTO O SETOR ELÉTRICO
EDUCAÇÃO E NEGÓCIOS

Torne-se o profissional de energia que o mundo precisa!

Treinamentos técnicos e encontros de negócios com conteúdo da mais alta qualidade apresentado por verdadeiros mestres em suas áreas de atuação.

Cursos do 2º semestre

Aterramento de LTs e SE • Aterramento em usinas solares • O&M de SE • Projeto de SE de média e alta tensão • Projeto de instalações elétricas industriais • Proteção de Sistemas Elétricos de Potência • Proteção e seletividade de cabines primárias • Qualidade da energia elétrica e a GD • Cálculo de energia incidente • Transitórios em SEP • Sistemas inteligentes de distribuição de energia

www.institutoseletrico.com.br

**SOLUÇÕES CONSOLIDADAS
EM QUALIDADE DE ENERGIA E
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**



**COMPENSAÇÃO REATIVA
TEMPO REAL**



**MEDIÇÃO DA QUALIDADE
DE ENERGIA**



**SOLUÇÕES EM
PRODUTOS E SERVIÇOS
TRANSFORME SEU
CAPEX EM OPEX**

**A QUALIDADE DE ENERGIA
EM SUAS MÃOS**



www.acaoengenharia.com.br
(11) 3893-6050

orcamento@acaoenge.com.br



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



XV Conferência Brasileira sobre Qualidade de Energia Elétrica

O maior evento da América Latina sobre a Qualidade da Energia Elétrica está se aproximando, e desta vez, ocorrerá em São Luís do Maranhão. Organizada pela Sociedade Brasileira de Qualidade da Energia Elétrica (SBQEE), com apoio da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Instituto Federal do Maranhão (IFMA) e Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Maranhão (CREA/MA), a XV CBQEE acontecerá de 04 a 06 de setembro de 2023, no Centro Pedagógico Paulo Freire da UFMA, em São Luís, MA.

Considerado o principal evento na área de qualidade da energia elétrica, a Conferência, que possui caráter científico, técnico e industrial, contará com a participação de profissionais renomados do setor, autores, professores, além de representantes do EPRI, organização internacional que realiza pesquisa e desenvolvimento relacionados à geração, distribuição e uso de eletricidade.

Na ocasião, deverão ser apresentados mais de 100 artigos técnicos, além da

realização de plenárias para debater temas relevantes ao segmento, como os impactos da transição energética, geração distribuída na qualidade da energia elétrica, aspectos regulatórios, atribuição de responsabilidades, dentre outros. Os artigos apresentados deverão ser publicados na plataforma IEEE Explorer, banco de dados de pesquisa para descoberta e acesso a artigos de diversas áreas do conhecimento, inclusive de engenharia elétrica.

O evento contará ainda com uma feira e exposição de fornecedores de soluções e serviços sobre qualidade energética, além de minicursos relacionados à temática do encontro.

A CBQEE é um evento genuinamente brasileiro e já esteve sediada em todas as regiões do Brasil. Ainda há tempo de divulgar sua marca e seus produtos no maior evento sobre o tema da América Latina. Informações complementares em: <https://eventos.galoa.com.br/cbqee-2023/page/2132-inicio>

Nos vemos em São Luís.



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



Os ventos são bons, mas e as redes? Que os ventos soprem a favor das redes

“Oh como os mortais culpam os deuses de todas as coisas, quando na verdade, são eles próprios, devido à sua insensatez e à sua loucura, que sofrem demasiadamente.”

No poema Odisseia de Homero (Canto I), o poderoso Zeus exclama o texto acima. Alguns pesquisadores acreditam que este poema tenha sido escrito em grego antigo, possivelmente na linguagem Eólios ou, pasmem, Eólico!

E aqui está a conexão com os tempos atuais, onde no Brasil, as energias renováveis crescem de maneira formidável.

Nos últimos 10 anos, saímos de uma capacidade instalada de menos de 1 GW para 25,63 GW de energia eólica, de acordo com o boletim anual de 2022 divulgado recentemente pela ABEEólica (Associação Brasileira de Energia Eólica e Novas Tecnologias). Além disso, alcançamos a sexta posição no ranking mundial de energia eólica onshore, segundo o Global Wind Report 2022, um relatório do Global Wind Energy Council (GWEC). Para se ter uma ideia, em 2012, ocupávamos o 15º lugar. Um verdadeiro salto na busca por alternativas mais limpas de energia!

Voltando ao poema de Homero, sabemos que o herói Odisseu passaria ainda por grandes desafios:

“O primeiro desafio serão as sereias... As sereias que possuem uma voz muito envolvente, muito sedutora e muito encantadora”. “Os homens que delas se aproximam, nunca mais os filhos e esposas verão novamente, eles morrerão.”

Dito isto, voltemos então para os parques eólicos no Brasil. Os primeiros deles, em sua

grande maioria instalados no Rio Grande do Norte, que receberam incentivos pelo PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica), tiveram suas redes de média tensão instaladas, quase em sua totalidade, de forma subterrânea. Ou seja, receberam redes isoladas de energia.

Porém, como Zeus mesmo disse: *“Oh mortais... devido à sua insensatez e à sua loucura, que sofrem demasiadamente.”*

Hoje em dia, a grande maioria das redes de média tensão, dos novos parques eólicos brasileiros, está sendo construída de forma aérea, diferentemente do que ocorreu lá atrás. Ou seja, os investidores estão sendo seduzidos pelo “canto da sereia”, onde os envolventes, sedutores e, por que não, encantadores menores custos de implementação na construção da rede aérea, estão os levando para um triste e custoso final.

Vamos lembrar aqui de alguns conceitos, de maneira resumida:

Capex (capital expenditure): significa despesas de capital. São investimentos em máquinas, equipamentos (infraestrutura) e imóveis.

Opex (operational expenditure): significa despesas com a operação.

Investidores atentos têm como meta o maior retorno com o menor investimento possível. Portanto, ao olharmos para o lado do Capex (investimento), seria justo concluir que a melhor opção econômica para os parques eólicos é instalar as redes de média tensão de maneira aérea. O problema é que, depois de instalar e

ligar o parque, ele terá de ser operado e mantido.

É aí que entra em cena a importância de considerar o Opex. Redes aéreas de média tensão pressupõem altos custos com manutenção quando comparadas com as redes subterrâneas, além de contarem com taxas de falha extremamente mais altas, resultando em interrupções e paradas mais frequentes na geração de energia.

Outro ponto a ser considerado nesta conta é que cerca de 80% do custo de construção de um parque eólico é destinado para os aerogeradores, enquanto os outros 20%, são destinados a outros custos do empreendimento, como o investimento na rede de média tensão, que gira em torno de 2% a 4%. Logo, uma rede de baixa confiabilidade e alto custo de manutenção, que são características de redes aéreas, é somente entre 1% e 2% mais econômica em comparação com uma rede de alta confiabilidade e disponibilidade e baixo custo de manutenção.

Nessa hora, vale lembrar que um dos ensinamentos do Princípio de Pareto (regra 80-20), do economista italiano Vilfredo Pareto, é que as maiores oportunidades estão nos 20% que impactam em 80% dos investimentos. Ou seja, em vez de economizar na parte mais econômica do empreendimento, por que não investir em uma alternativa que, a curto, médio e longo prazo, pode representar ainda mais retornos para os parques?

Que os bons ventos do Brasil soprem a favor de redes mais confiáveis para que, lá na frente, não culpemos os deuses pela baixa disponibilidade dos nossos promissores parques eólicos.

Ação Engenharia 76

(11) 3883-6050

www.acaoengenharia.com.br**Alubar 31**

(91) 3225-5808

www.alubar.net.br**Brval 55**

(21) 3812-3100

www.brval.com.br**Cinase 9**

(11) 98433-2788

www.cinase.com.br**Clamper 21**

(31) 3689-9500

www.clamper.com.br**Cobrecom 41**

(11) 2118-3200

www.cobrecom.com.br**Condumax 27**

0800 701 3701

www.condumax.com.br**Eletrotransol 47**

(91) 3204-7700

www.eletrotransol.com.br**Embrastec 35**

(16) 3103-2021

www.embrastec.com.br**Exponencial 37**

(31) 3317-5150

www.exponencialmg.com.br**Gimi Soluções 2ª capa, 3 e Fascículos**

(11) 2532-9825

www.gimi.com.br**Instituto O Setor Elétrico 75**

(11) 93452-7840

www.institutosetoreletrico.com.br**Intelli 4ª capa**

(16) 3820-1500

www.grupointelli.com.br**Itaipu Transformadores 17**

(16) 3263-9400

www.itaiputransformadores.com.br**KRJ 57**

(11) 2971-2300

www.krj.com.br**LEM 29**

414-477-3494

www.lem.com**Minuzzi 39**

(19) 3272-6380

www.minuzzi.ind.br**Paratec 73**

(11) 3641-9063

www.paratec.com.br**Pextron 13**

(11) 5094-3200

www.pextron.com**Romagnole 67**

(44) 3233-8500

www.romagnole.com.br**Sil 51**

(11) 3377-3333

www.sil.com.br**Trael 3ª capa**

(65) 3611-6500

www.trael.com.br**Varixx 25**

(19) 3301-6902

www.varixx.com.br



Transformando energia em desenvolvimento



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

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



SOLUÇÕES PARA RENOVÁVEIS



LANÇAMENTO

ALICATE DE COMPRESSÃO
À BATERIA



TBTA

TERMINAL BIMETÁLICO
À COMPRESSÃO

ICALi-XP

CONDUTOR DE ALUMÍNIO
ISOLADO COM XLPE/PVC

VISITE-NOS NA **FIEE** De 18 a 21/07 Stand **E38**

Siga-nos nas redes sociais.

 /grupo-intelli  /grupointelli  /grupo_intelli  /grupointelli

GRUPO
INTELLI **50**
ANOS
1973 - 2023

WWW.GRUPOINTELLI.COM.BR