



# o setor elétrico

REVISTA

ISSN 1983-0912

Ano 18 - Edição 198 / Outubro de 2023



**CINASE**  
Congresso & Exposição  
CIRCUITO NACIONAL DO SETOR ELÉTRICO

13  
ANOS

## Perdas não técnicas: o desafio “invisível” da eficiência energética no Brasil

Semelhante a um vazamento silencioso, em que a eletricidade se dissipa ao longo dos cabos que cruzam as ruas, avenidas e estradas do país, os furtos de energia deixam um rastro de ineficiência e prejuízos financeiros

**CINASE FORTALEZA**

Líder em energias renováveis, Nordeste mostra força e vitalidade da indústria elétrica

**ARTIGO TÉCNICO**

IEC 62443: reforçando a segurança cibernética em infraestrutura crítica. Por Eduardo Honorato

**OSE** MULTIMÍDIA

Acesse também o conteúdo exclusivo dos nossos colunistas e especialistas em vídeo

## 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®



## 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®



## Skid EcoSolar®

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.



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



## Cabine primária padrão concessionária

Cabine primária para conexão do seu parque solar ao sistema da concessionária, conectando a energia gerada em 15kV, 24kV e 36kV, com isolamento a ar, mista ou integral em SF6, homologadas em todas as concessionárias do Brasil.



## Cubículo blindado modular classe 17,5kV/16kA

Cubículo classe 17,5kV/16kA compacto com unidade normalizada de média tensão para distribuição elétrica secundária de uso público, privado e industrial, de uso ao tempo ou abrigado.

Ela é caracterizada por interruptores seccionadores de manobra isoladas a ar, assim como seus barramentos e sua referência normativa é a NBR-IEC-62271-200.

**New Piccolo®**



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

**Nottabile®**



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

**Maggiore®**



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®**

**GIMI**  
Soluções em Energia  
DESDE 1971  
UMA EMPRESA DO  
GRUPO GIMI



## 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**  
GIMI POGLIANO BLINDOSBARRA  
BARRAMENTOS BLINDADOS  
Member Of  
**GIMI**  
MEMBERSHIP



# Geração centralizada ou distribuída?



Com o crescimento exponencial da geração distribuída (GD) no Brasil desde 2013, resultante da busca incessante dos consumidores por economia nos gastos com a conta de luz, ou, em segundo plano, pelo desejo de adotar práticas mais sustentáveis de consumo, a modalidade tem despertado cada vez mais o interesse tanto dos consumidores residenciais, quanto comerciais. Empresas, condomínios residenciais, hotéis e residências térreas estão de olho nas opções que o mercado oferece, algumas com promessas milagrosas de zerar a conta de luz, muitas delas na casa dos quatro dígitos.

Esse movimento tem impulsionado basicamente o mercado de energia solar fotovoltaico, que é mais atrativo e relativamente simples de instalação. Se por um lado a economia é boa para o consumidor, por outro lado, esse movimento está tirando o sucesso das concessionárias de energia, que passaram a lidar com algumas situações indesejáveis, que vão muito além da perda de receita. Ao mesmo tempo, surgiu também a necessidade de novas regulamentações acerca do tema, além de um amplo e conturbado processo legislativo no Congresso Nacional, onde tramitam diversos projetos de lei que tratam da GD, bem como dos subsídios que o segmento vem usufruindo nos últimos anos, recursos esses que são custeados pelos demais consumidores optantes pela geração centralizada.

Mas será que a geração distribuída é boa para todos os consumidores mesmo? É justamente sobre este tema que um dos nossos nobres colunistas, o engenheiro Danilo Souza, responsável pela coluna Energia, Ambiente & Sociedade, trata nesta edição. Versando sobre a importância da transição energética, bem como a busca contínua por eficiência energética, o texto traz uma análise aprofundada sobre os atributos e os desafios das gerações centralizada e distribuída de energia.

No caso da GD, os desafios para os consumidores começam com o espaço disponível para instalação dos painéis fotovoltaicos, por exemplo. Já para consumidores residenciais que vivem em edificações horizontais, no geral, o espaço do telhado é suficiente para a instalação de um sistema eficiente de baixa densidade de potência, diferentemente das habitações verticalizadas, como é o caso dos grandes edifícios residenciais ou comerciais.

“Esse é o maior desafio em áreas onde o espaço é limitado ou caro. Quando consideramos diferentes tipos de estruturas, como uma torre de apartamentos de 30 andares ou um hotel, a demanda pode chegar a 1.000 W/m<sup>2</sup> e 2.000 W/m<sup>2</sup>, respectivamente. Comparando com a geração fotovoltaica, que possui taxas médias de 30–100 W/m<sup>2</sup> de forma intermitente e em um período diário, fica claro que, embora edifícios menores e casas isoladas possam se beneficiar da geração solar descentralizada, edifícios mais altos enfrentariam desafios significativos”, destaca o colunista.

Bom, não vou dar mais spoilers deste artigo instigante, deixando aqui um convite para que você, nosso leitor, faça sua própria descoberta acerca da riqueza deste texto, assim como dos demais assuntos tratados nesta edição, que aliás estão cada um mais interessante que o outro!

OSE Multimídia – O que já era bom, ficou ainda melhor! A partir de agora disponibilizaremos o conteúdo dos nossos principais colunistas em vídeo, para que você possa acompanhar e interagir cada vez mais com o melhor conteúdo técnico do setor elétrico brasileiro.

Boa leitura!

*Edmilson Freitas*

edmilson@atitudeeditorial.com.br



Edição 198

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

Paulo Edmundo da F. Freire, Marcus Vinícius B. Mendonça,  
Arnaldo José P. Rosentino Jr., Fabrício Augusto M. Moura,  
João Carlos Mello, Cláudio Mardegan, Nunziant Graziano, Luciano Rosito,  
Aguinaldo Bizzo, Caio Cezar Neiva Huais, José Starosta, Daniel Bento,  
Roberval Bulgarelli, Frederico Bosch, Eduardo Honorato, Hugo Muniz  
Bolognesi, 1,2 e Carla Kazue Nakao Cavaliere, Luiz Catelani, Ana Carolina  
Ferreira da Silva e Lindemberg Reis, Marcos Fábio V. Montezuma,  
Enio Pontes de Deus, Jurandir Picanço e Flávia Consoni.

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 | PongMoj

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

anatec



### 35 Suplemento Renováveis

Com o título "Eletrolisadores: opções tecnológicas e novas tecnologias" o texto de autoria de Marcos Fábio V. Montezuma e Enio Pontes de Deus, professores e pesquisadores da 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 sétimo capítulo desta série traz um estudo sobre a produção do hidrogênio por meio da eletrólise da água, que se destaca pela possibilidade de ser realizada sem que haja qualquer emissão de CO<sub>2</sub> no seu processo.

### 4 Editorial

Geração centralizada ou distribuída?

### 6 Eventos

CINASE Nordeste – Fortaleza/CE

### 16 Painel de Notícias

Proposta para reestruturação do setor elétrico deve ser discutida no Congresso Nacional/Aneel e Anatel avançam em discussões sobre compartilhamento de postes/ Fluke anuncia a aquisição da Solmetric/ AES Brasil e Unipar inauguram Complexo Eólico Tucano, na Bahia/ Eletrobras lança plataforma de inovação aberta para aceleração tecnológica

### 19 Fascículos

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

### 44 Conexão Regulatória

Por Frederico Bosch - Fio A, Fio B e o pagamento pelo uso da rede: onde os mercados se encontram.

### 46 Artigo Técnico

Por Eduardo Honorato - IEC 62443: reforçando a segurança cibernética em infraestrutura crítica

### 48 Reportagem

Perdas não técnicas: o desafio "invisível" da eficiência energética no Brasil

### 52 Guia Setorial

Equipamentos para redes de distribuição e transmissão de energia - O mercado especializado em equipamentos e componentes para a distribuição e transmissão de energia elétrica está cada vez mais moderno e mais competitivo no Brasil. De Norte a Sul do país existem centenas de empresas dedicadas à produção, importação e comercialização desses equipamentos, que são indispensáveis para o suprimento da cadeia da indústria elétrica. Veja nesta edição a relação das principais empresas de equipamentos para redes de distribuição e transmissão de energia do país.

### 56 Espaço Aterramento

Revisão da norma ABNT NBR 15751 Aterramento de subestações: vale a pena manter formulações e metodologias baseadas em modelos de solos uniformes?

### 58 Espaço SBQEE

Método modificado para atribuição de responsabilidades diante de desequilíbrios de tensão

### 60 Espaço Cigre-Brasil

O sucesso da transição energética está nas mãos dos jovens profissionais

### Colunas

- 62 Cláudio Mardegan – Análise de Sistemas Elétricos
- 63 Nunziant Graziano – Quadros e Painéis
- 64 Danilo de Souza – Energia, Ambiente & Sociedade
- 66 Luciano Rosito – Iluminação Pública
- 67 Aguinaldo Bizzo – Segurança do Trabalho
- 68 Caio Cezar Neiva Huais – Manutenção 4.0
- 70 José Starosta – Energia com Qualidade
- 71 Daniel Bento – Redes Subterrâneas em Foco
- 72 Roberval Bulgarelli – Instalações EX



# CINASE

Congresso & Exposição

CIRCUITO NACIONAL DO SETOR ELÉTRICO

*Por Edmilson Freitas*



## Líder em energias renováveis, Nordeste mostra força e vitalidade da indústria elétrica

Com a participação de cerca de 1.200 pessoas, CINASE Nordeste foi realizado em Fortaleza/CE e contou com a participação dos grandes players do setor

Líderes nacionais em geração de energia renovável, os estados do Nordeste mostraram, mais uma vez, toda a sua força e vitalidade durante a 44ª edição do Circuito Nacional do Setor Elétrico – CINASE Região Nordeste, que ocorreu nos dias 13 e 14 de setembro, em Fortaleza (CE). Realizado no Centro de Eventos Ceará, no coração da capital do estado, o evento reuniu quase 1.200 pessoas, entre congressistas, especialistas renomados do universo das instalações elétricas, provedores de tecnologia e de profissionais, além de dirigentes de empresas e instituições do setor elétrico, sediadas no Ceará e nos demais estados da região.

Debatendo temas que estão na agenda dos principais players do setor elétrico, como transição energética, geração distribuída, energia solar fotovoltaica, mercado de eólica, hidrogênio verde (H2V), infraestrutura de redes elétricas, mercado livre de energia, eficiência energética, ESG e indústria 4.0, o evento contou ainda com uma área de exposição com cerca de 30 empresas do setor elétrico, entre fabricantes, distribuidores de materiais elétricos e prestadores de serviço.

Fazendo jus ao lema “o ponto de encontro do setor elétrico”, o CINASE Fortaleza não foi diferente das demais edições já realizadas neste ano, que ocorreram no Rio de Janeiro (RJ) e em Belém (PA), entregando aos seus parceiros e patrocinadores um evento altamente prestigiado, com dois dias de auditório cheio e feira de exposição lotada. “Essa é a quarta vez que o CINASE vem ao

Nordeste, tendo como anfitriã a belíssima e acolhedora cidade de Fortaleza. Foi um grande evento, à altura da importância e relevância do setor elétrico do Ceará e de toda a região Nordeste. Chegar aqui e ver todo esse potencial de negócios, com grandes nomes e marcas do mercado elétrico nacional a todo vapor, é extremamente gratificante. Estamos ansiosos para retornar aqui”, afirma o diretor-fundador do Grupo O Setor Elétrico, Adolfo Vaiser, empresa responsável pela realização do evento.

## Transição energética

Dentre os diversos temas abordados no Congresso, destaque para o painel que debateu o Hidrogênio Verde (H2V) como estratégia para a mobilidade na transição energética do país. Para o especialista no tema e consultor de energia da Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC), Jurandir Picanço, a expansão e o desenvolvimento do H2V como célula a combustível, certamente, é uma das alternativas mais promissoras rumo à redução da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera.

“O Hidrogênio verde como célula combustível já é uma realidade em vários projetos-piloto pelo mundo, tanto para veículos leves como para os mais pesados, como ônibus, caminhões e trens. No entanto, o desenvolvimento desta tecnologia não é simples, visto que os equipamentos que estão sendo produzidos são mais caros, e também dependem de uma estrutura para

o abastecimento. Eu não posso comprar um veículo movido a hidrogênio se eu não encontro postos para abastecimento, portanto, é preciso de uma ação planejada para desenvolvimento deste mercado”, destaca o especialista, ressaltando a importância do apoio e financiamento de projetos relacionados ao H2V no país.

Atualmente, segundo Picanço, existe um pouco mais de 53 mil veículos a célula a combustível (hidrogênio) em operação em várias partes do mundo, com 553 postos de abastecimento de hidrogênio. Até 2030, a previsão é de que outros 5 mil postos entrem em operação. “Os veículos que estão sendo desenvolvidos a hidrogênio são na verdade veículos elétricos que, ao invés de terem uma bateria gigante, têm um pequeno conjunto de baterias associadas com tanques de células a combustível de hidrogênio. Esse hidrogênio, então, é convertido em energia elétrica, que carrega a bateria. Ou seja, o carro a hidrogênio, na verdade, é um carro elétrico, que, ao invés de carregar na tomada, é alimentado através da célula a combustível”, explica Picanço, que dirigiu recentemente um veículo movido a hidrogênio em uma feira de Munique, na Alemanha, país que já conta, desde 2018, com trens a hidrogênio em operação.

Países da Europa e os Estados Unidos (Flórida) esperam ter cerca de cem mil caminhões com a tecnologia em operação até 2030. No mesmo período, projetos preveem a fabricação de mil unidades desses veículos em Madrid, na Espanha, e dez mil táxis em Paris, na França.



A pauta ESG também ganhou destaque nos debates de Fortaleza. Um time de especialistas foi escalado para debater as práticas ambientais, sociais e de governança corporativa voltadas à sustentabilidade. “Hoje o mercado tem uma visão de que os negócios precisam ser economicamente viáveis, socialmente justos e ambientalmente sustentáveis. O tripé da sustentabilidade entrou no universo corporativo em meados de 2004 como uma gestão de riscos para amenizar as consequências ambientais nos negócios e ampliar o vínculo com a sociedade. O conceito de ESG está muito associado ao capitalismo dos stakeholders, em que as organizações não olham mais somente para o seu negócio, mas para o seu impacto ao longo de toda a sua cadeia, de quem compra, de quem vende, fortalecendo essa rede de sustentabilidade corporativa”, destaca Laiz Herida, Founder & CEO at HL Soluções Ambientais.

Para a gerente de Sustentabilidade da Enel Ceará, Ana Cilana Braga, a inclusão dos pilares ESG no universo corporativo é uma realidade em todo o mundo, e veio para ficar. “Na Enel Ceará, há pelo menos 10 anos, a sustentabilidade passou a fazer parte do centro das estratégias da

empresa. Para sermos uma empresa que desenvolve de forma sustentável, que gera valor a longo prazo, os temas relacionados à pauta social, meio ambiente e governança precisavam fazer parte da nossa estratégia. Hoje temos uma diretoria específica, criada em 2015, para consolidar essas práticas, traçar métricas e indicadores para medir esse impacto”, afirmou.

De acordo com a especialista, a energia elétrica, assim como vários setores da indústria, gera impacto positivo na sociedade, mas também existem aspectos negativos que precisam ser avaliados. “A gente não se vê hoje sem energia, sem todas as comodidades que ela oferece, mas também gera outras externalidades, por exemplo, no caso da distribuição, o impacto social, relacionado à fatura de energia do cliente, então precisamos sempre estar pautados nisso, olhando para a situação socioeconômica dos consumidores, para que possamos nos desenvolver com sustentabilidade”, afirmou. O debate contou ainda com a participação do gerente da Usina de Hidrogênio Verde da EDP, Cayo Moraes, que falou sobre as iniciativas da empresa para desenvolvimento da produção de H2V no estado.





# 100%

## DOS CABOS TESTADOS E APROVADOS EM LABORATÓRIO



Isolação XLPE em Dupla Camada



5 anos de garantia - a maior do mercado



100% dos cabos testados em laboratório próprio  
Garantia de entrega com metragem e bitola corretas



INOVAÇÃO QUE  
ASSEGURA QUALIDADE  
E ALTA PERFORMANCE



## Feira de exposição

Com um público altamente qualificado, os estandes da feira de exposição do CINASE Fortaleza se transformaram em verdadeiros pólos de negócios e de networking, possibilitando aos visitantes a interação com os serviços e produtos das principais empresas de serviços e de engenharia elétrica no Nordeste e no país. "O que percebemos em Fortaleza foi que chegou ao nosso estande muito mais leads qualificados. Somos produtores de condutores elétricos em alumínio e em algumas outras feiras, chegam pessoas perguntando o que são esses condutores, já no CINASE Nordeste, recebemos pessoas perguntando como se instala um cabo de alumínio, já que eles estão acostumados a trabalhar com outros cabos. Então, isso é muito importante, pois mostra um avanço na qualificação do público de visitantes do evento", destacou Fábio Santana, gerente de Marketing da Neo Cable, parceira assídua do Grupo O Setor Elétrico.

Com 32 anos de mercado, a Carmehil, empresa genuinamente cearense, que oferece um mix completo em material elétrico, iluminação, rede de dados, infraestrutura e painéis elétricos, ferramentas e acessórios, também marcou presença no evento. "No CINASE é onde está nosso público-alvo e os clientes que queremos trabalhar. Este ano foi bem oportuno, pois conseguimos trazer para a feira um produto que queríamos acrescentar



# INTERLIGAÇÃO GERADOR-REDE

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

## URP 6000

DIRECIONAL

## URP 6100

BIDIRECIONAL



### SOFTWARE APLICATIVO



PARAMETRIZAÇÃO AMIGAVEL  
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 /  
+ sistema LV/BM 4 tensões  
(Copel NTC 905200 – jul/2023)

### 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**



há algum tempo no nosso portfólio, que é a parte de painéis de média tensão. Foi fantástico o evento, não só pela qualidade das palestras, mas pela oportunidade que ele cria de negócios, onde podemos mostrar todos os nossos produtos”, ressalta Carlos Mendonça, diretor-fundador da Carmehil.

Parceiro do CINASE desde a sua primeira edição, Uriel Silva, gerente de vendas da Pextron, também destacou a qualidade do público. “Realmente, o público surpreendeu, o auditório totalmente lotado, muita gente com capacidade técnica, com poder de decisão, inclusive, conseguimos fechar negócios importantes para a empresa, o que significa um retorno imediato do investimento que fizemos para estar aqui em Fortaleza”, conta.

Para o CEO do Grupo Gimi, Nunziante Graziano, ao falar de toda a cadeia produtiva da engenharia elétrica, bem como da geração e distribuição de energia elétrica, o CINASE se consolida cada vez mais como um dos eventos mais relevantes do setor elétrico brasileiro. “Esse evento do Ceará me surpreendeu, não só pelo nível do público, mas também pela quantidade de visitantes. Como sempre, também tivemos um time de palestrantes renomados, abordando e compartilhando conhecimentos



diversos, de altíssimo valor técnico. Tivemos aqui palestras sobre eficiência energética, geração, regulação, segurança no trabalho, dentre outros. Todo esse pacote que envolve a instalação elétrica, incluindo a energia elétrica, que corre pelas instalações, é o DNA que o CINASE vem construindo ao longo de sua história”.

## Descentralização

Um dos grandes diferenciais do evento, de acordo com o diretor comercial da empresa Intelli, é o formato descentralizado e itinerante do congresso, que gera oportunidades para todas as regiões do país. “É muito satisfatório participar do CINASE. Temos professores, especialistas consagrados, com pleno conhecimento dos temas tratados. Essa é uma oportunidade importante para todos se atualizarem sobre temas relevantes para o setor elétrico, levando conhecimento para regiões que estão fora do eixo convencional para este tipo de evento, que geralmente é São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais”, acrescenta Marcelo Lugli, diretor comercial da empresa.

Presente no evento, o presidente da Associação Brasileira dos Engenheiros

Eletricistas do Ceará, Francisco Webston Torquato, também ressaltou a importância de o evento chegar a todas as regiões do país. “Aqui no Ceará temos uma dificuldade enorme de trazer eventos deste porte. Consideramos o CINASE a nossa referência para divulgação da engenharia elétrica como um todo. Quando o CINASE chega, há uma animação enorme, tanto para a área acadêmica, como profissional, porque ele possibilita um networking incrível, com fabricantes de equipamentos do Brasil inteiro”.

Fazendo coro ao presidente, o professor da UFC e diretor da ABEE-CE, Gustavo Castelo Branco, que participou de painel sobre instalações elétricas de baixa e média tensão, projetos e segurança, comentou que “o Ceará não costuma ser rota para grandes eventos como o CINASE, então, é uma oportunidade importante para os profissionais deste mercado, que podem ter acesso às tendências e inovações do mercado, seja na parte de proteção elétrica, seja em segurança, painéis e tecnologias de automação”.



## 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 da edição de Fortaleza foram:

### INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Monitoramento de sistemas críticos em hospital terciário - Instituto de Saúde e Gestão Hospitalar - ISGH  
Proponente: Jamil Cavalcante Kerbage

### INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS E COMERCIAIS

Edifício EPIC - Proponente: Alexandre Albano Amorim Sobreira

### PROJETO LUMINOTÉCNICO

Reforma do subsolo do Terminal de Passageiros 01 e rampa de acesso do aeroporto de Fortaleza – Pinto Martins Proponente: Francisco Itaimbé Matias de Oliveira - WT4 Engenharia

### ENERGIAS RENOVÁVEIS

Método de termografia infravermelha ativa com auxílio de visão computacional empregada em material compósito utilizado em pás de turbinas eólicas Proponente: Júlio César Capistrano Estácio



### PESQUISA & DESENVOLVIMENTO

Laboratório de subestação em realidade virtual - Universidade Federal Do Ceará – UFC  
Proponente: Daniel Rebouças Jaguaribe

## Homenagens

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

### JURANDIR PICANÇO JR.

É Engenheiro Mecânico e Eletricista, Consultor de Energia da Federação das Indústrias do Estado do Ceará – FIEC e membro da Academia Cearense de Engenharia – ACE. Foi Presidente da Companhia Energética do Ceará – COELCE, Secretário da Ciência e Tecnologia do Ceará, Conselheiro de Administração da CHESF, Presidente da Agência Reguladora do Ceará – ARCE, Professor do Curso de Engenharia Elétrica da UFC e Presidente da Câmara Setorial de Energias Renováveis do Ceará – CSRenováveis/CE. Nas diversas atividades exercidas sempre esteve ligado às energias renováveis, sendo um dos responsáveis pelas primeiras iniciativas de desenvolvimento das energias eólica e solar, e agora, do hidrogênio verde no Ceará.



### FERNANDO LUIZ MARCELO ANTUNES

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Ceará, bacharel em Administração de Empresas pela Universidade Estadual do Ceará, mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo e PhD pela Loughborough University of Technology - Inglaterra. É professor titular do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, ensinando e pesquisando nas áreas de eletrônica de potência, máquinas elétricas e produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis de energia. Orienta teses de doutorado e dissertações de mestrado dentro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFC, com publicações em revistas e congressos nacionais e internacionais nas áreas de eletrônica de potência e fontes renováveis de energia. Coordena o Grupo de Processamento de Energia e Controle - GPEC do DEE da UFC onde são realizadas pesquisas com financiamento de agências de fomento e empresas nacionais.



### JOSÉ NUNES DE ALMEIDA NETO

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Ceará, onde também fez pós-graduação em Eficiência e Qualidade Energética. Possui ainda Pós-Graduação em Gestão - STC Executivo pela Fundação Dom Cabral / Northwestern University - EUA e Gestão de Manutenção em Empresas de Energia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. No Grupo Enel desde 1984, Nunes ocupou diversas posições, entre elas, a de chefe da Divisão de Manutenção de Subestação e chefe do Departamento de Manutenção da Transmissão, no estado do Ceará. Em novembro de 1999, passou a ser Gerente de Projetos Institucionais da companhia, trabalhando na otimização do programa de investimentos especiais do estado do Ceará.



TRANSFORMING THE GRID.  
POWERING THE FUTURE.

## CELEBRANDO 25 ANOS DA S&C NO BRASIL

À medida que navegamos na transição energética, a modernização de todas as áreas da rede é fundamental para a construção de um sistema resiliente. Há mais de 111 anos e, há mais de 25 anos no Brasil, a S&C tem sido sua parceira quer você esteja trabalhando em linhas subterrâneas ou adicionando proteção avançada aos últimos quilômetros de sua rede. A tecnologia inovadora é fundamental para construir um futuro energético sustentável.

Não importa onde você esteja em sua jornada de modernização da rede, dê o próximo passo com a S&C.



## Proposta para reestruturação do setor elétrico deve ser discutida no Congresso Nacional

O ministro de Minas e Energia, Alexandre Silveira, anunciou que irá enviar no mês de outubro uma proposta legislativa para a Casa Civil e, posteriormente, ao Congresso Nacional, visando a reestruturação do setor elétrico no Brasil. O objetivo da medida é corrigir as distorções que elevaram o custo do serviço de forma desproporcional entre os Estados, proporcionando, assim, tarifas mais justas para a população brasileira.

Segundo o ministro, a atual situação das tarifas é decorrente das assimetrias criadas ao longo dos últimos anos por diversos motivos, como a contração de empréstimos

a juros altos, como as chamadas Contas Covid e Escassez Hídrica. Segundo ele, a retirada dessa assimetria na cadeia produtiva permitirá uma maior competição e maior poder de compra para as famílias brasileiras, pois a redução das tarifas afeta diretamente a retomada do crescimento econômico e o PIB do Brasil.

“Nós queremos encaminhar uma medida estrutural que contemple o setor elétrico brasileiro a fim de fazer justiça na conta de luz para o consumidor. Nós todos sabemos da sensibilidade do presidente Lula nessa questão. A única forma de combater a

desigualdade no Brasil é gerando emprego e renda de qualidade, gerando oportunidade de trabalho para as pessoas, e a energia elétrica é um componente fundamental ao desenvolvimento nacional. É algo que nos últimos anos não foi enfrentado e estamos trabalhando para encontrar um bom termo”, afirmou o ministro.

“Essas medidas impactaram todo o Brasil, mas em especial – e de forma extremamente injusta – o povo do Nordeste e do Norte brasileiro. A população que produz muita energia é a que mais paga pela energia elétrica do Brasil”, finalizou o ministro.

## Aneel e Anatel avançam em discussões sobre compartilhamento de postes

As áreas técnicas da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) emitiram uma proposta para construção de um novo regulamento relativo ao compartilhamento de infraestrutura entre os setores de distribuição de energia elétrica e telecomunicações. A proposta visa, principalmente, modernizar as regras para corrigir as irregularidades na ocupação dos postes, resultando em mais segurança para os trabalhadores das distribuidoras e das empresas de telecomunicações e para toda a população.

Construída em conjunto pelas Agências, a proposta considera as contribuições dos agentes dos setores de energia elétrica e telecomunicações, e demais interessados. Dentre as principais inovações, destacam-se a obrigação de regularização na ocupação dos postes pelas empresas de telecomunicações que estiverem irregulares, a criação de metas para a sociedade acompanhar a evolução da regularização, regras para garantir a igualdade no tratamento das empresas e a possibilidade de gestão do compartilhamento por meio de terceiros.

Outra importante inovação é o estabelecimento de um preço regulado a ser cobrado dos ocupantes dos postes, promovendo igualdade de condições e competitividade para o mercado de telecomunicações. A metodologia elaborada conjuntamente pelas duas agências para estabelecer o preço passará pela discussão com a sociedade em consulta pública. A nota técnica está disponível no site da Aneel, [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br).





## PAINÉIS DE MÉDIA TENSÃO | USO ABRIGADO E AO TEMPO APROVADOS NAS PRINCIPAIS CONCESSIONÁRIAS DO PAÍS



### BR6

17,5kV/24kV/36kV



Agora disponível na versão  
com disjuntor extraível

### 62 SLIM

17,5kV



QRCODE PARA BAIXAR



OS CATÁLOGOS

CONHEÇA TAMBÉM NOSSOS  
**TRANSFORMADORES  
À SECO DE MÉDIA  
TENSÃO**



## Eletronbras lança plataforma de inovação aberta para aceleração tecnológica

A Eletronbras lançou recentemente o Grid de Inovação, uma iniciativa com várias modalidades de engajamento voltada para a promoção da colaboração e aceleração tecnológica por meio da conexão com o ecossistema de inovação. O objetivo é fortalecer a presença da Eletronbras no cenário de inovação, estabelecendo parcerias estratégicas com startups, empresas inovadoras, parceiros e laboratórios, a fim de impulsionar o desenvolvimento e a implantação de soluções inovadoras, com novas tecnologias e novos modelos de negócio.

O programa é inaugurado já com um novo módulo, o Power up, que em seus primeiros

desafios terá foco na implementação ágil de soluções de alto valor agregado. Startups maduras que demonstrem capacidade de gerar resultados relevantes serão selecionadas para participar desse ciclo pioneiro. Em um processo colaborativo, as equipes das startups vão trabalhar lado a lado com profissionais da Eletronbras para validar suas soluções por meio de provas de conceito (PoC), com duração de até 90 dias.

Essa abordagem prática visa aprimorar a eficiência do processo de inovação e acelerar a implementação de tecnologias promissoras com a intenção de contratar esses parceiros para prestar serviços ou fornecer as soluções por prazos de 2 a 4 anos.

Dentre os temas escolhidos para lançar o programa estão a redução de custos e aumento da capacidade operacional do Centro de Serviços Compartilhados (CSC), gestão eficiente do consumo de recursos energéticos nas instalações, otimização do treinamento de colaboradores e gestão do conhecimento, redução de custos no armazenamento de materiais e uso inteligente da frota de veículos, mitigação de incidentes e acidentes de trabalho, melhoria da eficiência na construção de linhas de transmissão e subestações e aprimoramento da gestão do relacionamento com os clientes no setor de comercialização.

## Projetados para uso em instalações de distribuição de energia elétrica comercial e industrial

- 225 a 8.000 kVA
- Classe 15 kV: NBI 95 kV
- Classe 24,2 kV: NBI 125 kV
- Classe 36,2 kV: NBI 150 kV
- Frequência: 60 Hz

Os transformadores Romagnole, atendem integralmente ao Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBR, no que tange os requisitos da Portaria Interministerial nº 104 de 22 de março de 2013.



## 20 Mobilidade Elétrica

É notável a necessidade de setores, como o Setor Elétrico, industrial e econômico 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 VII

#### Aplicações de segunda vida para baterias de veículos elétricos

Por Hugo Muniz Bolognesi<sup>1</sup>, e Carla Kazue Nakao Cavaliero

- Introdução
- Aplicações e serviços energéticos das baterias de segunda vida
- Considerações finais

## 24 Cálculo 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 da "Energia Incidente", que traz nesta edição:



### Capítulo VII

#### Cálculo de energia incidente – Modelo EPRI para alta tensão

Por Luiz Carlos Catelani Junior

## 30 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 Lindemberg Reis, gerente de Planejamento e Inteligência e Mercado na Associação, Ana Carolina Ferreira da Silva, assessora de Regulação na Abradee, tratam sobre questões relacionadas à inadimplência no segmento de distribuição de energia.



### Capítulo VII

#### Reflexões sobre o Programa Desenrola e a inadimplência no segmento de distribuição de energia.

Por Lindemberg Reis e Ana Carolina Ferreira da Silva

## Mobilidade elétrica

Por Hugo Muniz Bolognesi e Carla Kazue Nakao Cavaliero\*

# Capítulo VII

## Aplicações de segunda vida para baterias de veículos elétricos

### 1 - INTRODUÇÃO

O mercado dos veículos elétricos (VEs) que empregam tecnologia de baterias de íons de lítio (LIBs) está surgindo como uma alternativa ao de veículos de combustão interna, visando mitigar as emissões poluentes na fase de uso. Com o aumento de veículos elétricos, mais baterias serão descartadas, e pensar em reutilizá-las, mesmo depois de não servirem mais nos carros, pode ser uma forma de fazê-las durarem mais. Essa abordagem evita descartar as baterias e as traz de volta ao mercado com alguma utilidade, economia e menos impacto ao meio ambiente [1].

As baterias de segunda vida (Second-life Batteries - SLBs) podem trazer benefícios tanto ao mercado de armazenamento de energia, quanto ao mercado de VEs. O reuso das baterias após a aplicação veicular poderia estimular a diluição dos altos custos de produção da tecnologia de lítio em dois ciclos de vida [1]. Desta forma, a aplicação das baterias em um segundo uso pode ter reflexos sobre o custo inicial das baterias em VEs.

A adesão comercial de baterias de segunda mão está sujeita à viabilidade técnica e econômica, além de aspectos ambientais. Aplicar sistemas com SLBs pode se tornar uma solução para que as LIBs sejam mais acessíveis economicamente, visto que eles podem suprir as demandas de várias aplicações estacionárias. A proposta de valor da cadeia de reaproveitamento da bateria se baseia em um produto com boa qualidade para empreendimentos de armazenamento de energia de diversas magnitudes, além de envolver serviços de remodelagem e logística, impactando na criação de novos negócios e de empregos [2].

Além de prolongar a utilidade das LIBs, em muitos casos o reuso pode, supostamente, evitar que novas baterias sejam

fabricadas desnecessariamente. Com isso, a aplicação em segunda vida implica em mitigações da pegada ambiental da bateria já fabricada [1].

### 2 - APLICAÇÕES E SERVIÇOS ENERGÉTICOS DAS BATERIAS DE SEGUNDA VIDA

Em um olhar geral, uma SLB ainda saudável pode ser aplicada praticamente nas mesmas operações técnicas estacionárias nas quais as baterias recém-fabricadas atuam. No entanto, exigem controle de estado mais rígido. Como as SLBs mantêm capacidade significativa após o uso veicular, elas podem ser remodeladas e adequadas para várias aplicações, tanto de consumidores individuais de energia quanto dos conectados à rede, principalmente se agregadas para armazenamento de energia de forma distribuída [1].

As baterias oferecem serviços em toda a cadeia de energia elétrica, desde a geração, transmissão, distribuição até o consumidor final. Os serviços de interesse de cada agente podem ser vistos na Tabela 1.

A função de arbitrariedade da energia tem três principais aplicações: “peak shaving”, “time shifting” e “load leveling”. A primeira armazena energia durante horários de baixa demanda e fornece de volta em situações de alto consumo. Em “time shifting”, um sistema de armazenamento pode selecionar os períodos estratégicos para comprar energia e suprir a demanda energética. E em “Load leveling” se complementa o suprimento energético com energia do sistema de armazenamento. Nestas três funções, uma empresa geradora ou um consumidor também podem balancear a potência exigida e reduzir a capacidade de potência de equipamentos [3].

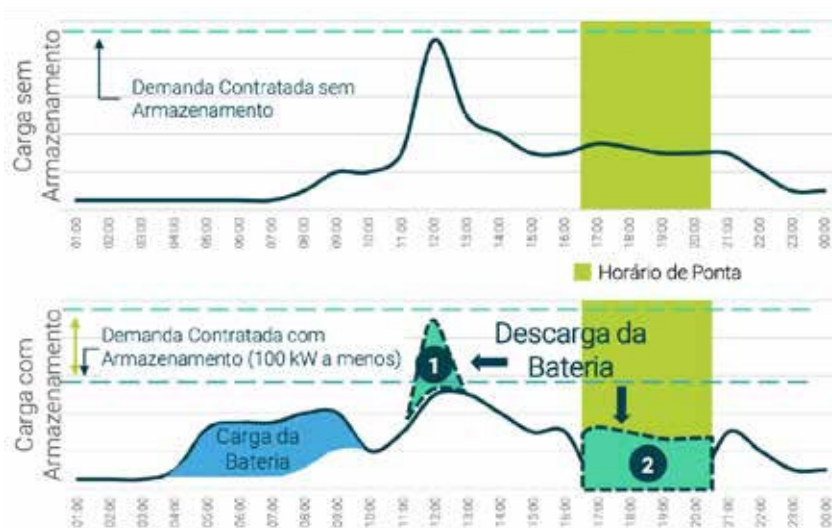
A arbitrariedade de energia pode ser aplicada tanto em

**TABELA 1 – DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS OFERECIDOS POR SLB**

Integração	Agente	Aplicações de SLB
On-Grid	Geradores de eletricidade com fontes não intermitentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbitrariedade da energia;</li> <li>• Compensação de interrupções.</li> </ul>
	Geradores de eletricidade com fontes intermitentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulação de oscilações;</li> <li>• Ampliação do abastecimento de energia renovável.</li> </ul>
	Transmissão E Distribuição (T&D)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suporte ou substituição de elementos de potência em T&amp;D;</li> <li>• Serviços ancilares ao sistema T&amp;D;</li> <li>• Confiabilidade no fornecimento em T&amp;D.</li> </ul>
	Consumidor de energia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbitrariedade da energia;</li> <li>• Redução de potência contratada;</li> <li>• Serviços ancilares ao consumidor;</li> <li>• Confiabilidade e segurança.</li> </ul>
	Prossumidor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retenção de energia gerada localmente;</li> <li>• Arbitrariedade da energia;</li> <li>• Redução de potência contratada.</li> </ul>
Off-Grid	Redes isoladas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suporte à geração isolada;</li> <li>• Confiabilidade e segurança off-grid.</li> </ul>
	Abastecimento off-grid	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serviços energéticos a empreendimentos isolados.</li> </ul>
Mobilidade	Veículos levíssimos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motocicleta, bicicleta ou patinete elétricos.</li> </ul>
	Logística interna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empilhadeiras, elevadores móveis.</li> </ul>
	Carregadores veiculares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suporte a carregadores rápidos</li> </ul>

nível de geração quanto em nível de consumo, a exemplo da Figura 1. Além disso, o “prossumidor” tem mais flexibilidade com sua energia gerada ao armazenar em sistemas de baterias.

Em todos os casos, estes serviços devem levar em consideração as bandeiras de preços de energia, os contratos de demanda e/ou oferta de potência, a eficiência de carga e descarga do



**Figura 1 – Esquema de funcionamento de um sistema consumidor com armazenamento atuando como 1: peak shaving e/ou 2: time shifting. Fonte: [4]**

sistema de armazenamento e o tempo de descarga disponível.

A intermitência das fontes renováveis se traduz em oscilações de potência na rede. Ademais, a variação repentina das fontes renováveis pode causar danos nos sistemas de transmissão. Um sistema de armazenamento de energia pode acompanhar o sistema de geração e compensar eventuais variações, tornando o suprimento contínuo e confiável [3].

Alguns projetos de uso da SLB substituem elementos de T&D (transformadores, por exemplo). Eles se adaptam para que o aumento de demanda na rede, esporádico ou não, não implique em ampliar a capacidade de fornecimento imediatamente. Atuam, dessa forma, como o “peak shaving” em nível de potências de distribuição [3].

Os sistemas de SLB provêm proteções contra falhas e variações na frequência e tensão da rede. A proteção contra falhas requer resposta muito rápida, um certo tempo inicial à potência total, e depois uma queda linear de potência até chegar a zero, quando a rede já estiver estabilizada. Sistemas empregados para regular a rede trabalham continuamente, fazendo ciclos de carga e descarga em períodos curtos de tempo, na ordem de dezenas por minuto. Este serviço pode ser realizado em nível de T&D, para toda a rede local, ou em nível de consumidor, protegendo apenas a unidade [3].

Sistemas de geração fotovoltaica e eólica off-grid precisam de uma forma de regular a energia para consumo, casos em que o uso de armazenamento é inevitável. Redes off-grid agregam acesso à energia em locais fora da rede – segurança, conforto e oportunidade de desenvolver um empreendimento sem depender da rede elétrica [5].

Empreendimentos temporários e/ou equipamentos que não têm acesso à rede precisam de abastecimento de energia que, em geral, é feito por geradores à combustão. Uma alternativa é manter essa infraestrutura energética por sistema de geração fotovoltaica com armazenamento de SLB [1].

### 3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aproveitamento de SLBs para aplicações estacionárias surge como uma solução estratégica para estender a vida útil das LIBs. Com o crescimento contínuo da indústria de VEs, o volume de baterias descartadas após o primeiro ciclo de uso aumenta. Nesse cenário, explorar alternativas para dar uma segunda vida a essas baterias, seja em serviços estacionários de energia ou em veículos de menor porte, ganha destaque. Além de reduzir o impacto ambiental, essa abordagem também pode viabilizar a acessibilidade econômica das baterias, tornando-as

disponíveis para um público mais amplo.

A reutilização de baterias representa um passo importante em direção à sustentabilidade e acessibilidade. Ao invés de simplesmente descartá-las, essas baterias podem ser remodeladas para atender a diferentes demandas. Isso não apenas reduz o desperdício, mas também torna as baterias mais econômicas, expandindo seu potencial de uso para uma gama diversificada de aplicações. Essa abordagem ressalta a importância da economia circular e da inovação para atender às demandas crescentes por soluções energéticas mais sustentáveis.

### 4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. Hossain, D. Murtaugh, J. Mody, H. M. R. Faruque, M. S. H. Sunny, and N. Mohammad, “A Comprehensive Review on Second-Life Batteries: Current State, Manufacturing Considerations, Applications, Impacts, Barriers Potential Solutions, Business Strategies, and Policies,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 73215–73252, 2019.
- [2] R. Reinhardt, I. Christodoulou, S. Gassó-Domingo, and B. Amante García, “Towards sustainable business models for electric vehicle battery second use: A critical review,” *J. Environ. Manage.*, vol. 245, no. December 2018, pp. 432–446, 2019.
- [3] J. Eyer and G. P. Corey, “Energy storage for the electricity grid: Benefits and market potential assessment guide,” 2010.
- [4] Greener and NewCharge, “Estudo Estratégico Mercado de Armazenamento,” São Paulo, 2021.
- [5] H. Ambrose, D. Gershenson, A. Gershenson, and D. Kammen, “Driving rural energy access: A second-life application for electric-vehicle batteries,” *Environ. Res. Lett.*, vol. 9, no. 9, 2014.

---

\*Hugo Muniz Bolognesi é Doutorando em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp. Mestre pelo mesmo programa concluído em 2021 e graduação bacharelado em Engenharia Física pela UFSCar (2018). Atua como Coordenador de Tecnologia da ONG Litro de Luz desde 2019.

\*Carla Kazue Nakao Cavaliero é Docente da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp, com formação em Engenharia Química pela UFRJ, e Mestrado e Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Unicamp. Atualmente é coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Planejamento de Sistemas Energéticos e membro da Comissão Assessora de Mudança Ecológica e Justiça Ambiental, ambos da Unicamp.



## ÓLEO ISOLANTE VEGETAL

O **TRANSFOR V** pode ser aplicado em Transformadores de Distribuição, de Potência e Móveis.

Além de ser uma excelente opção para utilização em parques eólicos e em locais de circulação de pessoas.



LUBRAOIL TECNOLOGIA EM ÓLEOS VEGETAIS



CUSTOS COM MANUTENÇÕES REDUZIDAS



MAIOR CAPACIDADE NOS TRANSFORMADORES



100% BIODEGRADÁVEL



SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS



BENEFÍCIOS AMBIENTAIS



MENOR CUSTO DE REMEDIAÇÃO



### CONTATO

Anderson Morales  
(11) 9 5026-6226

Adilson Oliveira  
(15) 9 9119-6244

Francisco Silva  
(11) 9 9754-8253

  [transforv\\_](#)

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

Saiba mais



## Avaliação de energia incidente

Por Luiz Carlos Catelani Junior\*

# Capítulo VII

## Cálculo de energia incidente – Modelo EPRI para alta tensão

O modelo usado pela OSHA 1910.269 para cálculo de energia incidente é baseado no programa ArcPro®, que tem sua validação em laboratório para comprimentos de arco de até 30 cm. Em paralelo, existe um grande trabalho desenvolvido pelo EPRI (Electric Power Research Institute) com modelos matemáticos e testes para arcos longos.

Essa metodologia de cálculo tem um vasto número de ensaios e valores certificados para arcos verticais ao ar livre de até 1,50 m. Todos estes ensaios foram feitos tendo como parâmetro a distância física entre a cadeia de isoladores, ou um ponto energizado, até um ponto referenciado à terra – Figura 1.

Diferentemente da OSHA 910.269, onde o “Arc Gap” é estimado como 10 kV/in, no EPRI corresponde a distância física e é denominado de “Arc Length”.

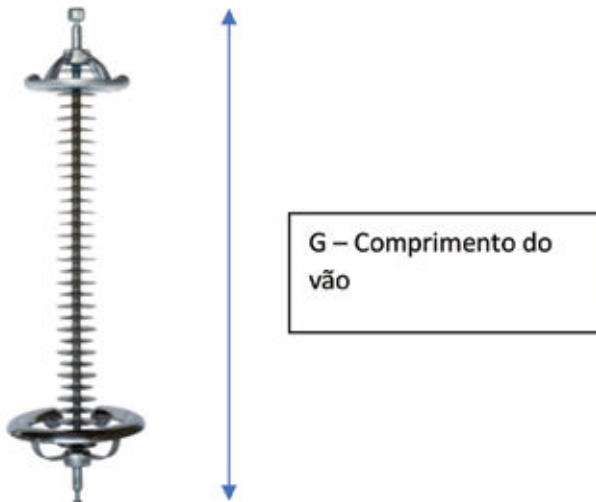


Figura 1 - Cadeia de isolador. Fonte: balestro.

Para a determinação do comprimento físico entre parte energizada e potencial de terra, pode-se usar como forma orientativa as distâncias de coordenação de isolamento previstas na IEC 60071, caso não haja o projeto eletromecânico da instalação a ser calculada ou os valores da norma de instalação elétrica acima de 1 kV a IEC 61936.

TABELA 1 - FAIXA DE TENSÃO IEC 61936 ATÉ 245 KV.

Voltage range	Highest voltage for installation	Standard rated short-duration power-frequency withstand voltage	Standard rated lightning impulse withstand voltage <sup>a</sup>	Minimum phase-to-earth and phase-to-phase clearance <sup>b</sup>	
	$E_m$ RMS	$E_d$ RMS	$E_p$ 1,2 $\mu$ s/50 $\mu$ s (peak value)	Indoor installations	Outdoor installations
	kV	kV	kV	mm	mm
3,6	10	20	40	60	120
			40	60	120
7,2	20	40	60	90	120
		60	90	150	150
12	28	75	95	120	160
		75	95	120	160
17,5	38	95	120	160	160
		95	120	160	160
24	50	125	145	160	220
		145	170	270	270
36	70	145	170	270	320
		170	250	480	480
52	95	250	325	630	630
		325	450 <sup>b</sup>	900	900
72,5	140	450 <sup>b</sup>	550	1 100	1 100
		550	650	1 300	1 300
123	185 <sup>b</sup>	650	750	1 500	1 500
		750	850 <sup>b</sup>	1 700	1 700
145	230	850 <sup>b</sup>	950	1 900	1 900
		950	1 050	2 100	2 100
170	275	1 050	1 150	2 100	2 100
		1 150	1 250	2 300	2 300
245	325 <sup>b</sup>	1 250	1 350	2 300	2 300
		1 350	1 450	2 500	2 500
	385	1 450	1 550	2 500	2 500
		1 550	1 650	2 700	2 700
	460	1 650	1 750	2 700	2 700
		1 750	1 850	2 900	2 900



A distância da coordenação de isolamento está diretamente relacionada com o nível básico de isolamento (NBI) para instalações de até 245 kV. Para instalações superiores a 245 kV, o valor representativo leva em conta, além do NBI, o nível de isolamento de chaveamento.

Acima de 245 kV é considerado extra alta tensão, e sua faixa de valores pode atingir até 1200 kV.

Nível básico de isolamento → Frente de onda 1,2 x 50 μs

Nível de isolamento para chaveamento → Frente de onda 250 x 2500 μs

**TABELA 2 - FAIXA DE TENSÃO IEC 61936 ACIMA DE 245 KV.**

Voltage range	Highest voltage for installation	Standard rated lightning impulse withstand voltage *	Standard rated switching impulse withstand voltage	Minimum phase-to-earth clearance		Standard rated switching impulse withstand voltage	Minimum phase-to-phase clearance	
	$E_m$ RMS	$E_p$ 1.2 μs/50 μs (peak value)	$E_s$ Phase-to-earth 250 μs/2 500 μs (peak value)	Conductor - structure	Rod - structure	$E_s$ Phase-to-phase 250 μs/2 500 μs (peak value)	Conductor - conductor parallel	Rod - conductor
	kV	kV	kV	mm		kV	mm	
300	850/950	750	1 600	1 700 <sup>†</sup>	1 900	1 125	2 300	2 600
	950/1 050	850	1 600	1 900 <sup>†</sup>	2 400	1 275	2 600	3 100
362	950/1 050	850	1 800	1 900 <sup>†</sup>	2 400	1 275	2 600	3 100
	1 050/1 175	950	2 200	2 900	1 425	3 100	3 600	3 600
420	1 050/1 175	850	1 600	2 200 <sup>†</sup>	2 400	1 360	2 900	3 400
			2 200	2 400 <sup>†</sup>	2 900	1 425	3 100	3 600
	1 175/1 300	950	2 400 <sup>†</sup>	2 900	1 425	3 100	3 600	4 200
550	1 300/1 425	1 050	2 600	3 400	1 575	3 600	4 200	4 200
			2 200	2 400 <sup>†</sup>	2 900	1 615	3 700	4 300
	1 175/1 300	950	2 200	2 400 <sup>†</sup>	2 900	1 615	3 700	4 300
800	1 300/1 425	1 050	2 600	3 400	1 680	3 900	4 600	4 600
	1 425/1 550	1 175	3 100	4 100	1 753	4 200	5 000	5 000
	1 675/1 800	1 300	3 600	4 800	2 210	6 100	7 400	7 400
1 100	1 800/1 950	1 425	4 200	5 600	2 423	7 200	9 000	9 000
	1 950/2 100	1 550	4 900	6 400	2 480	7 600	9 400	9 400
	1 950/2 100	1 425 <sup>†</sup>	4 200	5 600	-	-	-	-
	2 100/2 250	1 550	4 900	6 400	2 635	8 400 <sup>†</sup>	10 000 <sup>†</sup>	10 000 <sup>†</sup>
1 200	2 250/2 400	1 675	5 600 <sup>†</sup>	7 400 <sup>†</sup>	2 764	9 100 <sup>†</sup>	10 900 <sup>†</sup>	10 900 <sup>†</sup>
	2 400/2 550	1 800	6 300 <sup>†</sup>	8 300 <sup>†</sup>	2 880	9 800 <sup>†</sup>	11 600 <sup>†</sup>	11 600 <sup>†</sup>
	2 100/2 250	1 675	5 600 <sup>†</sup>	7 400 <sup>†</sup>	2 848	9 600 <sup>†</sup>	11 400 <sup>†</sup>	11 400 <sup>†</sup>
1 200	2 250/2 400	1 800	6 300 <sup>†</sup>	8 300 <sup>†</sup>	2 970	10 300 <sup>†</sup>	12 300 <sup>†</sup>	12 300 <sup>†</sup>
	2 550/2 700	1 950	7 200 <sup>†</sup>	9 500 <sup>†</sup>	3 120	11 200 <sup>†</sup>	13 300 <sup>†</sup>	13 300 <sup>†</sup>

Para os cálculos de energia incidente em alta tensão na metodologia EPRI, as seguintes condições de contorno são impostas:

- Curto monofásico;
- Arco vertical;
- Corrente de arco igual a corrente de curto;
- Ambiente aberto.

Para a determinação da energia incidente, é calculado primeiramente o gradiente de potencial:

$$E_{ave} = \alpha + \beta I_{arc} = 0.0000112G^{-8} + 1.19 + (0.0069G^{-1.239} - 0.0126)I_{arc}$$

Onde:

G – Gap length (comprimento do vão entre fase e terra) – cadeia de isoladores [m]

$I_{arc}$  – Corrente de Arco [kA] (igual corrente de curto franco fase – terra)

$E_{ave}$  – Gradiente de potencial [kV/m]

Para o cálculo da tensão de arco:

$$V_{arc,ms} = \frac{[0.0000112G^{-8} + 1.19 + (0.0069G^{-1.239} - 0.0126)I_{arc}]G}{1.1255}$$

Onde:

G – Gap length (comprimento do vão entre fase e terra) – cadeia de isoladores [m]

$I_{arc}$  – Corrente de Arco [kA] (igual corrente de curto franco fase – terra)

$V_{arc}$  – Tensão de Arco [kV]

Através da tensão de arco é elaborado o cálculo do fluxo de energia:

$$\Phi = 6.7 \times E_{ave} \times I_{arc} \times G^{0.58} \times (3.281 \times D)^{-1.58G^{-0.152}}$$

Onde:

$\Phi$  = Fluxo de energia [cal/(cm<sup>2</sup>. s)]

$E_{ave}$  – Gradiente de potencial [kV/m]

G – Gap length (comprimento do vão entre fase e terra) – cadeia de isoladores [m]

$I_{arc}$  – Corrente de Arco [kA] (igual corrente de curto franco fase – terra)

D – Distância de trabalho [m]

O cálculo da energia incidente corresponde ao produto do tempo pelo fluxo de calor.

$$W = \Phi \times T$$

Onde:

W – Energia incidente [cal/cm<sup>2</sup>]

$\Phi$  – Fluxo de energia [cal/(cm<sup>2</sup>. s)]

T – tempo de atuação da proteção [s]

O limite dos dados pelo modelamento do EPRI garantido em ensaio está indicado na Tabela 3.

**TABELA 3 - VALORES ASSEGURADOS EM ENSAIO PELO EPRI.**

Parameter	Description
Gap orientation	Vertical
Gap length (ft); gap length (m)	1 – 5; 0.31 – 1.5
Current (kArms)	8 – 40
Duration (s); duration (cycles)	0.033 – 0.2; 2 – 12
Electrode material	Stainless steel
Working distance (ft); working distance (m)	1 – 4; 0.31 – 1.2

Em função dos dados obtidos e a regressão linear dos dados, o valor da energia incidente calculado deve ser multiplicado pelo fator estatístico.

$$W_{MAX} = W \cdot k$$

$$k = (1 + n \times \sigma)$$

$W_{MAX}$  = Energia incidente máxima com o ajuste do valor estatístico [cal/cm<sup>2</sup>]

Na qual o valor de k é 1,588.

Para a consideração da distância de trabalho, é utilizado o mesmo procedimento da OSHA 1910.269.

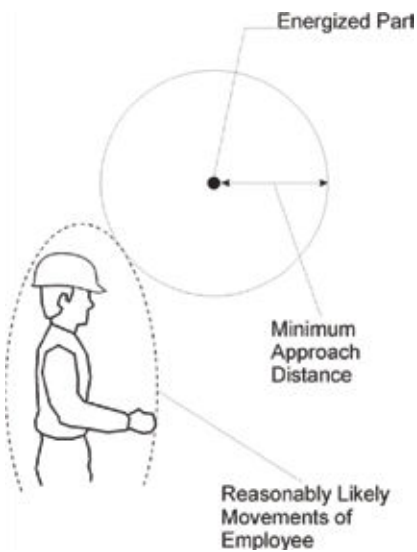


Figura 2 - Ilustração da posição de trabalho e distância.

Os valores normalizados e utilizados na OSHA 1910.269 constam na Tabela 4.

TABELA 4 - MAD - OSHA 1910.269

Faixa de Tensão	MAD
72.6 to 121.0 kV	1.02 m
121.1 to 145.0 kV	1.16 m.
145.1 to 169.0 kV	1.30 m.
169.1 to 242.0 kV	1.72 m
242.1 to 362.0 kV	2.76 m
362.1 to 420.0 kV	2.50 m
420.1 to 550.0 kV	3.62 m

Vamos aplicar com um exemplo de um pátio de uma subestação 230 kV.

Condições de contorno:

$U_{LL} = 230$  kV  
 $I_{bf} = 30$  kA  
 $t = 0,166$  s ou 10 ciclos  
 $MAD = 1,72$  m  
 $NBI = 1050$  kV

Para o comprimento de arco "Arc Length" será utilizado a distância em relação ao NBI.

$G = 2,10$  m

$$E_{ave} = \alpha + \beta I_{arc} = 0.0000112G^{-8} + 1.19 + (0.0069G^{-1.239} - 0.0126)I_{arc}$$

Considerando:

$I_{arc} = 30$  kA  
 $G = 2,10$  m  
 $E_{ave} = 0,89$  kV/m

$$\Phi = 6.7 \times E_{ave} \times I_{arc} \times G^{0.58} \times (3.281 \times D)^{-1.58} G^{-0.152}$$

$\Phi = 24,04$  cal/cm<sup>2</sup>.s

Estimando a energia incidente:

$$W = \Phi \times T$$

$W = 3,99$  cal/cm<sup>2</sup>

Usando coordenadas espaciais, onde:

$$Z = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad X = 1,22 \text{ m} \quad Y = 1,22 \text{ m} \quad Z = 1,72$$

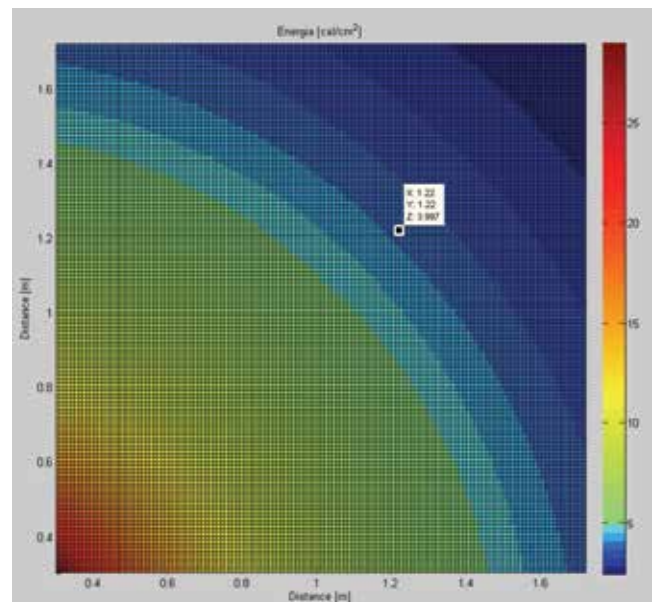


Figura 3 - Gráfico por cálculo incremental.

sil.com.br

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

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



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 ESTÁ NA REDE!  
SIGA-NOS

**SIL**

Conectada com o futuro.

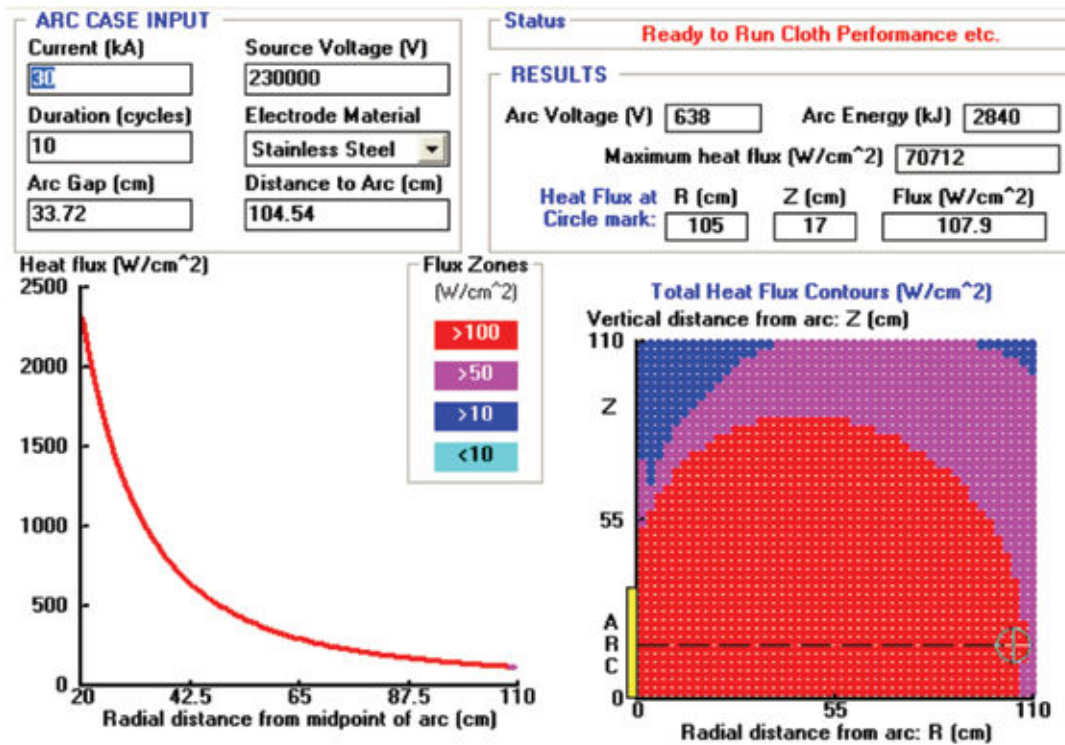


Figura 5 - Tela do ARC PRO.

Traçando o gráfico da distância de trabalho x energia incidente, pode-se observar que esta metodologia não obedece à lei do inverso do quadrado das distâncias.

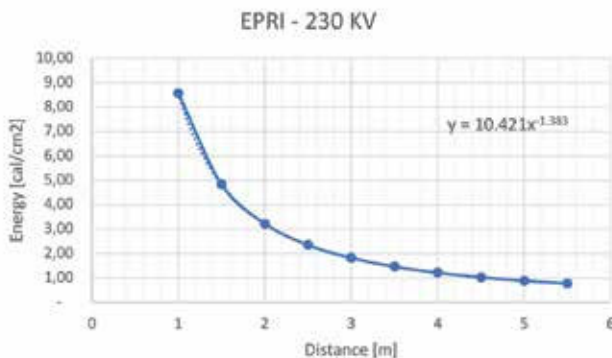


Figura 4 - Energia incidente x distância.

Na metodologia EPI, o valor do expoente depende do comprimento de arco, "Gap Length".

Aplicando o fator estatístico:

$$W_{MAX} = W \cdot k$$

$$W_{MAX} = 6,34 \text{ cal/cm}^2$$

Como forma de comparação, será feito o mesmo cálculo usando o programa ArcPro com as considerações da OSHA 1910.269.

$$E_i = 4,39 \text{ cal/cm}^2$$

De maneira resumida:

	OSHA 1910.269	ArcPro	EPRI	EPRI com Coeficiente
230 kV	5,00 cal/cm <sup>2</sup>	4,39 cal/cm <sup>2</sup>	3,99 cal/cm <sup>2</sup>	6,34 cal/cm <sup>2</sup>

A avaliação para alta tensão sempre considera arcos verticais em ambiente aberto. Os valores obtidos, tanto na tabela da OSHA 1910.269 (Anexo E) como pelo ArcPro, ou ainda através da metodologia do EPRI, são bem próximos e coerentes.

As duas metodologias podem ser utilizadas lembrando as condições de contorno de cada método e/ou programa:

	ArcPro	EPRI
Comprimento do arco	"Arc Gap" 10 kV/in	"Arc Length" Distância física entre fase -terra
Distância de trabalho	MAD - 2 x Arc Gap	Distância física operador e ponto energizado
Corrente de Arco	Corrente de curto fase - terra	Corrente de curto fase - terra

\*Luiz Carlos Catelani Junior é engenheiro electricista 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.



Linha  
**CLAMPER Front**



Confie na **excelência** em proteção  
contra surtos elétricos.  
Confie na **CLAMPER.**

**CONHEÇA NOSSA LINHA COMPLETA**

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



**Proteção** é o nosso negócio!



clamper.com.br  
31 3689 9500

Especialista e Líder em Dispositivos  
de Proteção Contra Raios e Surtos Elétricos DPS



## Modernização da distribuição

Por Ana Carolina Ferreira da Silva e Lindemberg Reis\*

# Capítulo VII

## Reflexões sobre o Programa Desenrola e a inadimplência no segmento de distribuição de energia

A recente Pesquisa de Endividamento e Inadimplência do Consumidor (PEIC), encomendada pela Confederação Nacional do Comércio de Bens, Serviços e Turismo (CNC), mostra que nos últimos anos o percentual médio de consumidores endividados vem aumentando de forma considerável. De acordo com o Gráfico 1, em 2022, quase 78% das famílias brasileiras possuíam dívidas e, segundo o Gráfico 2, 29% delas estavam inadimplentes, percentual que teve um aumento significativo em 2022, em relação ao ano anterior.

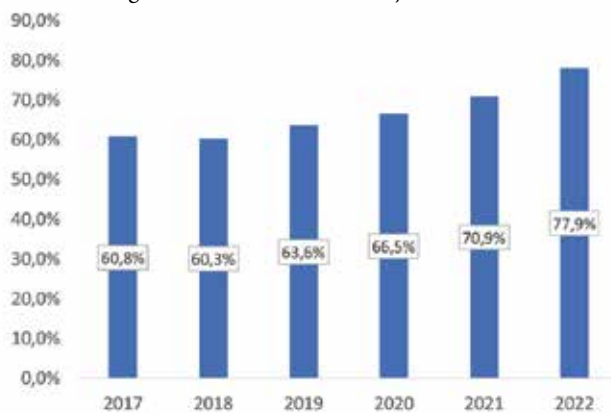


Gráfico 1 - Percentual médio de consumidores endividados.

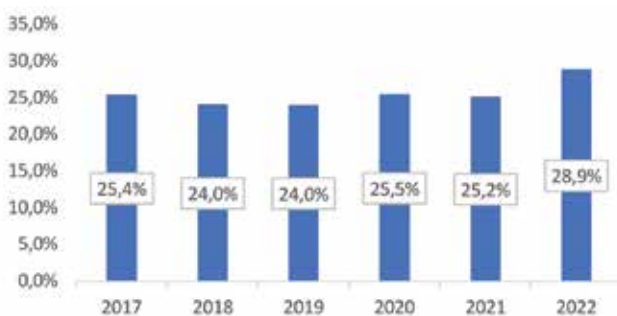


Gráfico 2 - Percentual médio de consumidores inadimplentes.

O contexto político e econômico desfavorável, agravado pela pandemia da Covid-19, trouxe a tiracolo efeitos nocivos, como a redução de oferta de produtos, aumento do desemprego e índices elevados de inflação. Diante desse panorama, o endividamento é uma realidade que bate à porta de grande parte da população, ensejando adoção de políticas públicas voltadas ao equilíbrio das finanças familiares.

Neste sentido, está previsto ainda para o mês de setembro de 2023, o lançamento do Programa Desenrola, que tem como principal objetivo a recuperação do crédito para os consumidores inadimplentes, principalmente os com menor poder aquisitivo. O programa visa conceder descontos nas dívidas, por meio de um processo competitivo entre os credores.

De forma prática, o processo prevê que ocorram leilões de desconto por lotes estipulados pelo governo, que pode levar em consideração o agrupamento das dívidas por ramo de atividade e tempo que a fatura está em aberto. Os credores terão um desconto mínimo a oferecer e a dívida a ser renegociada será a que tiver o maior desconto oferecido pelo credor.

A intenção do Governo é a participação de credores de diversas atividades, o que inclui o segmento de distribuição de energia elétrica. Assim, as distribuidoras poderão oferecer lances de descontos sobre as contas de energia negativadas até dezembro de 2022. A tentativa é reduzir a carteira de inadimplência, o que contribui tanto para o fluxo de caixa das empresas quanto para a redução tarifária, uma vez que uma parcela da inadimplência, incorrida pelas distribuidoras, é repassada na tarifa de energia. Contudo, para entender como funciona o reconhecimento da inadimplência no segmento de distribuição são necessários alguns esclarecimentos.

## RECONHECIMENTO DA INADIMPLÊNCIA NA TARIFA DE ENERGIA

Como a regulação do segmento de distribuição é por incentivos, a responsabilidade pela redução dos níveis de inadimplência acaba sendo da concessionária. Já elucidamos para vocês, caros leitores, no artigo veiculado nesta revista em março de 2023, que segundo a dinâmica atual do setor elétrico, os grandes riscos são alocados às distribuidoras de energia elétrica. Por exemplo, pode-se citar que a remuneração é garantida aos geradores e transmissores de energia mesmo que existam alterações conjunturais de inadimplência por parte dos usuários. Quem suporta esse déficit arrecadatório são as distribuidoras de energia.

O papel do regulador, que visa a busca pela eficiência e a melhoria da qualidade nos serviços públicos de energia elétrica, é induzir as concessionárias a combater a inadimplência. Contudo, embora as empresas tenham algum nível de gestão sobre os montantes faturados e não arrecadados – por meio de ações disciplinadoras de mercado, como envio de cobranças nas faturas até, em última instância, a interrupção do serviço prestado ao usuário – há de se pontuar que questões como a dinâmica econômica e social das áreas de concessões acabam por interferir na efetividade dessas ações.

Além disso, há que se pontuar que da inadimplência de curto prazo, como dívidas de poucos meses pretéritos, boa parte será arrecadada pelas distribuidoras de energia. Não sem esforço, diga-se de passagem, inclusive demandando custos adicionais às empresas – por meio de judicialização, por exemplo. Contudo, a realidade é que, quanto mais a dívida “envelhece”, menores tendem a ser as efetividades das ações arrecadatórias.

Assim, para a apuração do patamar de inadimplência que é reconhecido na tarifa, utiliza-se uma metodologia que considera o envelhecimento da fatura (aging), ou seja, o percentual de inadimplência residual, após 49-60 meses do faturamento, que representa o valor com a mínima de chance de ser recuperado. Adicionalmente, aplica-se uma comparação entre as empresas por uma análise de benchmarking, na busca de equilibrar os níveis de inadimplência regulatória entre as distribuidoras, de acordo com as características exógenas – socioeconômicas e culturais – de suas concessões.

De todo o exposto até o momento, observa-se que a inadimplência regulatória não representará a realidade, sendo um percentual bem inferior às dívidas presentes nas carteiras das distribuidoras ao longo do tempo. O Gráfico 3 mostra os percentuais de inadimplência regulatória entre os anos de 2017-2022<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Percentual apurado considerando os valores regulatórios que constavam nos PRORETS (Procedimentos de Regulação Tarifária) vigentes à época, ponderado pela participação de cada classe de consumo.

## Vencedora do Prêmio Iveco Categoria ESG



## Transformando responsabilidade em reconhecimento

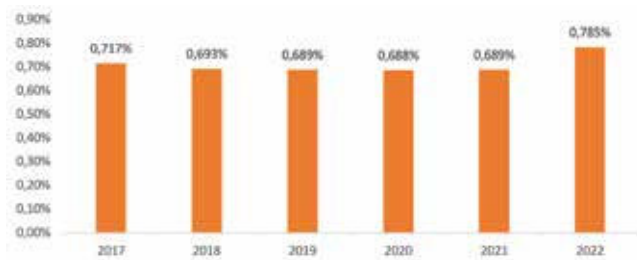
A Condumax é um fornecedor estratégico de cabos, fios e condutores no segmento automotivo. A conquista do Prêmio Iveco, na categoria ESG, com o projeto Ação Educa - voltado à capacitação sobre incentivos fiscais para entidades e empresas -, é a prova de que escolhas responsáveis aceleram o desenvolvimento dos negócios.

**Parabéns à Iveco** pela iniciativa do prêmio e por incentivar e reconhecer as boas práticas dos fornecedores.

0800 701 3701

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

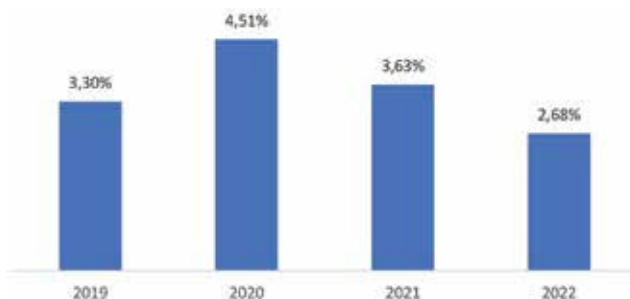




**Gráfico 3 – Percentual da inadimplência regulatória do segmento de distribuição.**

Note que os percentuais regulatórios são bastante similares ao longo do tempo. De fato, não aparentam refletir diversas conjunturas econômicas históricas, afinal, os percentuais regulatórios são definidos e se mantêm constantes até nova revisão metodológica, como a que ocorreu em 2022, que elevou timidamente os percentuais de inadimplência reconhecidos nas tarifas.

Ademais, por serem dívidas residuais, não atingem patamares compatíveis com a realidade da inadimplência de curto prazo que as distribuidoras precisam lidar diariamente. O Gráfico 4 retrata a evolução das contas faturadas e não recebidas no mês subsequente, entre os anos de 2019-2022.



**Gráfico 4 - Evolução da inadimplência de curto prazo².**

Observe que, em 2020, devido ao contexto conjuntural da pandemia, as concessionárias lidaram com um percentual de 4,51% de faturas emitidas e não arrecadadas, enquanto o que constava na tarifa era o percentual de 0,688%.

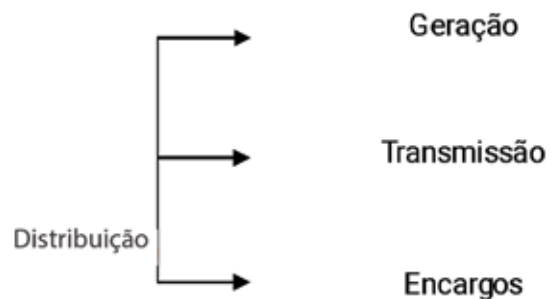
E percebe-se, o percentual regulatório de 2022 se elevou (Gráfico 4), mas ainda não considera o grave cenário vivido na crise de 2020/21. A metodologia apenas refletirá o cenário de 2020/21 após 49-60 meses deste período, o que enseja dúvidas quanto à efetividade da metodologia vigente.

Portanto, observa-se que similar à questão das perdas não técnicas, assunto abordado no artigo do mês de junho de 2023, o gerenciamento dos níveis de inadimplência não é somente responsabilidade das distribuidoras, mas há também uma parcela

relacionada às condições econômicas que podem se agravar a depender da área de atuação da concessionária.

### RISCO DE DÉFICIT DO SEGMENTO DE DISTRIBUIÇÃO

Um outro ponto que é necessário comentar é a falta de espaço que as distribuidoras têm para recuperar valores devidos pelos consumidores de energia em comparação com os credores que atuam no ambiente competitivo. As concessionárias são elo da cadeia de fornecedores do setor elétrico e responsáveis pelo repasse dos custos pagos por meio da tarifa (geração, transmissão e encargos). Vide Figura 1.



**Figura 1 – Fluxo financeiro no setor elétrico.**

Além dos custos setoriais, as distribuidoras são responsáveis pelo recolhimento dos tributos federais e estaduais. Assim, quando um consumidor fica em débito, a distribuidora não deixa de receber somente a sua parcela, mas também dos demais itens de custos, porém com o agravante que o repasse aos demais agentes deve ser feito tempestivamente, para evitar o risco de multas e inadimplemento setorial, o que certamente acomete em prejuízos financeiros, inclusive do direito de aplicação de reajustes tarifários. Isto é, caso as distribuidoras deixem de repassar os custos setoriais, ficam impedidas de reajustarem suas tarifas, mesmo após homologação pela ANEEL.

Dessa forma, veja que o inadimplemento dos consumidores causa um descasamento de caixa para as distribuidoras de energia elétrica, tanto pelo fato do não recebimento, quanto por terem que arcar com risco de crédito dos demais segmentos, inclusive do governo.

Essa situação deve ser levada em consideração quando se analisam estratégias de recuperação de receita. Por certo que concessionárias reguladas não conseguem gerir suas carteiras de inadimplência como uma empresa que atua em ambiente não regulado, pois estas últimas podem oferecer descontos atrativos em troca de redução de débitos e as concessionárias não, diferentemente do que pressupõe a regulação por incentivos.



# Transformadores Média Força

ALTA PERFORMANCE E ECONOMIA DE ESPAÇO NA INSTALAÇÃO.



Escaneie o QR CODE  
e acesse nosso Ebook  
sobre Óleo Vegetal

## Principais características

**500 a 3000**  
potência (kVA)

**15, 24.2 e 36.2**  
classe de tensão (kV)

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.



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



## PROGRAMA DESENROLA NO SEGMENTO DE DISTRIBUIÇÃO

Há de se observar que é louvável a preocupação do governo em dar um direcionamento para recuperação de crédito, o que proporciona a volta de acesso a bens e serviços pelas famílias, principalmente considerando o serviço de energia elétrica, que é um bem essencial.

Contudo, em decorrência das especificidades desse segmento, a participação das concessionárias deve ser avaliada com cautela. A obrigação de se ter um desconto mínimo para a participação no programa pode não ser interessante caso o valor residual (pós desconto oferecido) não cubra o valor principal da fatura, uma vez que as distribuidoras já tiveram que arcar com todos os custos da cadeia produtiva, inclusive tributos.

Essa premissa pode limitar que as concessionárias concorram de forma igualitária com outros segmentos, que possuem maior liberdade de gestão. Até o momento, a Portaria 947/23 – MME estabelece que a competição será por “setor de atuação”, mas não esclarece se será uma disputa somente para o segmento de distribuição de energia, empresas com as mesmas características, ou por atuação (infraestrutura), o que pode incluir também gás e saneamento, por exemplo. Decisão esta que é de extrema importância para alavancar a participação das concessionárias de

distribuição de energia elétrica.

De qualquer maneira, é interesse das empresas participar do Programa Desenrola, já que se espera uma antecipação de receitas e possível redução de tarifa, devido à recuperação dos níveis de inadimplência.

Assim, o segmento de distribuição enaltece a importância de ações como essas, porém, entende-se que há de se aprimorar as questões regulatórias para a efetividade deste movimento, pois a responsabilidade da distribuidora com os níveis de inadimplência é limitada, principalmente se considerarmos o risco de déficit que é assumido e as condições conjunturais que podem se potencializar a depender da área de concessão.

---

*\*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 ABRADEE.*

*\*Lindemberg Nunes Reis é engenheiro eletricista pela Universidade Federal de Juiz de Fora (MG), 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. Atualmente, é Gerente de Planejamento e Inteligência de Mercado na ABRADEE.*

# varixx

## Sistemas de excitação para motores e geradores

A Varixx desenvolve sistemas de excitação com o propósito de manter as condições ideais de carga e grandezas elétricas ao longo da produção, garantindo confiabilidade, estabilidade e resposta rápida. Nossas soluções para motores e geradores síncronos são essenciais para o controle do fator de potência, destacando-se pela customização conforme as necessidades individuais de cada cliente, adaptando-se a diferentes contextos industriais.

### Principais Vantagens



Corrente / tensão de excitação constante (PID 1)



Comunicação disponível para sistema supervisório (indústria 4.0)



Controle de fator de potência (PID 2)



Função Booster para cargas com embreagem



Histórico de falhas  
Real Time Clock



Saiba mais >



# Renováveis

ENERGIAS COMPLEMENTARES

Ano 5 - Edição 73 / Outubro de 2023



Editorial

## Capítulo VII

# Eletrolisadores: opções tecnológicas e novas tecnologias

APOIO





## FASCÍCULO HIDROGÊNIO VERDE

Por Marcos Fábio V. Montezuma e Enio Pontes de Deus\*

# Capítulo VII

## ELETROLISADORES: OPÇÕES TECNOLÓGICAS

### E NOVAS TECNOLOGIAS

36

#### A ELETRÓLISE DA ÁGUA

Entre as formas de produção do hidrogênio, a eletrólise da água se destaca pela possibilidade de ser realizada sem que haja qualquer emissão de CO<sub>2</sub> no seu processo. Este procedimento tem como objetivo a quebra da ligação da molécula da água, dando origem aos subprodutos hidrogênio e oxigênio. No entanto, o processo de eletrólise necessita de energia para ser realizado e implica no grande consumo de eletricidade por parte dos eletrolisadores, aumentando, conseqüentemente, o custo de produção do hidrogênio e dificultando sua competitividade diante de outras tecnologias. Ocorre que, se forem utilizadas fontes de energia renováveis, o processo torna-se rentável e sustentável, uma vez que o gás hidrogênio tem capacidade de armazenar energia. De acordo com o relatório do BNDES (2022), em 2020, foram produzidas 87 milhões de toneladas de hidrogênio puro, praticamente tudo derivado de combustíveis fósseis e menos de 0,1% dessa produção foi oriunda da eletrólise da água.

#### COMO FUNCIONAM OS ELETROLISADORES

Um eletrolisador é um dispositivo capaz de quebrar as moléculas da água em átomos de oxigênio e de hidrogênio. Consiste em um empilhamento de eletrodos condutores separados por eletrólitos aos quais se aplica uma voltagem de intensidade controlada. Isso provoca uma corrente elétrica na água, o que faz com que seus componentes se decomponham. Quando a eletricidade utilizada na eletrólise é proveniente de fontes renováveis, como a eólica e solar, pode-se considerar que o hidrogênio foi produzido de

forma totalmente limpa, sem nenhuma emissão associada. A esta forma de produção tem-se dado, mundialmente, a denominação de hidrogênio verde ou renovável. O sistema completo de um eletrolisador também inclui bombas, eletrônica de potência, separadores de gases e outros componentes auxiliares, como os tanques de armazenamento. O oxigênio gerado em paralelo é liberado na atmosfera ou pode ser armazenado para ser usado posteriormente como gás medicinal ou industrial. O hidrogênio, por sua vez, é armazenado como gás comprimido ou liquefeito para ser usado na indústria ou em pilhas a combustível de hidrogênio, podendo alimentar com eletricidade meios de transporte, tais como trens, embarcações e aviões.

#### CLASSIFICAÇÃO E TIPOS DE ELETROLISADORES

Os eletrolisadores podem ser classificados quanto ao tipo de eletrólito, temperatura de operação e estado do eletrólito (líquidos ou sólidos). Quanto ao tipo de eletrólito, existem atualmente quatro principais tecnologias: a alcalina (A); com membrana de troca de prótons (PEM); as células de eletrólise de óxido sólido (SOEC) e com membrana de troca de ânions (AEM). Os eletrolisadores que operam na faixa de 80 °C são considerados de baixa temperatura, enquanto os que operam acima de 500 °C são considerados de alta temperatura. É importante ressaltar que a escolha do tipo de eletrolisador deve atender a alguns requisitos prévios, como: o tipo de aplicação, condições de operação, custo, impacto ambiental, tipo de recurso energético, disponibilidade comercial, manutenção, bem como a disponibilidade de assistência técnica e treinamento.



## ELETROLISADORES ALCALINOS

A eletrólise alcalina (Figura 1) é a mais empregada nos dias atuais. Estes eletrolisadores utilizam uma solução alcalina como eletrólito, geralmente hidróxido de potássio (KOH) com concentrações mássicas de 25% a 30%. Operam em baixas temperaturas, variando de 65 °C a 100 °C; a pressão é frequentemente em torno de 25-30 bar, mas existem modelos que operam à pressão atmosférica e outros que podem chegar até a 448 bar (alcalinos de alta pressão). A densidade de corrente de eletrolisadores alcalinos industriais encontra-se na faixa de 1000-3000 A/m<sup>2</sup>. Os sobrepotenciais e as perdas ôhmicas aumentam com o aumento da densidade de corrente, reduzindo a eficiência deste tipo de eletrólise devido à transformação da energia elétrica em calor.

O hidrogênio é produzido em uma célula constituída por um ânodo, um cátodo e um diafragma. As células costumam ser montadas em série para produzir mais hidrogênio e oxigênio ao mesmo tempo. Quando a corrente é aplicada na pilha eletrolítica, os íons hidróxidos se movem através do eletrólito do cátodo para o ânodo de cada célula, gerando bolhas de gás hidrogênio no lado do cátodo do eletrolisador e gás oxigênio no ânodo. Trata-se de uma tecnologia madura, utilizada desde a década de 1920 em indústrias como a do cloro. Apresenta custos de produção mais baixos que as demais tecnologias de eletrolisadores e não requer a utilização de metais preciosos na sua fabricação (BNDES, 2022). A eletrólise alcalina tem pouco potencial para grandes reduções de custos, sendo seus desafios tecnológicos bastante restritos. (MACFARLANE et al., 2020).

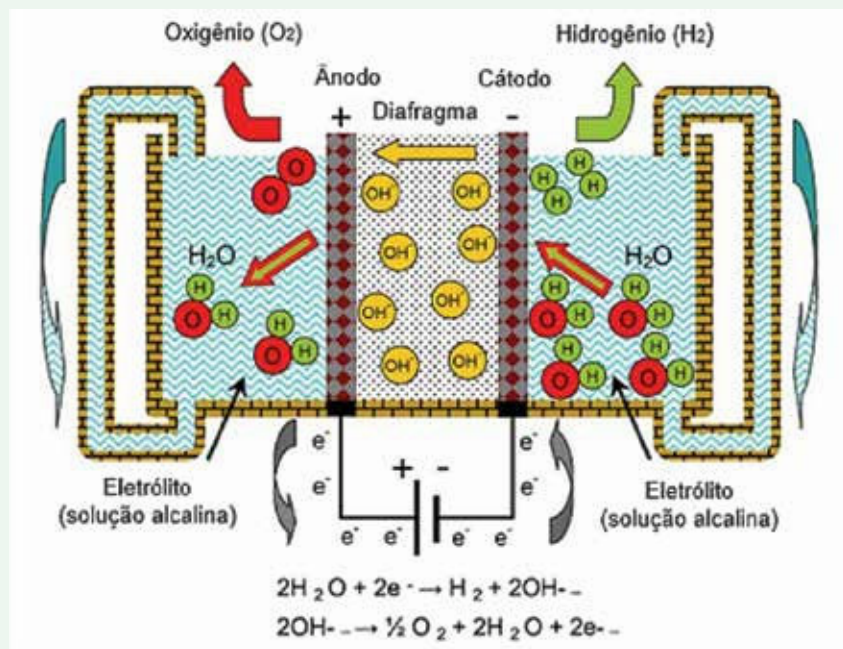


Figura 1 - Esquema de eletrólise alcalina. Fonte: Ursúa et. al, 2012.

## ELETROLISADORES COM MEMBRANA DE TROCA DE PRÓTONS (PEM)

Ao contrário da eletrólise alcalina, a tecnologia PEM apresenta possibilidades de reduções de custos, podendo ocupar menor espaço, propiciar uma operação mais flexível e ter pressão de saída mais alta do que na eletrólise alcalina. Todavia, é uma tecnologia menos madura, mais cara e ainda apresenta menor vida útil. Os eletrolisadores tipo PEM (Figura 2) têm como principal elemento a presença de uma membrana, também chamada de eletrólito polimérico sólido (ácido), separando o cátodo e o ânodo (SALEHMIN et al., 2022). São considerados de baixa

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



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

(31) 3317-5150

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

exponencialmg

www.exponencialmg.com.br

Produtor Homologados CEMIG

Compre com seu cartão  
**BNDES**



temperatura, com temperaturas de operação variando entre 80 °C e 150 °C e pressões de até 400 bar. Os eletrodos podem ser construídos de materiais diversos, desde que apresentem excelente estabilidade química e alta condutividade, já que a corrente elétrica é a responsável indireta pela quebra das moléculas de água para a produção dos gases hidrogênio e oxigênio. Para a construção de um eletrolisador PEM, três fatores primordiais devem ser considerados: o desempenho, a durabilidade e o custo. Quando a corrente é aplicada na célula, a água se divide em hidrogênio e oxigênio e os prótons do hidrogênio passam através da membrana para formar gás hidrogênio no lado do cátodo. Produzem hidrogênio com alto grau de pureza e são fáceis de refrigerar. Em contrapartida, são um pouco mais caros, pois utilizam metais preciosos como catalisadores. No futuro, o desenvolvimento tecnológico e o ganho de escala poderão tornar os eletrolisadores PEM dominantes em relação aos alcalinos.

38

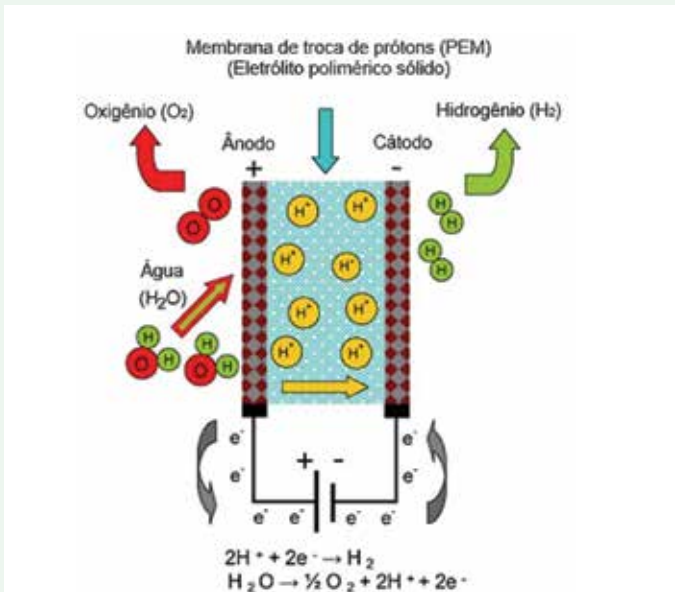


Figura 2 - Esquema de eletrólise com membrana de troca de prótons PEM. Fonte: Ursúa et. al, 2012.

### ELETROLISADORES DE ÓXIDO SÓLIDO (SOEC)

As tecnologias de células de eletrólise de óxido sólido SOEC estão em fase de desenvolvimento, mas apresentam futuro promissor na produção de hidrogênio devido à alta eficiência de conversão de energia e menores custos de investimento (IEA, 2022c). Os SOEC funcionam em altas temperaturas (entre 500 °C e 1000 °C); pressão de até 30 bar, e têm o potencial de serem muito mais eficientes que os PEM e os alcalinos. O processo se denomina eletrólise de alta temperatura (HTE) ou eletrólise do vapor de água e utiliza um material cerâmico sólido como eletrólito, como a zircônia estabilizada com ítria cerâmica (YSZ), devido à sua estabilidade química e à sua propriedade de condução iônica seletiva (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) em alta temperatura. Os elétrons do circuito externo são combinados com a água no cátodo para formar o gás hidrogênio e os íons de carga negativa (Figura 3). O oxigênio então passa através da membrana cerâmica deslizante e reage no ânodo para formar gás oxigênio e gerar elétrons para o circuito externo.

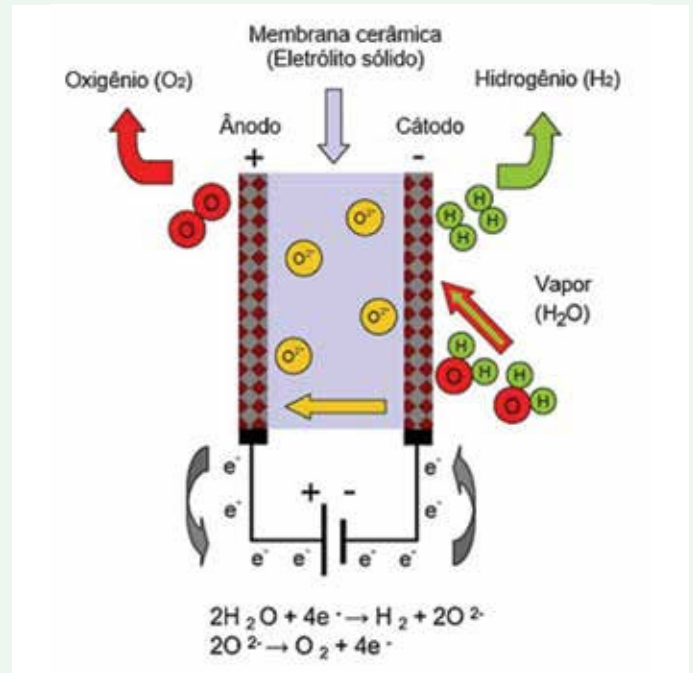


Figura 3 - Esquema de eletrólise de óxido sólido (SOEC). Fonte: Ursúa et al, 2012.

### ELETROLISADORES DE MEMBRANA DE TROCA DE ÂNIONS (AEM)

Os eletrolisadores AEM utilizam uma membrana semipermeável que conduz íons hidróxido (OH<sup>-</sup>), chamada membrana de troca aniônica. Assim como uma membrana de troca de prótons PEM, a membrana separa o cátodo e ânodo, fornecendo isolamento elétrico entre os eletrodos e conduzindo íons. Ao contrário do eletrolisador PEM, o AEM conduz íons hidróxidos (Figura 4). A principal vantagem da eletrólise AEM é que não é necessária a utilização de um catalisador de metal nobre de alto custo. Em vez disso, um catalisador de metal de transição de baixo custo pode ser usado. Operam em temperaturas significativamente

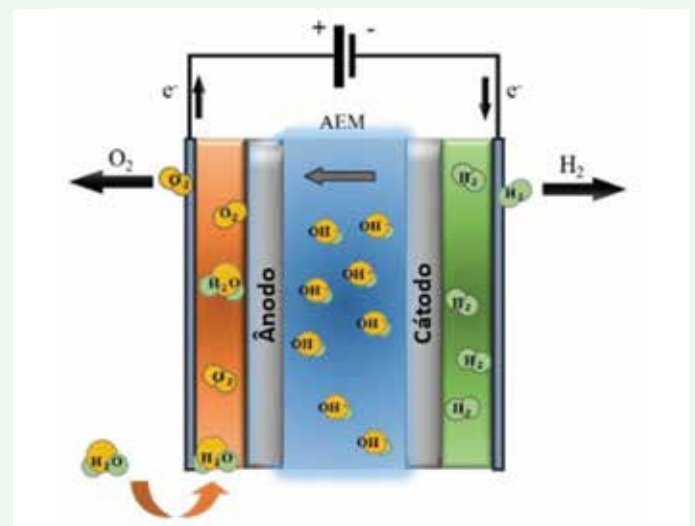


Figura 4 - Esquema de eletrólise de membrana de troca aniônica. Fonte: Vicente, 2021.

# Cobrecom

Sua marca de  
**confiança**



Quem vive o mercado de fios e cabos de cobre sabe a responsabilidade que tem, já que um erro pode ser fatal. Por isso, trabalhar com uma marca de confiança não pode ser uma opção, e sim regra. História sólida, controle nos processos de fabricação e garantia de pureza do cobre são alguns itens que fazem uma marca ser de confiança, e nós oferecemos todos eles. Quem entrega o melhor merece Cobrecom.



Acesse  
[www.cobrecom.com](http://www.cobrecom.com)  
ou escaneie o código  
para mais informações.



TABELA 1 - COMPARAÇÃO ENTRE ELETROLISADORES (ANÁLISE CEEW-CEF BASEADA EM MÚLTIPLAS FONTES \*[1], [2], [3])

Parâmetro	ALCALINO	PEM	SOEC	AEM
Eletrólito	Solução de Hidróxido de potássio	Membranas PFSA (Ex. Nafion)	YSZ	Membrana de troca aniônica
Cátodo	Ni, Ligas de Ni-Mo	Platina, Liga Platina-Paládio	Ni/YSZ	Ni, Ligas de Ni
Ânodo	Ni, Ligas de Ni-Co	Óxido de Rutênio, Óxido de Iridio	YSZ	Ni, Fe, Óxidos de Co
Temperatura de operação (°C)	65-100	80-150	500-1000	50-60
Pressão de operação (bar)	25-30	70-400	1-30	1-30
Densidade de potência (mW/cm²)	<1	<4,4	-	-
Vida útil da célula (h)	60-100k	20-60k	<10k	-
Tecnologia	Madura	Comercialização	Desenvolvimento	Pesquisa e desenvolvimento
Vantagens	Acessível a projetos de grandes plantas, baixo custo e alta vida útil	Sem substâncias corrosivas, alta densidade de potência, altas pressões	Alta eficiência elétrica	-
Desvantagens	Baixa densidade de potência, custo com manutenção (sistema altamente corrosivo)	Alto custo e rápida degradação	Estabilidade limitada das células, não adequado para sistemas flutuantes, Alto custo	-
Produção de H2 (m³/h)	< 760	até 450	-	-
Tensão na célula (V)	1,8-2,4	1,8-2,2	0,91-1,3	-
Custo	USD 500-1400/kW	USD 1100-1800/kW	USD 2800-5600/kW	-

mais baixas de 50 °C a 60 °C e uma faixa de pressão de 1 bar a 30 bar. De todos os métodos de eletrólise da água, a eletrólise AEM pode combinar as vantagens da eletrólise alcalina da água e da eletrólise PEM. Entretanto, a eletrólise AEM ainda está no estágio inicial de pesquisa e desenvolvimento. O principal desafio técnico enfrentado por um eletrolisador AEM é a baixa durabilidade da membrana, o que implica numa curta vida útil do eletrolisador.

A Tabela 1 exibe uma comparação entre os tipos de eletrolisadores (Tabela 1), com as vantagens e desvantagens de cada tecnologia.

### PRODUÇÃO DE ELETROLISADORES

Em 2020, a cadeia produtiva de eletrolisadores contava com a capacidade global de fabricação de, aproximadamente, 3 GW/ano, com a tecnologia alcalina representando 85% e a PEM, pouco menos de 15%, além de fabricação artesanal muito pequena de SOECs e AEMs. A maior parcela da capacidade produtiva mundial de eletrolisadores está concentrada na Europa (60%) e na China (35%) (IEA, 2021d). Segundo a agência, empresas como Thyssenkrupp, Nel Hydrogen, ITM, McPhy, Cummins e John Cockerill anunciaram planos para expandir suas capacidades de fabricação. A capacidade global de fabricação poderia chegar a aproximadamente 20 GW/ano, gerando reduções de custos para a tecnologia. Ainda assim, os números seriam insuficientes. A IEA projeta a necessidade de uma capacidade produtiva de 90 GW/ano para o alcance das metas existentes no cenário NZE (Net Zero Emissions), indicando a existência de um gap importante que poderá impedir a implantação

dos projetos de produção de hidrogênio no tempo necessário para o atendimento aos objetivos de descarbonização globais (IEA, 2021d).

O crescimento da demanda por alguns minerais será uma consequência gerada pelo aumento da produção de eletrolisadores, que poderá se traduzir em desafios para a cadeia de suprimentos. A eletrólise alcalina requer a utilização de níquel em quantidades de 800 a 1000 t/GW de eletrolisador com a tecnologia atual (IEA, 2021d). No cenário NZE da IEA, caso a eletrólise alcalina domine o mercado até 2030, haverá demanda de 72 mil t/ano de níquel. Ainda assim, a agência ressalta que essa quantidade é bastante inferior ao consumo projetado para utilização na fabricação de baterias. Já a produção de eletrolisadores do tipo PEM demanda 300 kg de platina e 700 kg de irídio por GW. Caso os eletrolisadores PEM abasteçam toda a produção de eletrolisadores em 2030, no cenário NZE, a demanda por irídio será de 63 mil t/ano, o que representa nove vezes a produção global atual (IEA, 2021d). No entanto, a agência pondera que a demanda por irídio e platina pode ser reduzida por um fator de dez na próxima década e a reciclagem de células eletrolisadoras PEM pode reduzir ainda mais a demanda primária por esses metais, concentrada na Europa (60%) e na China (35%) (IEA, 2021d).

### NOVAS TECNOLOGIAS

Um dos principais desafios para tornar a eletrólise economicamente viável é o desenvolvimento de infraestrutura e tecnologias de menor custo, aumentando a eficiência do processo de conversão da energia



elétrica em H2V, diminuindo a tensão da célula, melhorando as condições de densidade de energia, controle de pressão e temperatura, e desenvolvimento de novos materiais da membrana e canais. Neste contexto, novas tecnologias têm surgido dia após dia.

### TECNOLOGIAS DE MONTAGEM DOS ELETROLISADORES

Ao longo dos anos, ocorreu um avanço considerável em relação à montagem e construção dos eletrolisadores. Uma grande evolução ocorreu na década de 1970, com a redução da distância entre os eletrodos. Nos projetos zero-gap, os eletrodos são separados apenas por um diafragma ou membrana que separa os gases, fazendo com que a resistência interna da célula de eletrólise fosse reduzida consideravelmente, aumentando a eficiência. Outro importante avanço foi a forma de montagem dos eletrolisadores em sistemas modulares integrados (clusters), de forma que a produção total de hidrogênio seja produzida conforme a disponibilidade de entrada de energia. Neste tipo de montagem, vários pequenos eletrolisadores são acoplados e, caso ocorra a parada de um dos eletrolisadores, a produção não é interrompida. Sistemas de secagem podem também ser integrados aos eletrolisadores para aumentar a pureza do hidrogênio a 99,999%.

### DESENVOLVIMENTO DE NOVOS MATERIAIS PARA MEMBRANAS (PEM)

Conforme MELO, S. [2023], atualmente, membranas baseadas no ácido perfluorossulfônico (PFSA), como as de Nafion™ da DuPont, são utilizadas em células de eletrólise PEM. As principais características destas membranas para a produção de hidrogênio são: trabalham sob altas densidades de corrente e baixas tensões; operam em uma ampla faixa de temperatura; só precisam de água e não produtos químicos cáusticos perigosos no eletrólito; altíssima resistência e durabilidade. Porém, desvantagens como, alto custo, baixa condutividade em condições anídras e a não sustentabilidade, são fatores determinantes para sua substituição. Em estudo realizado no LAMEFF da Universidade Federal do Ceará, Melo propôs a utilização de membranas compósitas de quitosana, com adição de nanocelulose e óxido de grafeno para melhoria das suas propriedades mecânicas e elétricas, como alternativa às membranas comerciais existentes. Outras grandes empresas têm desenvolvido novos materiais de membrana, visando alcançar alta eficiência e redução de custos no processo de produção de hidrogênio verde.

### SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO PROCESSO DE ELETRÓLISE

As simulações numéricas através do método dos volumes finitos (FVM) e método dos elementos finitos (FEM) têm se tornado ferramentas fundamentais na transição tecnológica para a energia renovável, auxiliando na resolução e otimização de problemas relacionados à conservação de energia, momento e massa, e na superação dos desafios

associados ao hidrogênio, levando em conta o custo e escala (Figura 5). Normalmente, a eletrólise da água produz hidrogênio e oxigênio gasosos em dispositivos de eletrólise, o que os torna sistemas fluidos multifásicos gás-líquido. Nestas análises podemos simular as curvas de polarização ou curvas características do eletrolisador [densidade de corrente x tensão aplicada]. Para a análise de modelos multifásicos de mistura, são usados softwares de CFD (computational fluid dynamics).

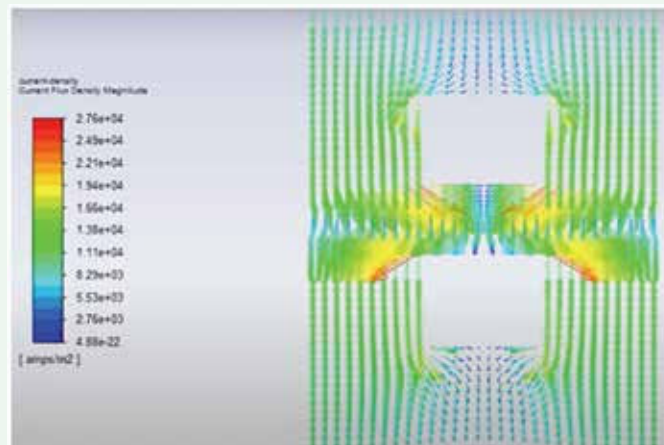


Figura 5 - Simulação computacional de densidade de corrente em uma célula de eletrólise PEM (Ansys). Fonte: Lameff, (2023).

41

### TECNOLOGIAS INOVADORAS - R&D 100 AWARDS HONOR LAB INNOVATIONS, 2022

Duas tecnologias inovadoras vinculadas ao consórcio HydroGEN Advanced Water Splitting Materials foram homenageadas com o prêmio R&D 100, 2022 da revista R&D World. São elas:

#### - Catalisador livre de PGM (Platinum Group Metal) como substituição de irídio para eletrolisadores tipo PEM

No processo de eletrólise em baixa temperatura com eletrolisador tipo PEM, o hidrogênio é produzido pela combinação de prótons e elétrons no cátodo, enquanto a água é oxidada para formar oxigênio através do OER (Oxygen Evolution Reaction) no ânodo, promovido por um catalisador. O catalisador inovador da Argonne para esta reação é baseado em óxido de cobalto com uma estrutura nanofibrosa, altamente porosa. Ele pode, potencialmente, substituir o caro metal do grupo da platina (PGM), o irídio, agora em uso como catalisador. A escassez de irídio acrescenta um custo significativo ao eletrolisador de água PEM. O catalisador deverá custar cerca de 2.000 vezes menos do que o catalisador comercial à base de irídio. Ao reduzir a barreira de custos para a eletrólise da água, a tecnologia poderá viabilizar a produção generalizada de "hidrogênio verde". [Argonne, 2022].

#### - Gerador solar de combustível incluindo uma malha catalítica

O Laboratório Nacional Lawrence Berkeley desenvolveu um dispositivo fotoeletroquímico, SolarCatMesh, que usa a luz solar para converter diretamente água em hidrogênio e oxigênio. Este dispositivo



modular e autônomo (Figura 6) pode produzir hidrogênio limpo em praticamente qualquer lugar, sem necessidade de rede elétrica ou infraestrutura de produção em grande escala.

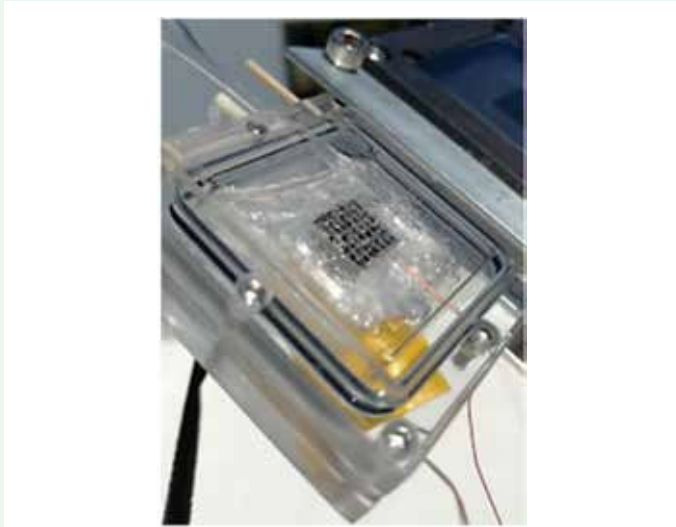


Figura 6 - Dispositivo fotoeletroquímico. Fonte: Berkeley Lab (2022).

## CONCLUSÃO

Muitos esforços em pesquisa e desenvolvimento estão em andamento para a queda nos custos de energia renovável e a melhoria das tecnologias dos eletrolisadores. Desta forma, espera-se tornar o custo do hidrogênio verde competitivo até 2030.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BNDES, *Hidrogênio de baixo carbono: oportunidades para o protagonismo brasileiro na produção de energia limpa; disponível em formato digital em www.bndes.gov.br/bibliotecadigital, 2022;*
- MACFARLANE, D. R. et al. *A roadmap to the ammonia economy. Joule, Cambridge, v. 4, n. 6, p. 1186-1205, 2020. Disponível em: https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2542-4351%2820%2930173-2;*
- MELO, S. *Compósitos de quitosana aditivados com nanocelulose e óxido de grafeno (GO) para produção de membranas de troca protônica. Tese (Doutorado em Processos de degradação e transformação dos materiais) – Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023;*
- SALEHMIN, Mohd Nur Ikmal et al. *High-pressure PEM water electrolyser: A review on challenges and mitigation strategies towards green and low-cost hydrogen production. Em. Conv and Manag. [S.l.]: Elsevier Ltda 15 set. 2022;*
- IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Net Zero by 2050: a roadmap for the global energy sector. Paris: IEA, 2021d. Disponível em: https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050;*
- IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *The role of critical minerals*

*in clean energy transitions. Paris: IEA, 2022c. Disponível em: https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions;*

- URSÚA, A. *Hydrogen production with alkaline electrolyzers: Electrochemical modelling, electric power supplies and integration with renewable energies, Ph.D. dissertation, Dept. Electr. Electron. Eng., Public University. Navarra, Pamplona, Spain, 2010;*
- Vágner, Petr & Guhlke, Clemens & Miloš, Vojtěch & Müller, Rüdiger & Fuhrmann, Jürgen. *A continuum model for yttria-stabilized zirconia incorporating triple phase boundary, lattice structure and immobile oxide ions. Journal of Solid State Electrochemistry. 23. 10.1007/s10008-019-04356-9, 2019;*
- VICENTE, I., LEE, E. C., KIM, H. M. *Comprehensive impedance investigation of low-cost anion exchange membrane electrolysis for large-scale hydrogen production. Rep Sci 11, 293 [2021]. https://doi.org/10.1038/s41598-020-80683-6;*
- [1] AIE. 2022. "Eletrolisadores". Paris: Agência Internacional de Energia. https://www.iea.org/reports/electrolyser;
- [2] Lavacchi, Alessandro, Karel Bouzek, Jaromír Hnát, Stefan Loos, Christian Immanuel Müller, Thomas Weißgärber, Lars Röntzsch e Jochen Meier-Haack. 2020. "Hidrogênio verde da eletrólise da água da membrana de troca de ânions: uma revisão dos desenvolvimentos recentes em materiais críticos e condições operacionais." *Energia e Combustíveis Sustentáveis* 4 [5]: 2114-33. https://doi.org/10.1039/c9se01240k;
- [3] Kumar, Sanjay e V. Himabindu. 2019. "Produção de hidrogênio por eletrólise da água PEM – Uma revisão." *Ciência dos Materiais para Tecnologias de Energia* 2 [3]: 442-54. https://doi.org/10.1016/j.mset.2019.03.002.

\* Marcos Fábio Veríssimo Montezuma é Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal do Ceará (UFC), especialista em Metalurgia (UFF/USP) e em Simulação Computacional, possui Mestrado e Doutorado em Engenharia e Ciência de Materiais pela UFC. Tem experiência de 20 anos na Indústria do Petróleo, Gás e Distribuição de Combustíveis, ocupando a função de EV Sênior na empresa Vibra Energia S.A. Contribui como pesquisador do LAMEFF – Laboratório de Mecânica da Fratura, Fadiga e Materiais da Universidade Federal do Ceará.

\* Enio Pontes de Deus é Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC), Mestre em Engenharia Civil pela PUC-RJ e Doutor em Engenharia Estrutural pela Universidade de São Paulo/ Technische Universität Braunschweig (TU-BS) Alemanha. Atualmente, é professor Titular do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal do Ceará e coordenador do LAMEFF - Laboratório de Mecânica da Fratura, Fadiga e Materiais da Universidade Federal do Ceará. É ainda diretor de Ciência e Tecnologia do PROIFES – Federação, coordenador do Projeto Hidrogênio Verde FUNCAP desde 2021 e coordenador do Projeto Hidrogênio Verde - Parque Tecnológico (PARTEC) desde 2022.

# LANÇAMENTO



8 portas



24 portas



16 portas



**DPS**  
**NEW**  
**RACK**



Gigabit  
Gigabit PoE+/++



*Frederico Carbonera Boschini é Diretor Executivo da Noale Energia e Sócio da Ferrari Boschini Advogados. Advogado especialista no Setor Elétrico com 18 anos de experiência no mercado. Atua na estruturação de projetos por fontes renováveis (Eólica, RSU, Biomassa, CGHs/PCHs e Solar), e modelos de negócios para GD e Mercado Livre. Bacharel em Direito (UFRGS); MBA em Gestão Empresarial (FGV/RS); Mestre em Direito Econômico (Universidade de Lisboa); e Pós-Graduado em Energias Renováveis (PUC/RS). Conselheiro da ABGD; Conselheiro Fiscal do Sindienergia RS e Professor do Curso de MBA da PUC/RS, UCS/RS e PUC/MG.*



## Fio A, Fio B e o pagamento pelo uso da rede: onde os mercados se encontram

Fio A<sup>1</sup> e Fio B<sup>2</sup> são comumente referidos no mercado de energia como os custos pelo uso da rede, seja ela de transmissão (Fio A), seja de distribuição (Fio B). A discussão sobre a efetiva separação entre os custos de uso da rede (a chamada tarifa binômica) e o preço de energia, ou seja, a devida separação entre energia serviço (fio) e produto deveria já ter sido endereçada na baixa tensão.

Essa discussão é especialmente relevante quando falamos e tratamos da maciça penetração da geração distribuída no país e da longa discussão a respeito dos seus efeitos técnicos, mas, especialmente, dos seus efeitos comerciais para as distribuidoras de energia. Isso porque a real clareza e publicidade da composição da tarifa de energia, no que tange às componentes serviço fio e produto energia, ao público em geral, evitaria a recorrente discussão sobre a legalidade, ou não, da chamada “taxação do sol”.

De toda forma, a Lei 14.300 nos trouxe como inovação da RN 482/2012, a obrigatoriedade do pagamento pelo uso da rede, de acordo com a forma:

*Art. 18. Fica assegurado o livre acesso ao sistema de distribuição para as unidades com microgeração ou minigeração distribuída, mediante o ressarcimento, pelas unidades*

*consumidoras com minigeração distribuída, do custo de transporte envolvido.*

*Parágrafo único. No estabelecimento do custo de transporte, deve-se aplicar a tarifa correspondente à forma de uso do sistema de distribuição realizada pela unidade com microgeração ou minigeração distribuída, se para injetar ou consumir energia.*

Neste caso, a cobrança viria de forma gradual, conforme descrito no artigo 27, para a chamada GD II:

*Art. 27. O faturamento de energia das unidades participantes do SCEE não abrangidas pelo art. 26 desta Lei deve considerar a incidência sobre toda a energia elétrica ativa compensada dos seguintes percentuais das componentes tarifárias relativas à remuneração dos ativos do serviço de distribuição, à quota de reintegração regulatória (depreciação) dos ativos de distribuição e ao custo de operação e manutenção do serviço de distribuição:*

*I - 15% (quinze por cento) a partir de 2023;  
II - 30% (trinta por cento) a partir de 2024;  
III - 45% (quarenta e cinco por cento) a partir de 2025;  
IV - 60% (sessenta por cento) a partir de 2026;*

*V - 75% (setenta e cinco por cento) a partir de 2027;*

*VI - 90% (noventa por cento) a partir de 2028;*

*VII - a regra disposta no art. 17 desta Lei a partir de 2029.*

E parágrafo 1º, para a chamada GD III:

*§ 1º Para as unidades de minigeração distribuída acima de 500 kW (quinhentos quilowatts) em fonte não despachável na modalidade autoconsumo remoto ou na modalidade geração compartilhada em que um único titular detenha 25% (vinte e cinco por cento) ou mais da participação do excedente de energia elétrica, o faturamento de energia das unidades participantes do SCEE deve considerar, até 2028, a incidência:*

*I - de 100% (cem por cento) das componentes tarifárias relativas à remuneração dos ativos do serviço de distribuição, à quota de reintegração regulatória (depreciação) dos ativos de distribuição e ao custo de operação e manutenção do serviço de distribuição;  
II - de 40% (quarenta por cento) das componentes tarifárias relativas ao uso dos sistemas de transmissão da Rede Básica, ao uso dos transformadores de potência*

1 Procedimentos de Regulação Tarifária (PRORET) Módulo 7: Estrutura Tarifária das Concessionárias de Distribuição Submódulo 7.1 - TUSD FIO A – formada por custos regulatórios pelo uso de ativos de propriedade de terceiros, compreendida por: i) uso dos sistemas de transmissão da Rede Básica; ii) uso dos transformadores de potência da Rede Básica com tensão inferior a 230 kV e das DIT compartilhadas; iii) uso dos sistemas de distribuição de outras distribuidoras; e iv) conexão às instalações de transmissão ou de distribuição.

2 Procedimentos de Regulação Tarifária (PRORET) Módulo 7: Estrutura Tarifária das Concessionárias de Distribuição Submódulo 7.1 - TUSD FIO B – formada por custos regulatórios pelo uso de ativos de propriedade da própria distribuidora que compõem a Parcela B, compreendida por: i) custo anual dos ativos (CAA); ii) custo de administração, operação e manutenção (CAOM).

da Rede Básica com tensão inferior a 230 kV (duzentos e trinta quilovolts) e das Demais Instalações de Transmissão (DIT) compartilhadas, ao uso dos sistemas de distribuição de outras distribuidoras e à conexão às instalações de transmissão ou de distribuição;

III - de 100% (cem por cento) dos encargos Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e Eficiência Energética (EE) e Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica (TFSEE); e

IV - da regra disposta no art. 17 desta Lei a partir de 2029.

Percebe-se, portanto, que a cobrança pelo uso da rede, e que aqui tomo a liberdade de chamar de “fechamento da geração distribuída”, converge para uma lógica já estabelecida e que fundamenta o mercado livre de energia (ou, tecnicamente, o Ambiente de Contratação Livre – ACL), qual seja, paga-se pelo uso da rede, dentro da lógica do monopólio natural deste serviço, e o fornecedor da energia (produto) é escolhido livremente.

Outro aspecto interessante a ser levantado neste processo, que é visível na formulação da lei 14.300, é que o período de transição proposto na lei finaliza em 2029, ou seja, justamente quando é prevista a abertura do mercado livre para os consumidores e energia na baixa tensão.

Atualmente, em linhas gerais, o mercado livre de energia atende apenas os consumidores que têm sua demanda contratada junto à distribuidora de, pelo menos, 500 kW, seja pelo somatório de

**GD III**



Fonte: Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD)

demandas de mesmo CNPJ raiz (comunhão de direito), seja por meio de demandas em áreas contíguas (comunhão de fato).

Dito isso, o que comumente chamamos de “abertura do mercado livre” corresponde, na verdade, à aplicação gradativa dos dispositivos legais e normativos previstos de liberalização do mercado livre de energia (o “ACL”) . Aqui a redação da RN 1000 da ANEEL e a atualização trazida pela RN 1059 (com a grafia original):

*Art. 160. O consumidor atendido em qualquer tensão pode optar pela compra de energia elétrica no ACL, desde que a contratação da demanda observe, no mínimo, o seguinte valor em um dos postos tarifários, conforme disposto na Portaria MME nº 514, de 27 de dezembro de 2018:*

*Art. 160. O consumidor do grupo A atendido em qualquer tensão pode optar pela compra de energia elétrica no ACL.*

(Redação dada pela REN ANEEL 1.059, de 07.02.2023)

I - a partir de 1º de julho de 2019: 2.500 kW; (Revogado pela REN ANEEL 1.059, de 07.02.2023)

II - a partir de 1º de janeiro de 2020: 2.000 kW; (Revogado pela REN ANEEL 1.059, de 07.02.2023)

III - a partir de 1º de janeiro de 2021: 1.500 kW; (Revogado pela REN ANEEL 1.059, de 07.02.2023)

IV - a partir de 1º de janeiro de 2022: 1.000 kW; e (Revogado pela REN ANEEL 1.059, de 07.02.2023)

V - a partir de 1º de janeiro de 2023: 500 kW. (Revogado pela REN ANEEL 1.059, de 07.02.2023)

Assim, é correto afirmar que teremos bastante coisa nova no setor a partir de 2028 com a conclusão da chamada abertura do mercado livre e o final do período de transição previsto na Lei 14.300 no que eu chamo de fechamento da geração distribuída, e não seria exagero afirmar que poderia haver a fusão dos dois mercados, com a consequente extinção do mercado cativo e a completa separação entre os serviços de distribuição e fornecimento de energia.

Para isso, vamos acompanhar o andamento do PL 414 e que trata da abertura e modernização do Setor Elétrico com a criação de um novo marco legal.

Mas, isso é assunto para a próxima coluna! Até lá!

**GD II**



Por Eduardo Honorato\*

# IEC 62443: reforçando a segurança cibernética em infraestrutura crítica

A ABNT publicou em 24/08/2023 a Norma Técnica Brasileira adotada ABNT IEC TS 62443-1-1, iniciando a série em português, e este é um marco a ser celebrado.

Segurança cibernética é uma preocupação cada vez mais premente em um mundo interconectado, em que dispositivos e sistemas industriais estão cada vez mais plugados à internet. Para garantir a integridade, a confidencialidade e a disponibilidade de sistemas críticos, é essencial adotar padrões rigorosos de segurança.

A norma ISA99, originalmente publicada em 2007, foi desenvolvida pela International Society of Automation (ISA) para fornecer um conjunto de melhores práticas para a segurança cibernética de sistemas de

automação e controle industrial (IACS). A norma foi atualizada em 2013 e em 2016 para refletir as mudanças inerentes a ameaças cibernéticas e no ambiente de IACS. Em 2016, a ISA99 foi adotada pela International Electrotechnical Commission (IEC) como a norma IEC 62443, que é uma série de normas que fornecem um framework abrangente para a segurança cibernética de IACS.

Mas, sabemos como aplicar a norma? Podemos empregá-la em todo tipo de infraestrutura crítica? Este artigo discutirá sua aplicação, que, sim, inclui todo tipo de infraestrutura crítica.

## O que é a IEC 62443?

A IEC 62443 é uma norma internacional

que estabelece diretrizes e requisitos para a segurança cibernética de sistemas de automação industrial e sistemas de controle. Ela foi desenvolvida para abordar os desafios únicos enfrentados por ambientes industriais, onde a integridade dos processos e a segurança dos trabalhadores são críticas. A norma oferece um conjunto de padrões e práticas recomendadas que podem ser aplicadas em toda a cadeia de suprimentos industrial, desde o projeto até a operação.

## Estrutura da IEC 62443

A norma IEC 62443 é composta por várias partes, cada uma abordando um aspecto específico da segurança cibernética

em sistemas industriais. Algumas das partes mais importantes incluem:

**Parte 1** - Terminologia e conceitos fundamentais: esta parte estabelece os termos e os conceitos-chave usados em toda a norma, proporcionando uma base sólida para a compreensão das diretrizes subsequentes;

**Parte 2** - Gerenciamento de segurança de sistemas de controle industrial: aqui, são definidos os requisitos para o estabelecimento e manutenção de um sistema de gerenciamento de segurança, incluindo políticas, procedimentos e processos;

**Parte 3** - Sistema de avaliação de risco: esta parte descreve como identificar, avaliar e gerenciar os riscos de segurança cibernética em sistemas industriais. Isso é essencial para determinar as medidas de segurança adequadas;

**Parte 4** - Requisitos de sistema de segurança cibernética: são estabelecidos os requisitos técnicos detalhados para projetar, implementar e operar sistemas de controle industrial seguros.

Aplicando a IEC 62443

A aplicação da IEC 62443 envolve várias etapas cruciais:

- Identificação de ativos críticos: primeiramente, é necessário identificar os ativos industriais críticos, como controladores lógicos programáveis (PLCs), sistemas de supervisão e a rede de comunicação;
- Avaliação de riscos: com base na identificação dos ativos críticos, uma avaliação de riscos deve ser realizada para determinar as ameaças potenciais e suas consequências. Isso ajuda a priorizar os recursos de segurança;
- Implementação de medidas de segurança: com a compreensão dos riscos, é hora de implementar as medidas de segurança apropriadas, como firewalls, sistemas de detecção de intrusão e autenticação robusta;
- Monitoramento contínuo: a segurança cibernética é uma jornada contínua, portanto, é essencial monitorar regularmente os sistemas industriais em busca de ameaças emergentes e vulnerabilidades;
- Conformidade com a norma: certifique-se de que todas as práticas

de segurança adotadas estejam em conformidade com os requisitos da IEC 62443.

### Benefícios da IEC 62443

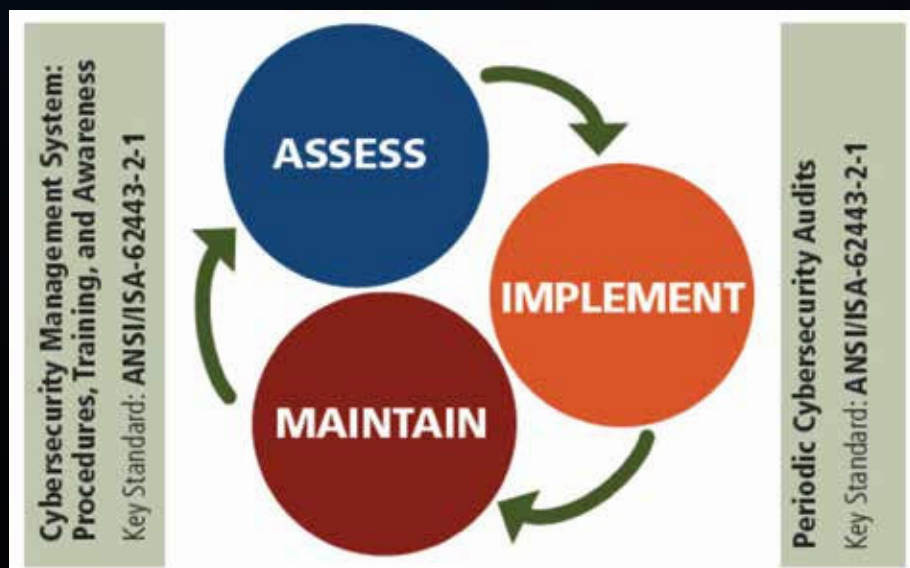
A aplicação eficaz da IEC 62443 oferece vários benefícios, incluindo:

- Redução de riscos: a norma ajuda a identificar e mitigar riscos cibernéticos, reduzindo a probabilidade de incidentes de segurança;
- Melhoria da resiliência: os sistemas industriais tornam-se mais resilientes a ataques, permitindo uma recuperação mais rápida em caso de violações;
- Conformidade com regulamentos: a adoção da IEC 62443 pode ajudar as organizações a cumprir regulamentos e padrões de segurança relevantes;
- Proteção da reputação: evitar violações de segurança cibernética ajuda a proteger a reputação da empresa e a confiança dos clientes.

Em resumo, a IEC 62443 é uma norma fundamental para a segurança cibernética em ambientes industriais. Sua aplicação diligente pode ajudar a proteger ativos críticos, reduzir riscos e garantir a continuidade das operações industriais. À medida que o cenário de ameaças cibernéticas continua a evoluir, a IEC 62443 é uma ferramenta vital para manter a segurança e a integridade dos sistemas industriais. Logo, investir na compreensão e na aplicação dessa norma é uma decisão estratégica sábia para todas as organizações envolvidas com automação industrial.

---

*\*Eduardo Honorato é graduado em Ciências da Computação, com MBA em Business Administration. Especialista em cibersegurança, é coordenador adjunto da CE 003.065.001 da ABNT e CEO da Munio Security.*



Por Fernanda Pacheco

# Perdas não técnicas: o desafio “invisível” da eficiência energética no Brasil

**Desvios de energia prejudicam consumidores, empresas e minam investimentos. Mas por que é tão difícil combatê-los?**

Imagem: Reprodução/ P/productions no Freepik



Na complexa rede de abastecimento energético que sustenta o Brasil, não faltam desafios a serem superados. Se fosse necessário apontar os três maiores obstáculos que tiram o sono dos profissionais do setor elétrico, com certeza, o difícil combate às perdas não técnicas de energia figurariam na lista da grande maioria dos votantes – possivelmente, de todos eles. Trata-se de algo semelhante a um vazamento silencioso, em que a eletricidade se dissipa ao longo dos cabos que cruzam as ruas, avenidas e estradas do país, deixando um rastro de ineficiência e prejuízos financeiros.

Sua origem é multifacetada, envolvendo problemas de medição inadequada, falhas na

infraestrutura elétrica e, sobretudo, os furtos de energia (os tão famosos “gatos de luz”). As consequências desses desvios são altamente prejudiciais, impactando diretamente nos bolsos dos consumidores, no custo operacional das empresas de distribuição e, de forma mais ampla, na capacidade do país de investir em uma infraestrutura energética moderna e sustentável.

De acordo com informações divulgadas na edição de 2023 do relatório “Perdas de Energia Elétrica na Distribuição”, elaborado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), as perdas não técnicas reais no país representaram um custo de aproximadamente R\$ 8,69 bilhões em 2022 – número obtido

pela multiplicação dos montantes pelo preço médio da energia nos processos tarifários, sem considerar tributos.

Já as chamadas perdas não técnicas regulatórias, que são calculadas conforme a metodologia própria da ANEEL – observando critérios de eficiência e limitando o repasse das perdas não técnicas reais aos consumidores –, resultaram em um custo de aproximadamente R\$ 6,59 bilhões, o que representa cerca de 3,1% da receita requerida das distribuidoras, e 9,0% da Parcela B (componente tarifária que engloba custos gerenciáveis, ou seja, aqueles que podem ser administrados pela distribuidora), variando de acordo com a companhia elétrica.

## Light no escuro

Em maio deste ano, pudemos observar um exemplo prático do que realmente significa viver em um cenário de tamanha insegurança. Estimando uma dívida que beira os R\$ 11 bilhões, a Light S.A., companhia privada atuante em geração, distribuição, comercialização e soluções de energia elétrica, anunciou o ajuizamento de um pedido de recuperação judicial, deixando o mercado energético em alerta.

O drama se desenrola na região metropolitana do Rio de Janeiro, onde a empresa possui sua única concessão – e uma das áreas do país onde mais se enfrenta batalhas contra as ligações clandestinas de



energia. E o que já não era nada simples de se resolver, pode piorar ainda mais, uma vez que tais práticas ilegais não apenas impactaram as finanças do Grupo Light, como também seguem prejudicando sua capacidade de atender às metas de qualidade impostas pela ANEEL.

Com isso, a companhia agora encara a perspectiva real de perder sua concessão, que tem validade até 2026, o que pode representar uma transformação radical no cenário energético da capital fluminense. A empresa já solicitou a renovação antecipada, no entanto, a ANEEL tem até o final de 2024 para emitir sua decisão a respeito do pedido, o que mantém as muitas incertezas ainda pairando no ar.

O gráfico a seguir, disponibilizado no relatório de perdas da agência reguladora, detalha o envolvimento das principais concessionárias de energia nas perdas não técnicas reais vividas pelo país em 2022, e o compara com a participação dessas empresas no mercado de baixa tensão do Brasil. Como boa parte das perdas não técnicas ocorre no mercado de baixa tensão, a ANEEL as homologa sobre esse mercado, que é inferior ao da energia injetada, utilizado como denominador das perdas técnicas (que ocorrem durante o processo de transporte, transformação de tensão e medição, em decorrência das leis da física).

Na imagem, é possível observar que a Light se sobressai significativamente em relação às demais concessionárias, revelando-se a mais afetada pelos desvios de energia. Sozinha, a companhia foi responsável por quase 20% do total de perdas não técnicas em território

nacional. Tal participação contrasta com sua representatividade relativamente modesta no mercado de baixa tensão brasileiro, onde a empresa respondeu por cerca de 5% de toda a energia produzida no último ano.

Como as concessionárias atuam em regiões com diferentes características de mercado e variáveis econômicas e sociais, a comparação entre elas considera um ranking de complexidade socioeconômica, elaborado a partir de modelos econométricos, que permite uma comparação mais justa do desempenho das perdas não técnicas das distribuidoras, conforme o porte e a posição.

### Desafios

As amplas proporções dessa questão oferecem uma pista clara sobre o grau de dificuldade que tanto as concessionárias de energia quanto o Estado enfrentam na busca por soluções eficazes. A ANEEL enfatiza publicamente a importância intrínseca da redução das perdas não técnicas, sublinhando a necessidade incontornável de que as distribuidoras se empenhem continuamente na minimização dessas perdas, independentemente do quadro regulatório estabelecido, seja para reduzir prejuízos, quando as perdas reais estiverem acima da regulatória, ou adquirir ganhos, quando acontecer o oposto.

Mas, ao que tudo indica, medidas que poderiam ser fundamentais para a efetividade de ações de combate deparam-se com desafios consideráveis. Nas palavras de Marcos Madureira, presidente da Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica

(Abradee), “as empresas estão sempre trabalhando no desenvolvimento de técnicas para identificar as perdas e corrigi-las, mas muitas vezes ficam incapazes de realizar seu trabalho, fazendo com que as perdas fiquem mais elevadas”.

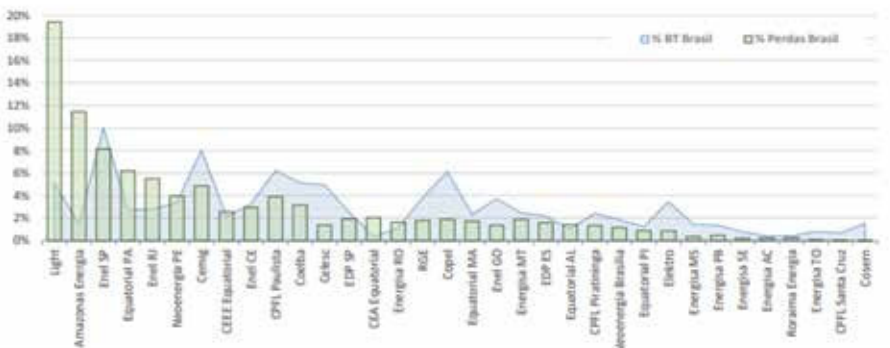
Madureira enfatiza que os obstáculos começam em decorrência de uma questão que parece ser a raiz de muitos desafios no país: a impunidade. “Infelizmente, muitas vezes você identifica o furto de energia, mas não consegue que aquele consumidor seja penalizado. Em algumas regiões, existe uma cultura na qual as pessoas acham que é normal fazer o desvio de energia elétrica”, lamenta.

De acordo com o executivo, as distribuidoras de diversas regiões do país enfrentam uma verdadeira encruzilhada quando se trata de combater os desvios de energia. Esta difícil situação, ele ressalta, não está apenas relacionada ao setor elétrico, mas ecoa novamente um problema crônico que há muito aflige o Brasil.

Levando energia a mais de 15 milhões de clientes através de suas distribuidoras nos estados do Rio de Janeiro, Ceará e São Paulo, a Enel Brasil enfrenta persistentemente os desafios elencados pelo especialista. Segundo Pâmela Botelho, responsável por Recuperação de Energia da empresa, essas barreiras, de fato, parecem ser particularmente mais intensas no caso da Enel Rio, responsável por atender 66 municípios fluminenses.

“A Enel Distribuição Rio está impedida de exercer várias atividades como, por exemplo, o combate ao furto de energia elétrica, para resguardar a segurança de seus colaboradores. Tal situação vem se agravando ao longo dos últimos anos: em 2004, a Enel Rio tinha 74 mil consumidores em áreas de risco e, em 2021, esse número chegou a 470 mil clientes, um crescimento de mais de 600%. Atualmente, mais de 15% do total de consumidores da distribuidora estão localizados nestas áreas em que a companhia possui restrição para atuar”, afirma Pâmela.

Segundo dados da ANEEL, os estados brasileiros que registraram os índices mais



Fonte: relatório “Perdas de Energia Elétrica na Distribuição”, da ANEEL.

Por Fernanda Pacheco



"Existem áreas onde as empresas têm uma dificuldade ou a impossibilidade de atuar, como é o que acontece no próprio Rio de Janeiro, uma região onde se tem uma ausência do Estado, que não permite que a distribuidora possa executar sua tarefa. Por conta da criminalidade, não tem como o eletricitista entrar em uma dessas regiões para fazer o seu papel, que é identificar e corrigir o desvio."

O presidente da Abradee, Marcos Madureira, durante a 1ª edição do Congresso de Inovação na Distribuição de Energia Elétrica (CIDE), realizado em junho deste ano – uma parceria entre Abradee e Grupo O Setor Elétrico. Imagem: Reprodução/CIDE.

elevados de perdas não técnicas reais em 2022 foram o Amazonas, Amapá, Pará e Rio de Janeiro. Em contrapartida, as concessionárias que enfrentaram as menores taxas dessas perdas, a nível nacional, atenderam aos estados do Rio Grande do Norte, Goiás, Paraná e Sergipe.

A agência reguladora declara que não realiza intervenções diretas quanto às ações que devem ser desenvolvidas pelas concessionárias para o combate às perdas, "tendo em vista que é a distribuidora que

detém as informações necessárias para identificar quais estratégias alcançarão os melhores resultados, desde que embasadas pela regulamentação setorial vigente".

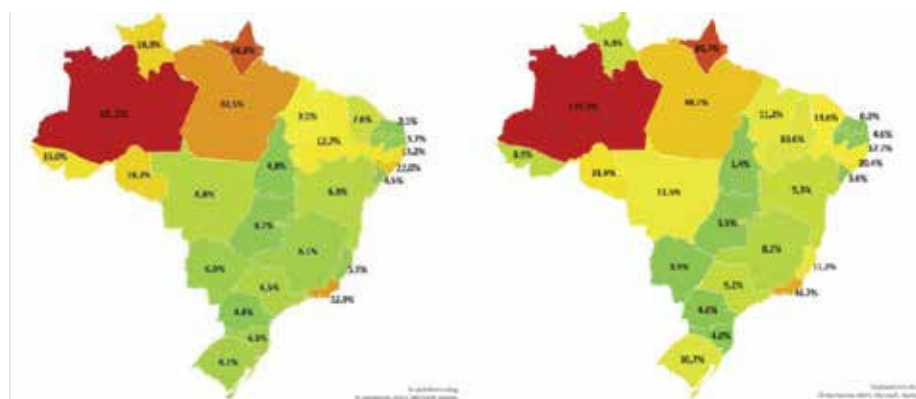
Quem paga essa conta?

Além dos números preocupantes e das evidentes dificuldades em se combater as perdas não técnicas, há uma questão que muito interessa não apenas às concessionárias, mas também aos consumidores: quem arca com os custos da energia que não chega em seu devido destino? A resposta para essa

pergunta provavelmente não gera muita surpresa.

Para entender essa dinâmica, é fundamental considerar os contratos de concessão de energia. Neles, encontramos um importante mecanismo chamado "repasso tarifário dos níveis eficientes das perdas". Em essência, isso significa que os custos associados às perdas de energia, sejam elas técnicas ou não técnicas, estão previstos e incluídos nos valores que pagamos por nossa energia elétrica. A ANEEL desempenha um papel crucial nesse cenário, estabelecendo um limite regulatório para essas perdas, na tentativa de garantir que não paguemos mais do que o necessário. A diferença entre a parcela que é acrescentada à tarifa e o volume real de perdas é assumida pelos acionistas da distribuidora.

A definição de quantas perdas são aceitáveis e quais são consideradas técnicas ou não técnicas, é realizada durante os processos de revisão tarifária periódica, que acontecem em um intervalo de 3 a 5 anos, para cada distribuidora de energia. Durante esse processo, a ANEEL estabelece



Níveis das perdas não técnicas reais (à esquerda) e regulatórias (à direita) sobre o mercado de baixa tensão faturado no Brasil em 2022. Fonte: relatório "Perdas de Energia Elétrica na Distribuição", da ANEEL.

percentuais regulatórios que indicam quanto de perda é razoável e como isso afeta o preço que pagamos pela energia elétrica. Esses valores são detalhados nas Resoluções Homologatórias da agência.

“O furto de energia e as fraudes impactam diretamente nas tarifas de energia, que poderiam ser reduzidas. Na área de concessão da Enel Rio, por exemplo, considerando o ano de 2022, foi registrada perda não técnica de cerca de 31% de toda a energia distribuída na baixa tensão”, conta Pâmela Botelho. A profissional revela ainda que uma estimativa da Enel Rio mostrou que, se não houvesse furto de energia, as tarifas de todos os clientes da distribuidora poderiam ser reduzidas, atualmente, em cerca de 5%.

Há ainda um outro complicador nesse cenário, conforme destaca o presidente da Abradee. “O que temos assistido nos últimos anos é um crescimento da perda real e, como a cada ano a ANEEL vai dando um ‘desafio’ para que as empresas reduzam essa perda, há um aumento da diferença entre a perda real e a regulatória, ou seja, os acionistas estão assumindo um valor maior nessa questão relacionada à perda.”

Sobre esse ponto, a ANEEL argumenta em seu relatório anual que, a regulação por incentivos, parte do princípio de que as distribuidoras devem ser incentivadas a melhorar seu desempenho na redução de perdas, ao invés de unicamente repassar os custos adicionais aos consumidores, refletindo a busca por um equilíbrio entre a necessidade de manter um setor elétrico eficiente e a proteção dos interesses dos consumidores em relação às tarifas de energia elétrica.

E quantas vidas esses “gatos” ainda têm?

Com o avanço constante da tecnologia, torna-se fundamental manter os olhos fixos no horizonte e explorar possíveis soluções inovadoras para velhos problemas. No entanto, será que essa abordagem, que vem sendo uma aliada poderosa na busca por eficiência energética, é de fato aplicável a uma

questão tão intrincada quanto a das perdas não técnicas de energia?

“Existem diversas metodologias que são utilizadas pelas empresas, que dependem de qual é a região onde está havendo aquela perda e do tipo de sofisticação que possa existir no desvio. A empresa busca utilizar metodologias para identificar e, uma vez identificada, fazer a correção e a penalização do consumidor que esteja fraudando”, explica Marcos Madureira.

“Cada vez mais, se investe em tecnologia para que se possa ter alguns medidores que aferir a energia elétrica de maneira mais segura – os chamados medidores inteligentes –, que possuem a capacidade de identificar se existe um desvio de energia elétrica na unidade consumidora. Com essa informação, é possível para a distribuidora fazer a correção desse desvio e cobrar essa diferença do consumidor”, exemplifica o gestor.

No caso da Enel Rio, conforme descreve Pâmela Botelho, vem sendo feito um investimento na utilização de data mining (mineração de dados) e machine learning (aprendizado de máquinas), que se tornaram importantes ferramentas para uma identificação mais eficaz de fraudes. “Por meio de data mining, são analisados vastos conjuntos de informações, como históricos de consumo, padrões de comportamento e indicadores de risco, em busca de sinais e anomalias que possam identificar atividades fraudulentas. A empresa investe também em projetos de blindagem da rede, cujo objetivo é aumentar a proteção da rede contra furtos, com efeito direto principalmente na reincidência de furtos”, declara.

Outra concessionária que tem utilizado a evolução tecnológica como boa aliada no combate aos furtos de energia é a Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig). A empresa possui um programa de combate às perdas não técnicas composto por diferentes iniciativas, que incluem

desde a execução de serviços em campo, até o uso de tecnologias apropriadas e envolvimento de equipes especializadas.

“As principais estratégias contemplam a utilização de softwares de inteligência para identificação de alvos suspeitos de irregularidades, realização de inspeções em unidades consumidoras, regularização de ligações clandestinas em áreas de elevada complexidade socioeconômica com uso de medição blindada e externalizada (rede ‘BT Zero’), modernização do parque de medição, por meio da substituição de medidores obsoletos por medidores novos, bem como implantação de medidores inteligentes (projeto AMI)”, relata o engenheiro de Medição e Perdas da Distribuição da Cemig, Saad do Carmo.

“Importante destacar também que a Cemig possui um Centro Integrado de Medição - CIM, por meio do qual é feito o monitoramento remoto dos grandes clientes (total de 310 mil clientes telemedidos atualmente, que representam cerca de 63% do consumo faturado da distribuidora). Por meio do CIM, é possível identificar de forma remota e em tempo real, qualquer anomalia no padrão de consumo de energia dos grandes clientes e enviar equipes de campo para identificar, registrar e remover as irregularidades detectadas”, completa.

Infelizmente, a superação das adversidades decorrentes das perdas não técnicas não se resume apenas ao aprimoramento de tecnologias ou à ampliação das áreas sujeitas a inspeções em campo. É uma questão profundamente enraizada na sociedade brasileira, um dilema complexo que tem desafiado o país ao longo de décadas. Enquanto o Brasil avança rumo a um futuro mais eficiente e sustentável, é crucial lembrar que, apenas com a colaboração de todos os setores da sociedade, poderemos enfrentar o desafio de construir um sistema energético mais justo para todos.

# Equipamentos para redes de distribuição e transmissão de energia

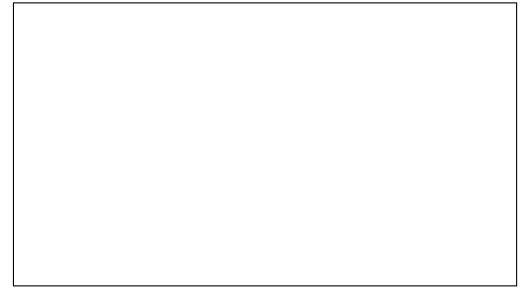
EMPRESA	TELEFONE	SITE	CIDADE	UF	A empresa é				Principal canal de vendas				Principais clientes						
					Fabricante de produtos para distribuição de energia	Distribuidora de produtos para distribuição de energia	Fabricante de produtos para transmissão de energia	Distribuidora de produtos para transmissão de energia	Distribuidores de materiais elétricos	Revendas de materiais elétricos	Venda direta ao cliente final	Internet	Distribuição de energia elétrica	Transmissão de energia elétrica	Montagem de redes de distribuição	Montagem de redes de transmissão	Engenharia	Manutenção de redes	Montagem de equipamentos
ADELCO	(11) 4199-7500	www.adelco.com.br	Barueri	SP	x						x		x	x			x	x	
ALTUS	(51) 3589-9500	www.altus.com.br	São Leopoldo	RS	x		x		x	x	x		x	x			x		x
BOHNEN+MESSTEK	(11) 5567-0200	www.bohnen.com.br	São Paulo	SP		x		x			x		x	x				x	x
BRASFORMER BRASPÊL	(11) 2969-2244	www.brasformer.com.br	São Paulo	SP	x		x		x		x		x	x			x		
BRVAL ELECTRICAL	(21) 3812-3100	www.brval.com.br	Valença	RJ	x						x		x				x		x
CABELAUTO	(35) 3629-2500	www.cabelauto.com.br	Itajubá	MG	x		x		x		x	x	x	x	x	x	x		
CERÂMICA SÃO JOSÉ	(19) 3852-9555	www.ceramicasajose.com.br	Pedreira	SP	x		x		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
ELETRON ENGENHARIA	(12) 99163-9377	www.eletronengenhariaindustrial.com	Pindamonhangaba	SP				x				x			x			x	
ELEOTROTAFO	(43) 3520-5000	www.eleotrotafo.com.br	Cornelio Procopio	PR	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
FURUKAWA ELECTRIC	0800 041 2100	www.furukawatam.com/pt-br	Curitiba	PR	x		x		x	x	x	x	x	x			x	x	
GIMI SOLUÇÕES DE ENERGIA	(11) 4752-9900	www.gimi.com.br	Suzano	SP	x		x				x	x	x	x	x	x	x	x	x
INDEL BAURU	(14) 3281-7070	www.indelbauru.com.br	Bauru	SP	x					x	x		x						x
ITAIPU	(16) 3263-9400	www.itaiputransformadores.com.br	Itapolis	SP	x				x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
LOJA ELÉTRICA	(31)3218-8033	www.lojaelettrica.com.br	Belo Horizonte	MG		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
MÉDIA TENSÃO	(11) 2384-0155	www.mediatensao.com.br	Guarulhos	SP		x			x	x	x	x	x		x		x	x	x
MERSEN DO BRASIL	(11) 98158-5740	www.mersen.com	São Paulo	SP	x		x		x	x	x	x	x	x					x
ONIX	(44) 3233-8500	www.onixcd.com.br	Mandaguari	PR		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
PEXTRON	(11) 5094-3200	www.pextron.com.br	São Paulo	SP	x		x		x		x		x				x		x
PLP	(11) 4448-8000	www.plp.com.br	Cajamar	SP	x		x		x	x	x		x	x	x	x	x	x	
S&C ELECTRIC	(41) 3382-6481	www.sandc.com	São José dos Pinhais	PR	x						x		x		x				x
SCHNEIDER ELECTRIC	(11) 99989-7237	www.se.com/br	São Paulo	SP	x				x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
SIEMENS	(11) 97174-4009	www.siemens.com	Jundiaí	SP	x		x				x		x	x			x		
TECSYS	(12) 3797-8800	www.tecsysbrasil.com.br	São José dos Campos	SP	x						x		x						
TRAEI	(65) 3611-6500	www.trael.com.br	Cuiabá	MT	x		x				x		x	x	x		x		
TRANSFORMADORES MINUZZI	(19) 3272-6380	www.minuzzi.ind.br	Campinas	SP			x		x	x							x		x
TRANSFORMADORES UNIÃO	(11) 2023-9000	www.transformadoresuniao.com.br	São Paulo	SP	x						x	x							x
TREETECH TECNOLOGIA	(11) 2410-1190	www.treetech.com.br	Atibaia	SP	x		x				x		x	x					







# Revisão da norma ABNT NBR 15751 – Aterramento de subestações: vale a pena manter formulações e metodologias baseadas em modelos de solos uniformes?



Começo este artigo perguntando aos colegas: Alguém já fez uma medição de resistividades do solo e encontrou uma curva de resistividades aparentes reta e horizontal? Eu não me lembro de ter visto esta anomalia.

Os solos uniformes não existem na natureza; o solo homogêneo é uma abstração matemática que foi útil há 50 anos, quando não existiam computadores, apenas calculadoras de mão. Hoje em dia esta simplificação da natureza não é mais necessária, pois todo mundo tem um computador em casa ou no trabalho.

É sempre possível achar um modelo de solo uniforme capaz de reproduzir a resistência de uma malha em solo multicamadas, porém, é impossível achar um modelo de solo uniforme capaz não somente de reproduzir a resistência de aterramento da malha, mas também os gradientes de potenciais na superfície do solo produzidos por um solo multicamadas e, portanto, calcular de forma adequada as tensões de passo e de toque.

Se quisermos atender às normas ABNT em vigor há que se recordar que a ABNT NBR 7117/2020 estabelece que o modelo básico de solo tem três camadas. Formulações, como a do Anexo A, que se propõem a reduzir um modelo de solo multicamadas a um modelo uniforme, são formulações que descaracterizam a estrutura geoeétrica de subsuperfície para ajustar o subsolo às limitações do projetista. Daí para frente o

projeto de aterramento passa a ser uma obra de ficção.

O uso de um modelo de solo de resistividade uniforme aparece na ABNT NBR 15751 em três itens:

- no Item 5.1 - que apresenta uma formulação para o cálculo preliminar da resistência do aterramento;
- no Anexo A (informativo) - que “ensina” a reduzir um modelo de solo de dupla camada para uniforme;
- no Anexo B (informativo) - que tem o título “Metodologia para cálculo simplificado de potenciais no solo”.

O Anexo B apresenta as expressões que constam do Anexo D da IEEE-80/2013, com o título “Simplified step and mesh equations”. Esta metodologia, segundo o próprio IEEE-80, é restrita a malhas retangulares com relação comprimento/largura máxima de 2,5/1, que atendam às seguintes premissas:

“Uma tensão de malha (em volts) na superfície do solo no centro de uma reticula de canto (assumindo uma malha retangular igualmente espaçada, enterrada à profundidade  $h$  em um solo de resistividade uniforme). Esta malha pode consistir em  $n$  condutores paralelos com espaçamento  $D$  e com um número indeterminado de conexões cruzadas. Todos os condutores da malha são considerados como tendo o diâmetro  $d$ .”

Na revisão ora em curso, a ideia é concentrar o conteúdo destes três itens no Anexo B, que deve ser preservado, porém, com alguns ajustes e com as devidas ressalvas das limitações da sua aplicação.

Assim como não existe o solo uniforme, tampouco existem malhas de aterramento tão bem comportadas, exceto as bem pequenas, tipo cabine de medição, com área inferior a 1.000 m<sup>2</sup>. Um argumento que se ouve é que a metodologia simplificada se aplica a subestações industriais e cabines de medição, que são pequenas.

É verdade que elas são pequenas. Ocorre que, na grande maioria, estas subestações fazem parte de complexos mais amplos (plantas industriais, datacenters, UFV e outros). Normalmente saem destas subestações circuitos em média e em baixa tensão que atendem a unidades distribuídas por uma área muito superior à da subestação. Os condutores de aterramento que acompanham estes circuitos são aterrados quando chegam nas unidades por eles alimentadas. Isto significa que a quase totalidade destas pequenas subestações, na verdade, integra um sistema de aterramento muito mais amplo.

Dessa maneira, as tensões de passo e de toque com origem em faltas para a terra nestas subestações não ficam restritas ao perímetro da sua pequena malha, frequentemente calculada com modelo de



solo uniforme, mas se propagam por todo o sistema de aterramento da instalação. Projetos de aterramento de subestações que integram instalações, em geral, erram em se limitar à área ocupada pela subestação e expõem os trabalhadores das unidades por elas alimentadas a risco de tensão de passo e de toque.

Recentemente, recebi um projeto de aterramento de uma UFV com diagonal de 2,2 km, elaborado por este método simplificado, e para completar, com um modelo de solo uniforme de resistividade superior a 12.000 ohms.m. Era um duplo desastre – uma medição de resistividades do solo feita em um solo de alta resistividade com terrômetro e um projeto de aterramento de um empreendimento de milhões de dólares feito na base da engenharia 4 operações, com uma calculadora. Naturalmente, o cliente não aprovou este projeto, que teve que

recomeçar do zero – foi contratada uma nova campanha de sondagens elétricas verticais + audiomagnetotélúricas, e eu fiz o reprojeto do sistema de aterramento com um modelo de solo profundo, compatível com a dimensão da UFV.

O que é importante que o setor elétrico entenda é que o tempo dos aterramentos independentes ficou para trás. Hoje está tudo interligado, a realidade é outra, não projetamos mais aterramentos, mas sim sistemas de aterramento. As normas precisam refletir esta realidade, que não é nova, já vem desde o fim do século passado. Na década de 1980 eu já fazia os meus projetos de aterramento com modelos de solo de dupla camada (obtidos com as curvas padrão plotadas em papel log-log) e usando um programa em Fortran “feito em casa”. Em 1994 fiz um curso com o Prof. Dawalib, em Montreal/Canadá, voltei para o Brasil como representante do

software por ele desenvolvido (o CDEGS), e desde então tenho me empenhado em colaborar com a modernização do setor de aterramento elétrico, participando de comitês normativos, publicando artigos em revistas e apresentando trabalhos em congressos, e mais recentemente, por meio de postagens no LinkedIn.

Não existe norma à prova de mau uso, porém, os membros da comissão que elabora/ revisa as normas, devem se empenhar para reduzir ao máximo este risco. A inclusão dos limites de aplicabilidade para cada um dos métodos apresentados nas normas é de extrema importância neste aspecto.

---

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

# Excelência em Transformadores

IRRIGAÇÃO  
ENERGIA FOTOVOLTAICA  
ENERGIA ELÉTRICA  
INDÚSTRIA  
MANUTENÇÃO

# MINUZZI®

[www.minuzzi.ind.br](http://www.minuzzi.ind.br)



Por Marcus Vinicius B. Mendonça, Arnaldo José P. Rosentino Jr. e Fabrício Augusto M. Moura\*

## Método modificado para atribuição de responsabilidades diante de desequilíbrios de tensão

Um dos problemas que compromete a qualidade da energia elétrica é o desequilíbrio de tensão, que ocorre quando há uma defasagem angular diferente de  $120^\circ$  elétricos entre as fases e/ou quando a amplitude é desigual [1]. Esse distúrbio pode levar a grandes impactos econômicos por meio do sobreaquecimento de máquinas elétricas, causando maiores perdas e diminuição da vida útil. Isso é relevante, posto que a maior parte do consumo de energia elétrica provém do segmento industrial, cuja maioria das cargas motrizes é representada por motores de indução trifásicos [2].

De acordo com o Módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (Prodist) da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), tem-se o limite de 3,0% para o valor do fator de desequilíbrio de tensão (FD) para uma tensão nominal menor que 2,3 kV e o limite de 2,0% para o valor de FD para uma tensão nominal maior ou igual a 2,3 kV e menor que 230 kV [3].

Neste contexto, o presente trabalho visa apresentar uma contribuição aos estudos de identificação da responsabilidade devido ao desequilíbrio de tensão por meio da análise de uma proposta modificada tendo como base o método conhecido como corrente conforme e não conforme. Para tanto, a partir da definição de constantes específicas, a componente conforme de sequência negativa é caracterizada de acordo com o tipo de carga, separando os motores de indução trifásicos das demais cargas.

O método original da corrente conforme e não conforme estabelece uma corrente

conforme de sequência negativa proporcional ao desequilíbrio de tensão [4]. No entanto, no caso de cargas do tipo motor de indução trifásico, o desequilíbrio de corrente é diferente do desequilíbrio de tensão, uma vez que as impedâncias de sequência são diferentes. Dessa forma, a proposta de modificação do método é desenvolvida fazendo a adequação da quantificação da corrente conforme de sequência negativa para motores de indução trifásicos, com o intuito de permitir a atribuição de responsabilidades pelo método mesmo quando as cargas possuem impedâncias de sequência diferentes.

O sistema elétrico utilizado como teste agrega atributos que compõem um sistema real no qual uma instalação industrial é suprida eletricamente

por uma distribuidora de energia elétrica. O software Alternative Transients Program (ATP) foi empregado para a modelagem e simulação deste sistema elétrico, fazendo o uso da interface gráfica ATPDraw. A Figura 1 representa o sistema elétrico utilizado neste estudo.

Dentre os casos analisados, duas situações são contempladas neste trabalho visando apresentar sucintamente os resultados do novo método. Na primeira, apenas as cargas dos consumidores identificados como 1 e 2 na Figura 1 estão desbalanceadas, enquanto, na segunda, apenas as cargas identificadas como 6 e 7 do Consumidor 4 estão desequilibradas. A avaliação é conduzida sob o ponto de vista do Consumidor 4, que possui cargas trifásicas do tipo motor de indução. Isto quer dizer que os métodos (original

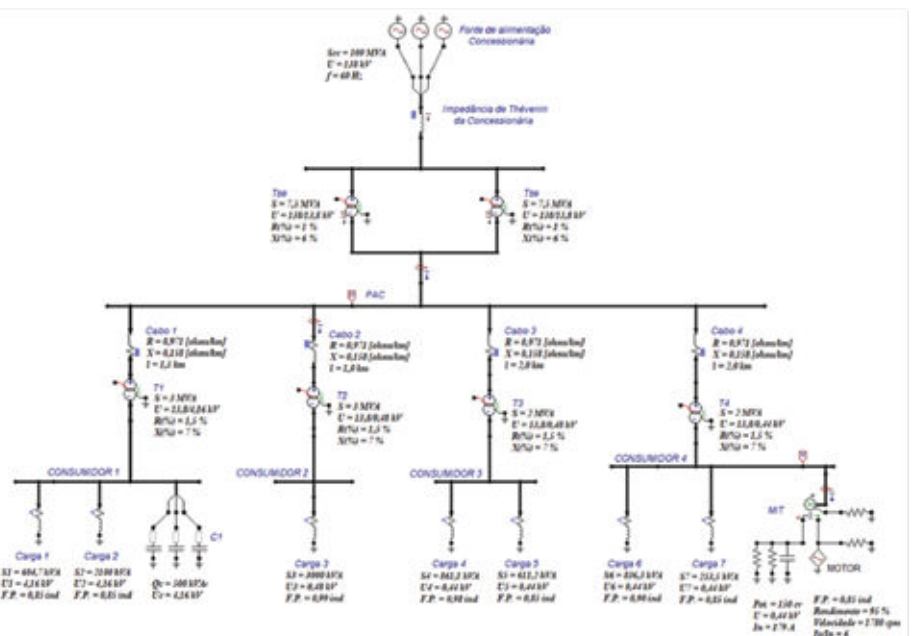


Figura 1 – Diagrama do sistema teste.



TABELA 1 – RESULTADOS DOS VALORES PERCENTUAIS OBTIDOS

Caso	Agente do sistema	Resultado esperado	Método original	Método modificado
I	Externo	$\geq 100\%$	69,1 %	101,7 %
	Consumidor 4	$\leq 0\%$	30,9 %	-1,7 %
II	Externo	$\leq 0\%$	-1,0 %	-17,1 %
	Consumidor 4	$\geq 100\%$	101,0 %	117,1 %

e modificado) são empregados com o objetivo de tentar identificar se o desequilíbrio de tensão do sistema é provocado por este consumidor ou por outro agente externo às instalações do Consumidor 4, a partir do monitoramento da tensão no ponto de acoplamento comum e da corrente disponibilizada para esta unidade consumidora. Deste modo, na primeira condição, o desequilíbrio não é causado pelo consumidor analisado, enquanto, na segunda, ele é produzido por este.

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos para estas duas situações de configuração do sistema sob análise. É possível notar que ambos os métodos atribuíram maior percentual de responsabilidade ao restante do sistema, ou seja, externo ao consumidor monitorado para o primeiro caso. No entanto, o método original não alcança 100%, demonstrando um resultado diferente do esperado para esta condição, uma vez que o desbalanço de cargas foi provocado de forma externa. Por outro lado, o método modificado apresenta resultados mais próximos do esperado, que é 100% para os agentes externos.

Destaca-se que atingir ou superar o percentual em 100% representa responsabilidade exclusiva deste agente do setor elétrico, seja este o consumidor analisado ou o restante do sistema, isto é, este é considerado o causador do desequilíbrio de tensão. De certa forma, em determinadas condições em que há percentuais negativos, o referido agente pode ser considerado como elemento compensador do desequilíbrio.

No segundo caso mostrado neste artigo, o desequilíbrio foi provocado pelas cargas do consumidor analisado, o que caracteriza este como responsável pelo distúrbio na tensão. O método original e o modificado mostram

resultados coerentes com aquilo que se espera em termos de identificação de responsabilidades.

Diante dos resultados obtidos, verificou-se que o método contendo a modificação proposta contribuiu para a melhoria do método original, permitindo alcançar respostas mais adequadas com a realidade do sistema elétrico, no tocante à atribuição de responsabilidades pelo desequilíbrio de tensão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PINTO, P. H. I. S. *Avaliação de métodos para a atribuição da responsabilidade pelo desequilíbrio de tensão em sistemas elétricos com cargas motrizes. Monografia (graduação em engenharia elétrica) – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba – MG. 2017.*
- [2] GARCIA, Diogo Caetano. *Avaliação e minimização numérica do desequilíbrio de tensão: estimativa por análise de sensibilidade incremental e soluções analíticas. Dissertação (mestrado em engenharia elétrica). Publicação: PPGENE.DM – 319/07, Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2007.*
- [3] ANEEL PRODIST. *Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica. Brasília.*
- [4] K. Srinivasan, R. Jutras. "Conforming and non-conforming current for attributing steady state power quality problems", *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 13, no. 1, 212-217, 1998.
- [5] ARÃO, L. F. L. *Avaliação Comparativa entre Métodos para Atribuição de Responsabilidades Devido ao Desequilíbrio de Tensão. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Publicação*

PPGEE.DM-557/14, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014.

- [6] A. C. Santos. "Uma contribuição ao processo do compartilhamento de responsabilidades sobre as distorções harmônicas via chaveamento de unidades capacitivas". 2015. 93 f. Dissertação (mestrado em ciências) - Faculdade de engenharia elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 2015.
- [7] L. F. L. Arão, A. L. Ferreira Filho, M. V. B. Mendonça. "Comparative Evaluation of Methods for Attributing Responsibilities Due to Voltage Unbalance", *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 31, no. 2, pp. 743-752, 2016.

\*Marcus Vinícius Borges Mendonça é engenheiro eletricitista e obteve o título de Doutor em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia (2010). É professor no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), onde, atualmente, atua como professor associado.

\*Araldo José Pereira Rosentino Junior possui graduação, mestrado e doutorado pela Universidade Federal de Uberlândia, com graduação sanduíche no Institut National des Sciences Appliquées de Lyon e doutorado sanduíche na University of Alberta, Electrical and Computer Engineering. Atualmente é professor na Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Instituto de Ciências Tecnológicas e Exatas, Departamento de Engenharia Elétrica.

\*Fabrício Augusto Matheus Moura possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU-2005). Obteve o título de Mestre em ciências no Núcleo de Qualidade e Racionalização da Energia Elétrica (08/2008) e o título de Doutor em ciências (08/2011) no Núcleo de Dinâmica de Sistemas Elétricos, ambos pela UFU, Faculdade de Engenharia Elétrica. Atualmente, é professor associado do Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM, onde desenvolve atividades de ensino, pesquisa e extensão.



# O sucesso da transição energética está nas mãos dos jovens profissionais

No mundo todo, o setor elétrico passa por transformações rápidas e profundas. As mudanças dos últimos 10 anos são apenas um vislumbre em relação às que devemos experimentar na próxima década, impulsionadas pela necessidade de uma transição energética global.

O relatório "World Energy Transitions

matrizes elétrica e energética mundial não se fará sozinha. A demanda por profissionais qualificados tecnicamente, muitos deles com habilidades específicas, para atuar em projetos que vão do elétron gerado a partir de fontes renováveis à molécula do hidrogênio verde, crescerá a passos largos nas próximas décadas.

O Brasil reúne condições ímpares para se tornar um grande player mundial no mercado de energéticos renováveis. Mas a integração dos jovens ao mercado de energia é um desafio que teremos de enfrentar.

Somados os cursos de graduação em Biocombustíveis e as engenharias de Energia, Elétrica e Eletrônica, formamos 12.695 profissionais em 2021, de acordo com o Censo da Educação Superior (INEP). A título de comparação, a Eletrobras, sozinha, emprega 12 mil pessoas.

E a transição energética também vai precisar de profissionais do agro, da geografia, da química, da física e de muitas outras especialidades.

Precisamos atrair os jovens para o setor de energia e introduzi-los no mercado de trabalho. Devemos abrir espaço para que eles apresentem suas ideias e contribuam com esse processo de inovação. Iniciativas como a Next Generation Network (NGN), do CIGRE-Brasil – uma rede de jovens profissionais de até 35 anos que tem como objetivo capacitá-los e envolvê-los no setor eletroenergético –, são fundamentais para catalisar a ascensão dos novos talentos.

A NGN oferece recursos técnicos,

oportunidades de networking e espaços para desenvolvimento pessoal e profissional. Sua missão é clara: não apenas fortalecer os membros jovens, mas também contribuir para o crescimento sustentável do setor de energia no Brasil e no mundo. Afinal, a troca de experiências é vital na preparação de especialistas para as demandas de um ambiente em constante transformação.

Eventos como o Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE), que este ano, mais uma vez, terá uma seção exclusiva da NGN, oferecem uma plataforma para os jovens profissionais compartilharem suas ideias, pesquisas e insights com um público especializado. Tais oportunidades não apenas expandem o conhecimento individual, mas também enriquecem a discussão em torno das soluções inovadoras para os desafios do setor.

As projeções sobre investimentos e desafios da transição energética geralmente levam em conta os horizontes de 2030 e 2050. As novas gerações é que estarão à frente dos grandes projetos. A transferência de conhecimento entre os profissionais maduros de hoje e os talentos que vão construir o amanhã é indispensável para conseguirmos estruturar redes dinâmicas, porém resilientes, e avançar para mercados de energia mais abertos e plurais, pavimentando o caminho para uma nova era no campo da eletroenergia.

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



Outlook 2023", publicado pela Agência Internacional de Energia Renovável (Irena), estima em US\$ 35 trilhões o investimento necessário até 2030 para que o mundo substitua suas fontes energéticas de origem fóssil a tempo de evitar um aquecimento global acima de 1,5°C, como prevê o Acordo de Paris.

Como bem sabemos, essa mudança nas

# VENHA PARA O MAIOR EVENTO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DA AMÉRICA LATINA.

Está chegando a hora do SENDI 2023. Os maiores profissionais e empresas do setor de distribuição de energia elétrica estarão presentes, trazendo inovações, soluções sustentáveis e de alta qualidade, além de uma oportunidade imperdível de negócios.

07 a 10  
**NOV**  
2023

PAVILHÃO  
DE CARAPINA  
SERRA/ES

## Confira as principais atrações:

**Exposendi** - estandes de exposição de produtos e equipamentos.

**Seminário** – inovações, tendências e o futuro do setor.

**Trabalhos técnicos** - apresentações das melhores soluções profissionais.

**Rodeio Nacional dos Eletricistas** - competição com eletricistas de todo o Brasil.

**Startups** - espaço para apresentação de startups e suas soluções inovadoras.

Não fique de fora do evento que já é referência nacional no setor de energia elétrica. Garanta o stand da sua empresa ou participe como profissional.

Saiba mais e inscreva-se: [www.sendi.org.br](http://www.sendi.org.br)





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

## Tema de hoje: ondas viajantes

Durante surtos de impulso e de manobra, surgem ondas de corrente e tensão de alta frequência que possuem um tempo de subida menor do que o tempo de viagem da onda eletromagnética ao longo da linha, trafegando pela linha como ondas viajantes.

Desprezando-se os amortecimentos, estas ondas de tensão e corrente percorrem a linha sem alterar a sua forma. Entretanto, estará em outro local após decorrido um intervalo de tempo.

Variações rápidas de corrente (impulso ou manobra) geram sobretensões que carregam as capacitâncias próprias do sistema. A equação abaixo explica o fenômeno:

$$v = L \frac{di}{dt}$$

Para interromper uma corrente em um tempo muito pequeno, o valor da tensão irá subir. As capacitâncias se carregam com uma energia  $EC = \frac{1}{2} C v^2$ , que irá procurar uma indutância para ficar trocando energia na forma de  $Ei = \frac{1}{2} L i^2$ , tentando buscar o equilíbrio ( $EC = Ei$ ).

$$\frac{1}{2} C v^2 = \frac{1}{2} L i^2 \Rightarrow \frac{v^2}{i^2} = \frac{L}{C} \quad Z_C^2 = \frac{v^2}{i^2} = \frac{L}{C}$$

$$Z_C = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Esta impedância não tem componente imaginário, é real e, portanto, comporta-se como uma resistência. Não varia com a frequência.

A frequência de oscilação ocorre quando  $X_L = X_C$ :

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \quad \omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

A onda viajante trafega numa velocidade dada por:

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

O comprimento de onda será:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

O tempo de trânsito na linha será:

$$t = \frac{\ell}{v} = \ell \times \sqrt{LC} = \frac{\ell}{v}$$

A constante de tempo da linha é dada por:

$$\tau = 2 \times t$$

### REFLEXÃO DE ONDAS

Quando uma onda viajante está trafegando em uma linha de impedância característica  $Z_A$ , e encontra uma outra linha ou equipamento com impedância característica  $Z_B$ , neste ponto de junção tem-se o que chamamos de Ponto de Descontinuidade. Neste ponto poderão ocorrer reflexões de onda e refrações (transmissão).

A figura seguinte ilustra o ponto de descontinuidade.



O coeficiente de reflexão é definido como:

$$K_R = \frac{Z_B - Z_A}{Z_A + Z_B}$$

Dividindo-se o numerador e o denominador por  $Z_B$ , fica:

$$K_R = \frac{\frac{Z_B - Z_A}{Z_B}}{\frac{Z_A + Z_B}{Z_B}} = \frac{1 - \frac{Z_A}{Z_B}}{1 + \frac{Z_A}{Z_B}}$$

### Coeficiente de Transmissão de Tensão (K<sub>TV</sub>)

O coeficiente de transmissão de tensão é definido como:

$$K_{TV} = 1 + K_R = 1 + \frac{Z_B - Z_A}{Z_A + Z_B}$$

$$K_{TV} = \frac{2Z_B}{Z_A + Z_B}$$

### Coeficiente de Transmissão de Corrente (K<sub>TI</sub>)

O coeficiente de transmissão de corrente é definido como:

$$K_{TI} = 1 - K_R = 1 - \frac{Z_B - Z_A}{Z_A + Z_B}$$

$$K_{TI} = \frac{2Z_A}{Z_A + Z_B}$$



Nunziante 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. [nunziante@gimipogliano.com.br](mailto:nunziante@gimipogliano.com.br)

## Eficiência energética das instalações elétricas- Parte I

Quando falamos em eficiência energética, o que normalmente nos vem à cabeça é a racionalização do emprego da energia em seus usos finais, sejam eles cargas motóricas, resistivas, ou uma combinação delas, mas que, de alguma forma, realize uma ação ou proporcione serviços e conforto ao usuário final.

Em 2015, quando concluí minha tese de doutorado, propus um estudo intitulado "Coeficiente de eficiência nas instalações elétricas de edificações comerciais visando a sustentabilidade". Este estudo baseou-se em uma proposta de efficientização do uso da energia elétrica, visando sempre a melhoria de performance das cargas. Naquele momento, a visão de eficiência limitava-se ao emprego do conceito eficiência, atrelado ao valor efetivamente pago pelo consumidor na conta de energia, bem como ao custo dos investimentos necessários para se ampliar a base instalada de geração.

Neste último caso, deve ser contabilizar também os investimentos necessários os custos ambientais da ampliação da base instalada que requer investimentos públicos e privados gigantescos, com enormes impactos ambientais. Também estava incluso o custo social, resultante do aumento do custo da energia, que impele à população de menor renda a redução do seu consumo em favor do pagamento da conta de luz, além das perdas não técnicas, que são as fraudes de medição e o furto de energia propriamente dito.

A síntese daquele trabalho foi: a energia mais barata, com menor impacto ambiental, e mais eficiente que existe, é a energia economizada.

Trazendo todo este acervo de conhecimento aos dias atuais, eu proporia

então a inclusão das instalações elétricas propriamente ditas, que são os condutores em seus mais amplos aspectos, como comprimento linear, material, forma e seção transversal, conexões e suas características elétricas e químicas. Também proponho a inclusão da concepção dos projetos e confiabilidade esperada por eles, que reduz ou amplia substancialmente a quantidade de materiais inseridos e estes, suas perdas Joule, outras perdas por ruído, vibração, indução nas mais diversas formas de acoplamento magnético, indesejáveis aos circuitos elétricos mais eficientes.

Dito isso, neste primeiro capítulo sobre eficiência energética das instalações elétricas, gostaria de iniciar a discussão pelo comprimento linear dos circuitos, e conseqüentemente, os seus condutores. Esse tema geralmente é negligenciado pois as instalações elétricas costumam ser acondicionadas nos espaços de construção menos valorizados do ponto de vista imobiliário, o que nem sempre está associado ao caminho mais curto entre a origem da instalação e as cargas. Esta falta de apreço ao caminho mais curto geralmente culmina maior custo final da instalação, pois usa-se mais material e maior queda de tensão (desperdício de energia) por todo o ciclo de vida desta instalação. Curiosamente, quanto mais sofisticado é o público que utiliza esta instalação, geralmente a arquitetura obriga o uso de espaços menos nobres ainda, associado ao uso de mais "kWh" por metro quadrado. Com isso, essas instalações mais valorizadas, costumam ser as mais ineficientes do ponto de vista dos condutores.

Com base nessas premissas, alguns

modelos de certificação de instalações se preocupam com a racionalização deste consumo, seja qual for a motivação destas certificações, elas trazem algum alento a este problema. Entre estas iniciativas, elenco abaixo algumas instituições que realizam essas certificações:

- **Green Building Council** - Uma das grandes organizações mundiais que direciona o mercado da construção civil em prol da sustentabilidade, com as diversas graduações da certificação LEED, a GBC Brasil propõe que esta certificação não limite-se ao consumo da energia tampouco à instalação, mas sim de um sistema de avaliação do empreendimento abordando-o por inteiro, desde a concepção do projeto até a construção final e a manutenção do mesmo;
- **INMETRO** - Com programas de etiquetagem quanto à eficiência energética, que inclui tabelas de classificação, incluindo as edificações comerciais, de serviços e públicas, edificações residenciais multifamiliares, entre outras, o INMETRO é uma referência no tema.

Assim sendo, como primeiro capítulo desta série de artigos, te pergunto: nos projetos e instalações que você já trabalhou ou está trabalhando, a preocupação com o comprimento dos condutores foi uma premissa para a concepção do projeto ou para a realização da instalação?

Se a resposta acima for não, sugiro que você leia o próximo capítulo desta série para descobrir este universo. Já para os leitores que já estão familiarizados com o tema, fica aí o convite para o aprofundamento e atualização no tema.

Boa leitura.



Danilo de Souza é engenheiro eletricista 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](http://www.profdanilo.com)

## Geração distribuída de energia elétrica e as megacidades

Neste cenário mundial cada vez mais voltado para questões de sustentabilidade e eficiência energética, o debate entre geração centralizada e distribuída de energia tornou-se vital. Ambos os sistemas possuem méritos e desafios, e entender esse dilema é crucial para moldar o futuro da produção e distribuição de energia.

A geração centralizada de energia, como o próprio nome sugere, refere-se à produção de energia em grande escala em um local central, como usinas termelétricas a gás ou carvão, centrais nucleares ou hidrelétricas. As fontes que atualmente são tratadas como distribuídas, como são os casos da solar e dos biodigestores para aproveitamento de resíduos, podem também ser instaladas em grandes parques, de forma centralizada. Vale sempre destacar, nesse ponto, que as renováveis centralizadas também geram impactos, como a necessidade de desmatamento em projetos de aproveitamento solar ou hidráulicos. Impactos na fauna, flora, nas comunidades locais em que grandes áreas são envolvidas e na qualidade de vida das populações próximas aos empreendimentos. Mesmo em parques eólicos, diversos são os registros de externalidades negativas, devido ao efeito estroboscópico e aos ruídos, por exemplo.

A natureza centralizada da geração pode tornar o sistema vulnerável a falhas,

ataques ou desastres naturais, o que requer um sistema de proteção complexo, seletivo, rápido e robusto. Por fim, mas não menos importante, há o problema das perdas de transmissão. Quanto mais longe a energia precisa ser transportada, maior é a quantidade perdida no processo.

As economias de escala permitem que grandes usinas produzam energia a custos unitários mais baixos. Ainda, a operação e manutenção centralizadas podem levar a eficiências operacionais, além de garantir conexões entre regiões distintas, facilitando intercâmbio energético e complementariedade da utilização de recursos. Como argumentou em várias ocasiões o distinto pesquisador em energia Vaclav Smil, a geração centralizada proporcionou confiabilidade e desempenho consistentes durante o século XX, alimentando o crescimento econômico e a urbanização em muitas partes do mundo.

Por sua vez, a geração distribuída refere-se à produção de energia em pequena escala, muitas vezes próxima ou no local de consumo. Isso pode incluir, por exemplo, painéis solares em telhados, biodigestores, turbinas eólicas em propriedades rurais ou pequenas usinas hidrelétricas. Essa abordagem tem ganhado popularidade nas últimas décadas, em grande parte devido a avanços tecnológicos e redução de custos em tecnologias aplicadas às fontes

consideradas renováveis.

Um dos principais argumentos a favor da geração distribuída é a possibilidade de diminuição da dependência do usuário de um sistema maior complexo, bem como a probabilidade de redução de custos. Pequenos sistemas com geração distribuída podem, em alguns casos, ser mais eficientes em termos de transmissão, uma vez que a energia é frequentemente consumida perto de onde é produzida, minimizando perdas.

Entretanto, a geração distribuída também apresenta desafios, pois, como na maior parte dos casos é indicado utilizar painéis fotovoltaicos, a intermitência desta e da maioria das renováveis tona-se um grande entrave. Irradiação solar e fluxo de vento, por exemplo, são inconstantes, o que pode levar a problemas de equilíbrio entre disponibilidade e solicitação. Isso leva à consideração, por parte dos usuários, de recorrerem ao armazenamento, que normalmente é dependente de componentes químicos, e não possuem elevado ciclo de vida. Ou mesmo de um recurso de estoque que geralmente não é renovável, como óleo diesel ou gás natural. Além disso, sistemas distribuídos exigem uma rede elétrica inteligente e adaptativa, capaz de gerenciar múltiplas fontes de energia e responder às flutuações na geração e demanda.

O maior de todos os desafios da



geração distribuída que utiliza recursos considerados renováveis - de fluxo - é a implicação da densidade de potência, conceito que pode ser resumido como a área de terra necessária para gerar energia.

À medida que o fenômeno das megacidades se intensifica, com metrópoles abrigando mais de 10 milhões de habitantes, a demanda por espaço e infraestrutura cresce exponencialmente. Para otimizar o uso do espaço urbano limitado, edificações verticais, como arranha-céus, tornaram-se uma solução predominante. No entanto, essa expansão vertical também está intrinsecamente ligada ao aumento do consumo de energia. Essas construções, com suas complexidades estruturais e necessidades de conforto, demandam elevados recursos energéticos para climatização, iluminação e operações diárias, contribuindo significativamente para o consumo energético global e desafiando as metas de sustentabilidade das cidades.

É de se notar que fontes com baixa densidade de potência, como solar e eólica, exigem grandes áreas de terra para produzir a mesma quantidade de energia que uma planta de combustível fóssil ou nuclear de dimensões drasticamente menores, por exemplo. Esse é o maior desafio em áreas onde o espaço é limitado ou caro.

As densidades médias de potência urbana oscilam entre 12 e 38 W/m<sup>2</sup>, chegando a exceder 100 W/m<sup>2</sup> em áreas centrais. Exemplificando, no centro de São Paulo, áreas de prédios elevados têm uma média de até 900 W/m<sup>2</sup> no solo. Em contraste, bairros residenciais geralmente utilizam menos de 25 W/m<sup>2</sup>. Quando consideramos diferentes tipos de estruturas, como uma torre de apartamentos de 30 andares ou um hotel, a demanda pode chegar a 1.000 W/m<sup>2</sup> e 2.000 W/m<sup>2</sup>, respectivamente. Comparando com a geração fotovoltaica,



que possui taxas médias de 30–100 W/m<sup>2</sup> de forma intermitente e em um período diário, fica claro que, embora edifícios menores e casas isoladas possam se beneficiar da geração solar descentralizada, edifícios mais altos enfrentariam desafios significativos. A título comparativo, para edifícios de até 10 andares com densidade de potência entre 200 e 800 W/m<sup>2</sup>, seriam necessárias áreas de células fotovoltaicas de 10 a 30 vezes maiores que suas áreas de telhado. A energia fotovoltaica se torna ainda mais marginal para edifícios altos, exigindo superfícies fotovoltaicas de 50 a 75 vezes maiores que as áreas de seus telhados. Mesmo considerando a instalação de paredes fotovoltaicas, o ganho total dificilmente levaria a geração no local a 20% da demanda total. Por esse motivo, nas regiões densamente povoadas, a geração descentralizada por meio de sistemas fotovoltaicos apresenta maior dificuldade de viabilização. Esse entrave não é só enfrentado pela solar, mas pelas

renováveis de modo geral, por serem fontes de fluxo e não de estoque.

Nessa perspectiva, a escolha entre geração centralizada e distribuída não é binária. Um sistema energético otimizado provavelmente incorporará elementos de ambos. Em muitas regiões, a geração centralizada é certamente a opção mais viável. Em outros lugares, a geração distribuída pode prosperar com complementariedade, especialmente em áreas com abundantes recursos solares ou eólicos, e que possuem um arranjo de edificações com baixa densidade de potência.

A possibilidade de construção de uma transição para um sistema energético mais sustentável no longo prazo é um desafio complexo que exige uma abordagem multifacetada e adaptativa. Assim sendo, mesmo tendo uma das matrizes elétricas mais renováveis do mundo, ainda estamos longe de conseguir renunciar aos recursos fósseis.



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.



## Cidades e prédios inteligentes e conectados

Durante o mês de agosto e início de setembro deste ano, tive a oportunidade de participar de feiras e eventos do segmento de iluminação solar e cidades inteligentes, assim como falar sobre iluminação de destaque para as cidades. Compartilho aqui um pouco destas experiências e o que entendo que devemos fazer para melhorar o ambiente das cidades e prédios inteligentes e conectados.

O segmento solar segue em alta e, assim como em 2022, em 2023 parece que há uma maior maturidade. Impressiona a quantidade de empresas investindo na geração, sendo que outras já estão trazendo soluções de armazenamento de energia. A iluminação e os sistemas de controle, nestes casos, ajudam a reduzir a demanda para que a geração solar

seja viável no menor tempo possível.

Ligando os temas com as cidades inteligentes (pauta do Connected Smart Cities no início de setembro), percebo o enorme potencial que existe na modernização e efficientização dos prédios públicos e unidades de edifícios públicos em geral. Se fala muito em mobilidade, iluminação pública através das PPPs e tecnologias de mapeamento, mas a inclusão de sistemas de iluminação interna conectada e controlada tem este grande potencial a ser explorado nos próximos anos.

Ainda é possível encontrar muitos prédios desocupados com luzes acesas durante a noite – locais que poderiam ou deveriam estar com a iluminação apagada. Da mesma forma, a luz natural não é aproveitada como deveria durante o dia. Os sistemas poderiam estar controlando o consumo de energia, aproveitando esse potencial justamente agora, em horário de ponta que tem se deslocado nos últimos anos em função de condicionamento de ar e temperatura.

Para tanto, é importante que haja guias técnicos; documentação sobre o tema; seminários técnicos; eventos específicos sobre iluminação eficiente e sistemas de controle de iluminação; discussões internas nos municípios; e criação de comitês de gestão de energia, para que os prédios possam ser avaliados e diagnosticados em termos de sua atual eficiência, junto à implementação de medidas de controle e substituição da iluminação atual (normalmente feita com lâmpadas como fonte de luz) para tecnologia LED sensorizada e conectada. Isto contribuiria para um ambiente mais preocupado e

consciente quanto à importância da eficiência energética no setor público.

Além dos documentos orientativos, a revisão dos critérios do Procel Edifica, o uso de boas práticas internacionais (como regulamentos europeus e também de outros países), e a análise da experiência de certificações LEED e outras – que poderiam ser incorporadas nas atualizações dos regulamentos atuais – devem estar em pauta nas discussões entre setor público e privado. Obviamente, além do incentivo da economia de energia e um projeto que normalmente tem um tempo de retorno rápido, o fomento a estas iniciativas poderia ser ampliado, incluindo uma pontuação técnica para a obtenção de financiamentos ou o uso de recursos disponíveis para a melhoria da gestão pública nas cidades do país.

Este tema deve ser novamente trazido à pauta, em função de uma revisão da política de eficiência energética – resultado de recentes mudanças entre os papéis da Eletrobras e ENBPar que fizeram transição da gestão dos programas de eficiência, incluindo o PROCEL e suas verticais –, e outras iniciativas que estão sendo planejadas para termos sistemas de iluminação mais modernos e eficientes.

Nos últimos anos, a tecnologia mudou, se popularizou e gerou avanços para empresas privadas. Isso deveria chegar ao poder público com mais rapidez. A análise regulatória, que visa avaliar a efetividade dos programas de eficiência energética, está prevista ainda para 2023 (com conclusão em 2024), para que sejam implantadas novas ações que beneficiem as cidades e os cidadãos.

**ESTE TEMA DEVE SER NOVAMENTE TRAZIDO À PAUTA, EM FUNÇÃO DE UMA REVISÃO DA POLÍTICA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – RESULTADO DE RECENTES MUDANÇAS ENTRE OS PAPÉIS DA ELETROBRAS E ENBPAR QUE FIZERAM TRANSIÇÃO DA GESTÃO DOS PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA, INCLUINDO O PROCEL E SUAS VERTICAIS –, E OUTRAS INICIATIVAS QUE ESTÃO SENDO PLANEJADAS PARA TERMOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO MAIS MODERNOS E EFICIENTES.**



Aguinaldo Bizzo de Almeida é engenheiro eletricista 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 4

Além dos critérios já apresentados nos artigos anteriores, para a correta avaliação de atividades caracterizadas como “operações elementares em baixa tensão conforme NR-10”, a análise da exposição ao risco de arco elétrico é condição intrínseca e obrigatória, sendo que, infelizmente, predominam avaliações “vulneráveis e banalizadas” do nível de risco referente a esse agente.

Atualmente, uma das maiores preocupações das empresas consiste na segurança de suas equipes de trabalho, especialmente operadores de subestações, eletricistas de manutenção e pessoas não advertidas que interagem de alguma forma com a eletricidade em suas atividades diárias. A simples execução de tarefas cotidianas em uma instalação, tais como a inserção/extração de um disjuntor, pode dar origem a um arco voltaico.

O arco voltaico consiste em uma condição perigosa, com liberação de energia causada por um arco elétrico que se movimenta em alta velocidade e atinge elevadas temperaturas. Este fenômeno pode ser originado por falha de isolamento entre fases e fase-terra e pode provocar a destruição total de equipamentos e painéis elétricos, bem como causar graves lesões físicas e, em alguns casos, podendo ser letal para as pessoas presentes na área afetada.

O arco elétrico representa atualmente um dos riscos mais significativos, com potencial para causar efeitos adversos irreversíveis na saúde dos trabalhadores, o que pode incluir queimaduras graves, inalação de gases tóxicos e quentes, altíssimos níveis de ruídos, lançamento de peças e materiais derretidos,

e ondas de pressão que podem arremessar o operador através do ar por vários metros de distância, batendo nos equipamentos existentes na subestação. Aspectos sobre arcos voltaicos e definições importantes sobre os mesmos podem ser encontrados na norma IEEE© 1584-2018 “Guide for Performing Arc- Flash Hazard Calculations” e na norma NFPA© 70E-2021 “Standard for Electrical Safety in the Workplace”.

Há uma variedade de procedimentos e métodos para reduzir e mitigar a exposição ao risco de arco elétrico, visando proteger as equipes de trabalho. Alguns exemplos incluem medidas de proteção coletiva, como instalação de painéis elétricos resistentes ao arco e/ou operados remotamente; medidas administrativas e da Organização para minimização do nível de energia incidente, com a utilização de relés de proteção que detectam previamente a formação de um arco voltaico e reduz os tempos de eliminação da falta; e medidas administrativas através do uso de equipamentos de proteção individual, como o uso de roupas especiais (AR).

Os itens apresentados se referem aos métodos mais comuns para redução do risco de arcos voltaicos, sendo que outros procedimentos administrativos podem ser adotados para a minimização da exposição ao risco de arco elétrico, como por exemplo: adicionar dispositivos limitadores de corrente, reduzir os ajustes da coordenação de tempo dos relés, habilitar os elementos instantâneos durante a manutenção, entre outros.

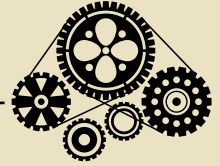
Assim, é obrigatório que seja calculado o nível de energia incidente e respectivo LAS (Limite de Aproximação Segura) para

a exposição ao risco de arco elétrico para atividades realizadas em painéis elétricos de baixa tensão. Isso possibilita uma avaliação do nível de risco e a implementação das medidas de controle necessárias, para que seja possível determinar se as atividades se enquadram na categoria de ‘operações elementares em BT’, conforme estabelecido pela NR-10. Além disso, contribui também para uma correta classificação do nível de risco no Inventário de Perigos e Riscos Elétricos, parte integrante do Programa de Gerenciamento de Riscos da NR-1.

**ATUALMENTE, UMA DAS MAIORES PREOCUPAÇÕES DAS EMPRESAS CONSISTE NA SEGURANÇA DE SUAS EQUIPES DE TRABALHO, ESPECIALMENTE OPERADORES DE SUBESTAÇÕES, ELETRICISTAS DE MANUTENÇÃO E PESSOAS NÃO ADVERTIDAS QUE INTERAGEM DE ALGUMA FORMA COM A ELETRICIDADE EM SUAS ATIVIDADES DIÁRIAS. A SIMPLES EXECUÇÃO DE TAREFAS COTIDIANAS EM UMA INSTALAÇÃO, TAIS COMO A INSERÇÃO/EXTRAÇÃO DE UM DISJUNTOR, PODE DAR ORIGEM A UM ARCO VOLTAICO.**



\*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 aperiódica

Outro grupo de manutenção preventiva, são as que não seguem uma periodicidade definida. Isso acontece devido às características do sistema e das oportunidades que a manutenção encontra no decorrer do tempo.

Em se tratando de prevenção e redução de falhas, é muito importante que as manutenções condicionais ocorram com direcionamento para o que realmente está dando problema. Podemos tomar de exemplo, a manutenção de um disjuntor de média tensão isolado a gás SF6. Nas manutenções periódicas, geralmente realiza-se ensaios convencionais (fator de potência, resistência de isolamento, resistência de contato, tempo de abertura e valor mínimo operativo), limpeza e lubrificação.

Certa vez, após algumas análises, foi feita uma pequena provocação a um determinado time de manutenção. O equipamento foi testado e lubrificado, mas a pergunta que ficou foi: as últimas ocorrências no equipamento estavam relacionadas à falta de lubrificação? A resposta foi não. As últimas ocorrências em disjuntores a SF6, tem sido a queima da bobina de abertura em função da força indevida que o êmbolo tem exercido para excitá-la. Causa raiz? Impurezas no êmbolo

de um modelo específico que trabalha horizontalmente.

Esse é um exemplo real e que pode gerar grandes reflexões aos times de manutenção. Será que estou investindo tempo, planejamento e mão de obra de fato naquilo que tem dado mais problemas?

Nos bastidores do resultado, a manutenção aperiódica do sistema elétrico, trabalha estratégias de manutenção baseada principalmente em dois fatores:

- Condição operativa identificada a partir de técnicas preditivas; e
- Causa raiz de um defeito e planos de ação

Só para não passar despercebida no artigo, a manutenção preditiva também é um modelo muito aplicado no setor elétrico de potência. Ela, inclusive, é objeto para a definição das manutenções preventivas aperiódicas.

Por definição, a manutenção preditiva é a atuação realizada com base em modificação de parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática (PINTO; XAVIER, 2001).

Segundo Lima e Salles (2005), o conceito de manutenção preditiva está inserido na modalidade de manutenção há, aproximadamente, oito décadas, porém,

como outras modalidades de manutenção, efetivou-se como importante ferramenta de produtividade a partir de 1970, sendo que sua evolução se destaca nas duas décadas mais recentes.

Dentro do conceito de manutenção preditiva, não se encontra um programa completo de manutenção, no entanto, esta modalidade adiciona uma valiosa colaboração que é imprescindível em qualquer programa de gestão de manutenção, visto que a proposta da manutenção preditiva é fazer o monitoramento regular das condições mecânicas, eletroeletrônicas e elétricas dos equipamentos e instalações e, ainda, monitorar o rendimento operacional de equipamentos e instalações quanto a seus processos. Como resultado desse monitoramento, tem-se a maximização dos intervalos entre reparos por quebras (manutenção corretiva) e reparos programados (manutenção preventiva), bem como maximização de rendimento no processo produtivo, visto que equipamentos e instalações estarão disponíveis o maior tempo possível para operação.

De acordo com Santos (2010), esse tipo de manutenção consiste em programar a parada no momento necessário, tanto para a máquina ou equipamento como

para o processo produtivo. Isto é possível através do acompanhamento das condições da máquina e como estas condições variam com o tempo. Este tipo de manutenção não visa a eliminação dos dois métodos anteriores (corretiva e preventiva), mas minimiza-os, de forma prática, técnica e objetiva, através de acompanhamento, monitoração de parâmetros, com uso de equipamentos e instrumentação adequada.

Reafirmando, a monitoração é contínua e a medição e interpretação das informações coletadas, durante a operação da máquina, é regular. Isto nos informa a ocorrência de variações nas condições da máquina, equipamentos e seus componentes, tornando a operação mais segura e econômica.

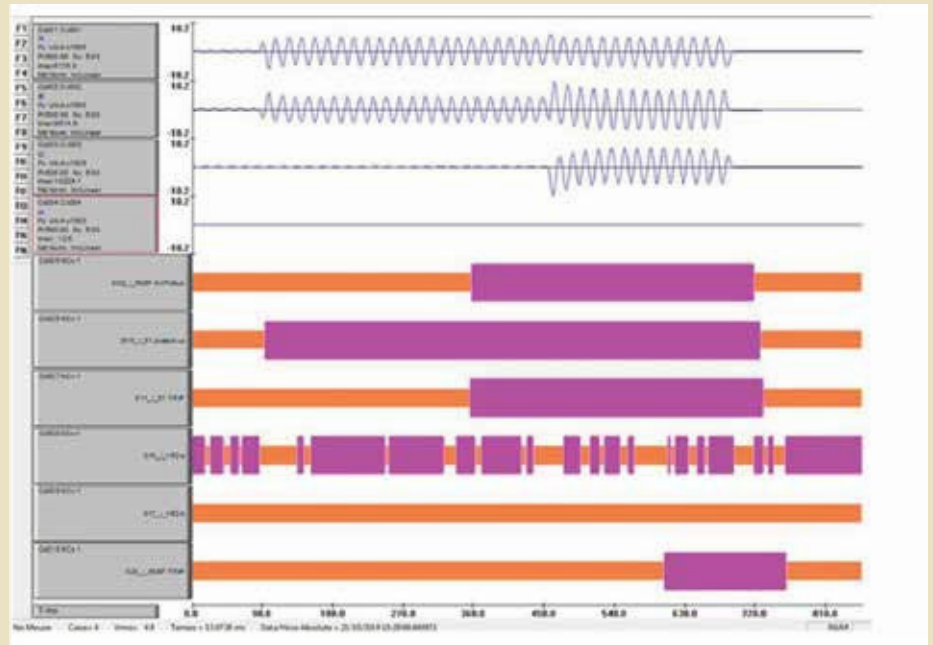
A monitoração pode alterar a ocorrência das falhas, quando esta começa a se manifestar. A determinação do tempo antes da quebra é a maior vantagem, tornando um sistema confiável que pode até dispensar o uso de alarmes ou de sistemas de desligamento automático (SANTOS, 2010).

Se tratando de condições operativas, é muito importante conhecer a forma que o ativo está operando no sistema. Esse diagnóstico pode ser realizado por uma simples inspeção visual, acompanhada de um checklist, onde seja possível registrar e identificar as possíveis ocorrências abaixo:

- Exposição à fatores externos (maresia, impurezas, poeira);
- Carregamento do equipamento;
- Temperatura de operação;
- Ruído;
- Anomalias;

A inspeção termográfica também é uma ótima ferramenta para direcionar manutenções preventivas aperiódicas, uma vez que sinaliza anomalias térmicas

### Exemplo de registro de oscilografia:



no sistema de distribuição, direcionando a manutenção.

A carteira de anomalias, deve ser priorizada de acordo com algumas variáveis, como por exemplo: temperatura; equipamento; número de clientes envolvidos; dentre outros.

Outro excelente input para a composição da carteira de manutenções aperiódicas são as ocorrências no sistema. A análise detalhada de uma ocorrência pode compor planos de ação em curto, médio e longo prazo. O 5W2H é uma boa ferramenta para a formatação dos planos.

Uma nova técnica preditiva aplicada ao sistema elétrico é a análise proativa de registros de perturbações (oscilografias). Todos os eventos em média tensão geram registros oscilográficos que relacionam o comportamento elétrico do circuito, ou seja, registros de entradas analógicas (corrente / tensão) e entradas digitais (estado do equipamento, supervisões).

Isso quer dizer que podemos dar um

passo à frente na manutenção, uma vez que analisamos antes os registros, para direcionar as manutenções da maneira mais assertiva possível.

Em um mesmo registro, conseguimos analisar:

- Corrente de atuação da proteção;
- Tempo de atuação da proteção;
- Tempo de abertura do disjuntor;
- Supervisão da bobina de abertura (integridade), e
- Supervisão do estado do disjuntor;

Uma vez analisado cada item, tem-se a oportunidade de se direcionar a manutenção nos equipamentos que apresentaram algum comportamento indevido.

Portanto, para a manutenção do setor elétrico e para a boa condução da programação, é imprescindível o diagnóstico das atividades preventivas para se traçar a estratégia de execução, com base em periodicidade e priorização.

# PARATEC

A SOLUÇÃO QUE PROTEGE  
DISTRIBUIDOR AUTORIZADO

## PROGRAMADOR HORÁRIO WI-FI



Pot. Req

**CONTROLADO VIA WIFI OU CABO**

**CONTROLANDO 2 CARGAS  
INDEPENDENTES**

**127VCA 10A / 220VCA 7A / 24VCC 10A**

**50 PROGRAMAÇÕES PARA CADA SAÍDA  
DIÁRIA, SEMANAL, MENSAL E ANUAL**

**ALIMENTAÇÃO**

**127-220VCA OU 12-24VCC**



Tel.: (11) 3641-9063



VENDAS@PARATEC.COM.BR

**DOWNLOADS NAS  
PLATAFORMAS E NO SITE**

**WWW.PROGRAMADORHORARIOWIFI.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](mailto:jstarosta@acaoenge.com.br)



## As boas novidades da XV Conferência Brasileira Sobre Qualidade da Energia Elétrica

Entre os dias 4 e 6 de setembro de 2023, a cidade de São Luís do Maranhão hospedou a XV CBQEE - Conferência Brasileira Sobre Qualidade da Energia Elétrica, no Centro Pedagógico Paulo Freire da UFMA. O evento, realizado pela Sociedade Brasileira de Qualidade da Energia Elétrica (SBQEE), teve 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 conferência contou com a apresentação de 130 artigos técnicos com temáticas distintas, incluindo desde aspectos de modelagem, como os de casos reais em instalações e sistemas elétricos; aspectos relacionados à qualidade da energia elétrica e sistemas distribuídos; transição energética; regulação; eficiência energética; tarifas; entre outros.

Um ponto importante a se destacar sobre o evento é que, pela primeira vez, obteve-se a aprovação para a publicação dos artigos na plataforma digital "IEEE Xplore Digital Library".

As quatro plenárias contaram com a participação de equipes de alta competência para o tratamento dos assuntos, incluindo o diretor geral da ANEEL, professores de renomadas universidades brasileiras, consultores, autores internacionais e representantes de fornecedores de equipamentos. As plenárias abordaram temáticas relacionadas à regulação da Qualidade da Energia Elétrica, distribuidoras, os desafios e o futuro da Qualidade da Energia Elétrica, a formação de engenheiros e profissionais na área

de Qualidade da Energia Elétrica e a discussão sobre emissões e imunidades de equipamentos, assunto finalmente discutido e apresentado com bastante clareza pelos participantes.

Ao final do programa, houve ainda um minicurso sobre OpenDSS, apresentado pelo brilhante Eng. Paulo Radatz (brasileiro radicado nos Estados Unidos), com a participação de mais de 50 alunos das universidades que realizaram o evento junto à SBQEE e pessoal técnico visitante. O apoio dos alunos dessas universidades foi fundamental – uma turma motivada, que esteve atenta a todos os detalhes. Aos patrocinadores DAX, SigmaSys, GSI e Ação Engenharia, que acreditaram no evento, os agradecimentos dos organizadores.

A força da mulher foi um ponto importante do evento. As alunas que lideraram as equipes de secretaria e salas, queridas Yara e Mikelly, e a professora do IFMA, Rosifrance Candeira Machado, cuidaram com carinho, competência e excelência de todos os detalhes do evento. Nosso muito obrigado.

Desejamos sucesso à nova gestão da SBQEE, presidida por Arthur Bonelli, que realizará a XVI edição da CBQEE.

Aos amigos da diretoria 2021-2023 que tive a honra de presidir, amigos Arthur Bonelli, Professor Arnaldo Rosentino, Nelson de Jesus e o querido Professor Carlos Frederico, meus sinceros agradecimentos pelo comprometimento e trabalhos desenvolvidos.

Vamos em frente, seguindo a batuta daqueles visionários que fizeram o sonho da SBQEE acontecer.



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

## Quem está pagando a conta pelas frágeis redes de distribuição que temos no Brasil?

Mais de 750 acidentes por ano e quase uma morte por dia. Estes são os dados relativos aos acidentes causados pelo contato com as redes aéreas de distribuição de energia no Brasil, conforme os dados divulgados pela Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (Abradee).

Esses números demonstram que o caminho que o Brasil adotou, em priorizar redes aéreas não isoladas, não está funcionando, quando analisamos a segurança do cidadão brasileiro comum. Com minha experiência de mais de 30 anos trabalhando no setor elétrico, me faz acreditar fortemente que, para reverter este quadro, precisamos investir em redes de distribuição mais seguras e resilientes, ou seja, em redes subterrâneas de energia e, no limite, redes aéreas isoladas. Nos Estados Unidos, as discussões sobre enterrar as redes iniciaram em 1884. Em São Paulo, começamos algum tempo depois, em 1902. Mais de cem anos se passaram e, segundo um levantamento recente do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), o Brasil possui hoje 0,4% de sua rede instalada de maneira subterrânea.

Na Alemanha, onde 80% das redes de distribuição são enterradas, o DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) é de 12 minutos por ano. Sabem qual é o nosso? Mais de 600 minutos por ano. Não é por menos que a produtividade da Alemanha é bem maior do que a do Brasil.

Então, além de acidentes fatais ceifando

vidas, a falta de energia impacta diretamente na nossa produtividade. Mas por que será que contamos hoje com tão poucas redes instaladas de maneira subterrânea? A resposta quase unânime para esta questão é o custo. Aquele famoso “quem paga a conta?”

Em 2005, a prefeitura da cidade de São Paulo estabeleceu uma lei que determinava que toda a rede de distribuição da cidade deveria ser convertida para a modalidade subterrânea. O projeto previa o enterramento de 250 km de redes por ano. De lá para cá, muitas iniciativas de âmbito municipal e federal tentaram seguir o mesmo caminho, discutindo projetos de lei para enterrar as redes, mas acabaram esbarrando em um imbróglio regulatório.

Como as concessões são federais, municípios e estados não conseguem fazer cumprir qualquer lei que interfira nos contratos de concessão. Por fim, todas essas leis possuem como destino certo a Suprema Corte do país, o STF, por uma questão jurídica, sob a prerrogativa de que os consumidores não devem pagar a conta por uma modalidade mais cara de rede de distribuição.

Com números tão alarmantes de acidentes causados pelas redes aéreas e levando em conta ainda os impactos na nossa produtividade causados por um DEC de 600 minutos por ano, a pergunta que podemos fazer é: quem está pagando a conta

por contarmos com redes de distribuição tão frágeis e perigosas no Brasil? Nós mesmos!

Em 2016, uma audiência pública da ANEEL buscou discutir caminhos para aprimorar a regulação de investimentos em redes subterrâneas de distribuição, e entidades como a FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) e a FGV CERI (Centro de Estudos em Regulação e Infraestrutura da Fundação Getúlio Vargas) contribuíram com dados relevantes a favor de uma política que incentive as conversões.

Na mesma linha, acredito fortemente que a ANEEL, a partir de um plano balizado por critérios técnicos, possa ajudar as concessionárias a priorizar a expansão desses sistemas, começando pelos circuitos que operam com os maiores índices de acidentes. Um segundo critério que poderia ser levado em conta é a densidade de carga e, em terceiro lugar, as redes que mais operam com FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) alta.

Outros critérios, como o embelezamento das cidades, ficariam para um segundo plano. Ou seja, não seriam - como realmente não são - competência da ANEEL discutir.

Imaginem só quantos empregos e oportunidades de mercado criaríamos se essas leis saíssem do papel, com projetos mais realistas, balizados por critérios técnicos e sendo realizados em uma cadência adequada. No final das contas, toda a sociedade seria beneficiada!



Roberval Bulgarelli é consultor sobre equipamentos e instalações em atmosferas explosivas, engenheiro eletricista, com mestrado em proteção de sistemas elétricos de potência pela POLI/USP. Organizador do Livro “O ciclo total de vida dos equipamentos e instalações em atmosferas explosivas”.



## Requisitos de projeto e instalação de sistemas intrinsecamente seguros a dois fios no padrão Ethernet APL/2-WISE - Parte 1/3

### 1. Generalidades

Um sistema Ethernet intrinsecamente seguro a dois fios, com base no padrão 2-WISE (Ethernet a dois fios intrinsecamente segura) representa um sistema composto por circuitos contendo dispositivos intrinsecamente seguros com base no padrão Ethernet APL (Advanced Physical Layer), com valores-limites de entidade ou de limitação normalizados na ABNT IEC TS 60079-47, com parâmetros de segurança intrínseca para cada tipo de porta Ethernet.

Um Sistema 2-WISE consiste na montagem de dispositivos 2-WISE interconectados, descritos em uma “documentação descritiva de sistema”, no qual os circuitos ou as partes dos circuitos, destinados a serem instalados em uma área classificada, são circuitos intrinsecamente seguros.

### 2. Características gerais dos dispositivos e sistemas com padrão Ethernet APL/2-WISE

O padrão Ethernet APL, indicado na Norma IEEE Std 802.3 cg (IEEE Standard for Ethernet - Amendment 5: Physical Layer Specifications and Management Parameters for 10 Mb/s Operation and

Associated Power Delivery over a Single Balanced Pair of Conductors), especifica o padrão Ethernet 10BASE-T1L, o qual opera com um cabo de dois fios (um par de fios), com taxa de transmissão de 10 MBit/s, em modo full duplex, com distâncias “longas” (L) de cabos, com comprimentos até 1.000 metros.

O 10BASE-T1L representa um padrão de camada física para comunicação Ethernet a 10 MBit/s sobre um cabo de par trançado de cobre, com capacidade opcional de alimentação elétrica, de acordo com a Norma IEEE 802.3cg. O padrão 2-WISE, indicado na Norma Técnica Brasileira adotada ABNT IEC TS 60079-47, estabelece os requisitos para a certificação de dispositivos intrinsecamente seguros, que operam no padrão Ethernet APL.

A Figura 1 apresenta as principais características dos equipamentos e sistemas no padrão Ethernet APL/2-WISE: sistema de alimentação no mesmo circuito de comunicação Ethernet, comprimento de cabos de até 1.000 m para circuitos do tipo “tronco”, taxa de transmissão de 10 MBit/s e tipo de proteção por segurança intrínseca (Ex “i”), adequada para instalação em todas as Zonas (0, 1, 2, 20, 21 ou 22) e em todos os Grupos (I, IIA, IIB, IIC, IIIA, IIIB ou IIIC) de atmosferas explosivas.



Figura 1: principais características dos equipamentos e sistemas no padrão Ethernet APL/2-WISE.

Dentre os principais benefícios proporcionados pelo sistema 2-WISE, destacam-se a dispensa de utilização de sistemas FieldBus ou de gateways para comunicação com o sistema de controle de processo (DCS ou PLC), bem como a devida integração entre as áreas de TA (Tecnologia da Automação), TI (Tecnologia da Informação) e TO (Tecnologia da Operação).

Além disso, a implantação de sistemas 2-WISE permite a utilização de sistemas Ethernet de forma padronizada, com conectividade completa desde a instrumentação “Ex” de campo (sensores, transmissores, atuadores, posicionadores, analisadores, switches e



outros tipos de dispositivos “Ex”) até os níveis superiores de automação, incluindo sistemas de supervisão e controle, sistemas de controle avançado, engenharia de manutenção, sistema de gestão de ativos e engenharia de sistemas de automação.

### 3. Adoção normalizada do padrão Ethernet APL/2-WISE

O padrão Ethernet tem se mostrado como uma tecnologia de comunicação confiável e eficiente, mesmo em aplicações com elevados requisitos para interoperabilidade, confiabilidade, segurança, proteção e disponibilidade, por exemplo na automação de sistemas elétricos de potência, descrita no padrão internacional de Normas da Série IEC 61850, a qual inclui a utilização de protocolos internacionais definidos em normas da IEC e da ISO. Estes requisitos são aplicáveis para indústrias, escritórios e residências.

Os elevados níveis de padronização estabelecidos na tecnologia Ethernet levaram ao longo das últimas décadas a um ambiente mundialmente adotado, com a implantação de ferramentas que incluem o desenvolvimento de produtos, os níveis ou camadas (layers) dos protocolos, comissionamento e solução de problemas relacionados com disponibilidade, confiabilidade, redundância, segurança e gestão de ativos.

A implantação de redes Ethernet sem interrupções ou interfaces (seamless), eliminando a necessidade de conversões de protocolos através de gateways, tem garantido a rápida adoção de um padrão de longo prazo por todas as partes envolvidas com sistemas de automação, o que inclui fabricantes e laboratórios de ensaios de equipamentos de automação, além de empresas usuárias, projetistas, integradoras, de montagem e de comissionamento, sob o ponto de vista do ciclo total de vida dos sistemas de automação de processos industriais.

Para as instalações industriais existentes (Brownfield) do tipo FISCO (FieldBus

Intrinsecamente Seguro) os benefícios decorrentes do aumento da flexibilidade e da redução de risco são obtidos pela possibilidade de “reutilização” de cabos e circuitos existentes em redes do tipo Fieldbus, o que possibilita uma adequada estratégia para um caminho de “migração”, ou em casos de ampliações.

O padrão Ethernet APL/2-WISE é capaz de transportar todos os atuais e futuros protocolos e serviços de comunicação de camadas (layers) mais elevadas, contribuindo para uma simplificação da infraestrutura das redes de automação industriais. Em função da adoção do padrão Ethernet APL/2-WISE dispensar a necessidade de conversores de protocolos, é proporcionada uma acessibilidade sem “barreiras” ou “ilhas de comunicação de dados”, com uma alta velocidade de rede, o que é requerido pela indústria e economia atual, baseada em comunicação de dados.

O padrão Ethernet APL/2-WISE combina os benefícios da comunicação Ethernet com técnicas de instalação utilizando cabos de dois fios (par de fios). Tal característica permite uma fácil aplicação como um novo padrão para as instalações das

indústrias de processo com a presença de atmosferas explosivas, incluindo Zona 0 e Zona 20, utilizando tecnologias e tipos de proteção “Ex” consagrados, oriundos dos sistemas de automação de processo com dispositivos discretos, como “segurança intrínseca” (Ex “i”) e “segurança aumentada” (Ex “e”).

Uma vez que o padrão Ethernet APL é somente uma camada física, qualquer conceito atual ou futuro para a segurança funcional e das aplicações pode ser adotado, atendendo às necessidades dos usuários finais. Os novos desenvolvimentos de redes Ethernet podem ser aplicados independentemente da camada física, proporcionando uma estabilidade de longo prazo para essa tecnologia, incluindo a proteção dos ativos e das instalações.

A figura 2 apresenta a evolução das características de comunicação de dados em áreas classificadas, desde os circuitos utilizando sinais analógicos com HART, presentes na década de 1980, passando pelos sistema Fieldbus (FISCO) na década de 1990, até os sistemas Ethernet APL/2-WISE, empregados a partir de 2020.

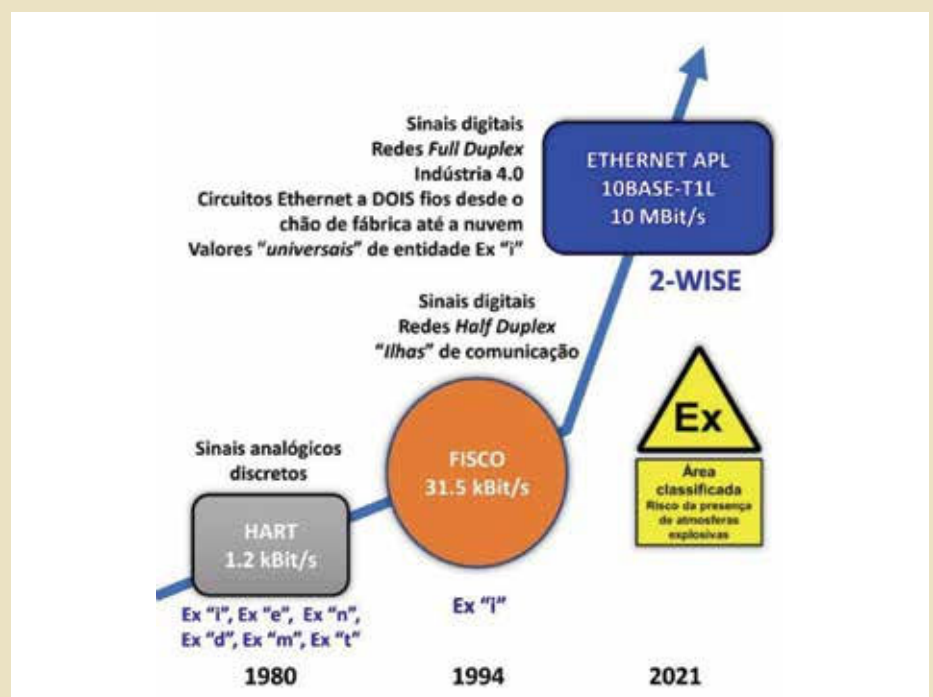


Figura 2: evolução das características de comunicação de dados em áreas classificadas.

**Brval 17**

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

**Clamper 29**

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

**Cobrecom 39**

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

**Condumax 31**

0800 701 3701  
www.condumax.com.br

**Embrastec 43**

(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

**Intelli 4ª capa**

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

**Itaipu Transformadores 33**

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

**Minuzzi 57**

(19) 3272-6380  
www.minuzzi.ind.br

**Minuzzi 57**

(19) 3272-6380  
www.minuzzi.ind.br

**Neocable 9**

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

**Paratec 70**

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

**Pextron 11**

(11) 5094-3200  
www.pextron.com

**Romagnole 18**

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

**S&C Electric 15**

(41) 3382-6481  
www.sandc.com/pt/

**Sendi 61**

(11) 95404-0123  
www.sendi.org.br

**Sil 27**

(11) 3377-3333  
www.sil.com.br

**Trael 3ª capa**

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

**TransforV 23**

(11) 95026-6226  
www.transforv.com.br

**Varixx 34**

(19) 3301-6902  
www.varixx.com.br

# TRANSFORMADORES PARA APLICAÇÃO SOLAR



## Transformador Trifásico a Seco

Transformadores nas potências de 150kVA a 5.000kVA nas classes de tensão até 36,2kV, com frequência de 50Hz ou 60Hz;

## Transformador Trifásico a Óleo

Transformadores nas potências de 300kVA a 3.000kVA nas classes de tensão até 36,2kV, com frequência de 50Hz ou 60Hz.

🔥 Óleo Mineral    🌿 Óleo Vegetal



**Há 50 anos, sinônimo de qualidade,  
sustentando a energia do seu dia a dia.**



Siga-nos nas redes sociais.

 /grupo-intelli  /grupointelli  /grupo\_intelli  /grupointelli

**GRUPO**  
**INTELLI**   
WWW.GRUPOINTELLI.COM.BR