



REVISTA

# o setor elétrico

Ano 19 - Edição 206 / Outubro de 2024

## SEGURANÇA NO TRABALHO: COMO CONCILIAR AVANÇOS TECNOLÓGICOS COM PRÁTICAS SEGURAS E EFICAZES

Atentas às constantes atualizações nas normas que tratam sobre o tema, empresas do segmento elétrico estão reforçando procedimentos para garantir integridade dos colaboradores em campo

**ARTIGO TÉCNICO: DIVISÕES DE CORRENTE EM SISTEMAS DE ATERRAMENTO DE UFV – GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (GD)**

**CINASE: ESPECIALISTAS DISCUTEM MODERNIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO SETOR ELÉTRICO DO ESPÍRITO SANTO**

REALIZADO EM VITÓRIA, ENTRE OS DIAS 2 E 3 DE OUTUBRO, EVENTO REUNIU CERCA DE 1.200 PESSOAS E CONTOU COM A PARTICIPAÇÃO DOS PRINCIPAIS PLAYERS DO SETOR

# GBL

## Gimi Bonomi

LATIN AMERICA 

Member Of

GRUPO   
SOLUÇÕES EM ENERGIA DESDE 1971

  
BONOMI  
Working energy since 1932



### LINHA GB-RING® - RMU

EXTREMAMENTE COMPACTO

Conjuntos de manobra e comando de distribuição secundária integralmente isolados com SF6, de tensão até 36kV, desde ambientes industriais até parques de geração eólica e fotovoltaica, além de distribuição de energia no conceito Smart Grid.

### LINHA GB-RING SF6 FREE® - RMU

EXTREMAMENTE COMPACTO

Este cubículo representa uma inovação significativa ao eliminar o uso de SF6, alinhando-se com os objetivos de sustentabilidade e redução do impacto ambiental na transição energética.



### LINHA MICROCOMPACT®

### CUBÍCULO BLINDADO MODULAR COM ISOLAÇÃO MISTA EM SF6 ATÉ 36kV

Cubículos de classes 17,5kV, 24kV e 36kV com seccionadora SF6, caracterizada pela utilização de um interruptor de manobra seccionador isolado em SF6 de alta performance, que permite uma drástica redução da largura do compartimento, além de sua utilização em espaços altamente limitados.

 +55 (11) 4752-9900

 vendas@gimi.com.br

 [gimibonomi.com.br](http://gimibonomi.com.br)

 GIMI Bonomi

PARA MAIS  
INFORMAÇÕES





Atitude.editorial

#### Diretores

Adolfo Vaiser - [adolfo@atituedeeditorial.com.br](mailto:adolfo@atituedeeditorial.com.br)

Simone Vaiser - [simone@atituedeeditorial.com.br](mailto:simone@atituedeeditorial.com.br)

#### Editor - MTB - 0014038/DF

Edmilson Freitas - [edmilson@atituedeeditorial.com.br](mailto:edmilson@atituedeeditorial.com.br)

#### Coordenação de conteúdo e pauta

Flávia Lima - [flavia@atituedeeditorial.com.br](mailto:flavia@atituedeeditorial.com.br)

#### Reportagem

Matheus de Paula - [matheus@atituedeeditorial.com.br](mailto:matheus@atituedeeditorial.com.br)

#### Marketing e mídias digitais

Henrique Vaiser - [henrique@atituedeeditorial.com.br](mailto:henrique@atituedeeditorial.com.br)

Leticia Benicio - [leticia@atituedeeditorial.com.br](mailto:leticia@atituedeeditorial.com.br)

#### Pesquisa e circulação

Inês Gaeta - [ines@atituedeeditorial.com.br](mailto:ines@atituedeeditorial.com.br)

(11) 93370-1740

#### Assistente Administrativa

Maria Elisa Vaiser - [mariaelisa@atituedeeditorial.com.br](mailto:mariaelisa@atituedeeditorial.com.br)

#### Administração

Roberta Mayumi - [administrativo@atituedeeditorial.com.br](mailto:administrativo@atituedeeditorial.com.br)

#### Comercial

Adolfo Vaiser - [adolfo@atituedeeditorial.com.br](mailto:adolfo@atituedeeditorial.com.br)

(11) 98188 – 7301

Willyan Santiago - [willyan@atituedeeditorial.com.br](mailto:willyan@atituedeeditorial.com.br)

(11) 98490 – 3718

#### Diagramação

Leonardo Piva - [atitude@leonardopiva.com.br](mailto:atitude@leonardopiva.com.br)

#### Colaboradores da publicação:

Nivalde de Castro, Luiza Masseno, Kalyne Brito, Priscila Santos, Paulo Henrique Vieira Soares, Paulo Alberto Viana Vieira, Gustavo Estevo Felix, Nicole Costa da Silva, Isabela Mendes de Oliveira, Marcelo Escobar de Oliveira, Lucas Teles Faria, Joel David Melo Trujillo, Aguinaldo Bizzo de Almeida, Paulo Barreto, Marcos Rogério, Paulo Edmundo Freire da Fonseca, Wagner Costa, Frederico Carbonera Boschin, Cláudio Mardegan, Nunziant Graziano, Luciano Rosito, Roberval Bulgarelli, Daniel Bento, José Starosta, Danilo de Souza, José Barbosa, Wagner Costa e Caio Huais.

#### Fale conosco

[contato@atituedeeditorial.com.br](mailto:contato@atituedeeditorial.com.br)

Tel.: (11) 98433-2788

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](https://www.istockphoto.com) | WANAN YOSSINGKUM

Impressão - Gráfica Grafilar

Distribuição - Correios

Atitude Editorial Publicações Técnicas Ltda.

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

[atitude@atituedeeditorial.com.br](mailto:atitude@atituedeeditorial.com.br)

Filial à

**anatec**

## 4 Editorial

O “Combustível do Futuro” e a transição energética brasileira

## 6 Cobertura especial

CINASE: Especialistas discutem modernização e desenvolvimento do setor elétrico do Espírito Santo

## 16 Fascículos

Transição Energética e ESG

Transformação digital no setor elétrico

Digitalização de subestações e energias renováveis

Perdas energéticas em GTD

## 40 Por Dentro das Normas

Aguinaldo Bizzo – NR 10 / Paulo Barreto - NBR 5410 / Marcos Rogério - NBR 14039

## 44 Espaço ABRADDEE

Melhoria no serviço e resiliência da rede elétrica: distribuidoras projetam investimentos da ordem de R\$ 130 bilhões até 2027

## 46 Espaço Aterramento

Resistência de aterramento da base de uma torre de aerogerador inferior a 10 Ω é garantia de aterramento eficiente?

## 48 Reportagem

Segurança no trabalho: como conciliar avanços tecnológicos com práticas seguras e eficazes

## 56 Artigo Técnico

Divisões de corrente em sistemas de aterramento de UFV – Geração Distribuída (GD)

## 60 Pesquisa Setorial

Guia de Empresas do Mercado de Projetos e Consultoria (Engenharia), Instalação e Manutenção Elétrica

## Colunas

62 Frederico Boschin - Conexão Regulatória

64 Cláudio Mardegan – Análise de Sistemas Elétricos

66 Luciano Rosito – Iluminação Pública

68 Roberval Bulgarelli – Instalações EX

70 Aguinaldo Bizzo – Segurança do Trabalho

72 José Barbosa – Proteção contra raios

74 Nunziant Graziano – Quadros e painéis

75 Daniel Bento – Redes Subterrâneas em Foco

76 José Starosta – Energia com Qualidade

78 Danilo de Souza – Energia, Ambiente & Sociedade

80 Caio Cezar Neiva Huais – Manutenção 4.0

# O “Combustível do Futuro” e a transição energética brasileira

A sanção do projeto de lei que institui o programa “Combustível do Futuro” pelo governo brasileiro é um marco fundamental para o desenvolvimento sustentável do país e sua contribuição para a agenda climática global. Em um cenário mundial cada vez mais pressionado pela urgência da transição energética e da redução de emissões de gases de efeito estufa, o Brasil, com sua vasta biodiversidade e liderança na produção de biocombustíveis, coloca-se à frente de uma revolução verde que tem o potencial de transformar o segmento de energia elétrica.

A norma cria programas nacionais de diesel verde, de combustível sustentável para aviação e de biometano, além de aumentar a mistura de etanol e de biodiesel à gasolina e ao diesel, respectivamente. Também institui o marco regulatório para a captura e a estocagem de carbono e destrava investimentos que somam R\$ 260 bilhões, criando oportunidades que aliam desenvolvimento econômico com geração de empregos e respeito ao meio ambiente.

Essa medida vai muito além de uma política ambiental. Ela consolida o Brasil como um pioneiro na produção de combustíveis renováveis, ampliando o uso de biocombustíveis avançados como o bioquerosene de aviação (SAF - Sustainable Aviation Fuel) e promovendo a eletrificação dos transportes. De acordo com a legislação, a partir de 2027, os operadores aéreos serão obrigados a reduzir as emissões de gases do efeito estufa nos voos domésticos por meio do uso do combustível sustentável de aviação. As metas começam com 1% de redução e crescem gradativamente até atingir 10% em 2037. Com isso, o país se alinha aos compromissos internacionais de descarbonização, ao mesmo tempo que cria uma base sólida para o seu desenvolvimento econômico.

A principal vantagem da sanção do “Combustível do Futuro” é a redução significativa das emissões de carbono. Outro aspecto positivo é o aproveitamento das vantagens naturais do Brasil. A medida também promove a diversificação da matriz energética, tornando o Brasil menos dependente de combustíveis fósseis e mais resiliente às oscilações do mercado global de petróleo. Essa diversificação é um ponto-chave para a soberania energética do país, garantindo uma política pública de combustíveis responsável, estável e ambientalmente alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, estabelecidos pela Assembleia Geral das Nações Unidas – ONU, ao quais o Brasil é signatário.

Além disso, a transição para uma economia de baixo carbono impulsionada pela sanção do “Combustível do Futuro” oferece um caminho claro para o desenvolvimento de novas tecnologias e oportunidades econômicas. A inovação tecnológica e o incentivo à pesquisa em energias renováveis criarão uma nova onda de crescimento, ao mesmo tempo em que geram empregos e estimulam setores estratégicos. O bioquerosene para a aviação, por exemplo, representa uma resposta direta à pressão crescente sobre as indústrias aéreas para reduzir suas emissões, e o Brasil pode se destacar como um fornecedor global dessa solução.

Não podemos esquecer a importância do fomento à eletrificação dos transportes. Ao incentivar o uso de veículos elétricos e híbridos, a lei contribui para a modernização do setor de transporte brasileiro, diminuindo a dependência de combustíveis fósseis e avançando na direção de uma mobilidade urbana mais limpa e sustentável.

Por fim, a sanção do “Combustível do Futuro” representa um compromisso inequívoco do Brasil com o desenvolvimento sustentável. Num momento em que o mundo busca soluções urgentes para mitigar os impactos da crise climática, o país demonstra que é possível combinar crescimento econômico com responsabilidade ambiental. O Brasil está em uma posição única, com recursos naturais abundantes e expertise na produção de energia limpa. Agora, com essa nova legislação, é o momento de aproveitar todo esse potencial para liderar a transição energética global.

Boa leitura!

*Edmilson Freitas*

edmilson@atitudeeditorial.com.br



Acompanhe nossas novidades pelas redes sociais:



@osetoreletrico



Revista O Setor Elétrico



Revista O Setor Elétrico



Revista O Setor Elétrico



elgin

## Soluções para segurança de seu ambiente.

Projetados conforme as mais rigorosas normas de segurança, os disjuntores Elgin garantem proteção total para instalações elétricas residenciais e comerciais. Sua estrutura permite o travamento da manopla sem comprometer a eficiência na proteção dos circuitos.



Disjuntores DPS, IDR e caixa moldada.

**70** Há + de  
**70 Anos**



Orgulhosamente  
Brasileira



GrupoElgin



grupo\_elgin



Grupo Elgin



elgin.com.br



# CINASE

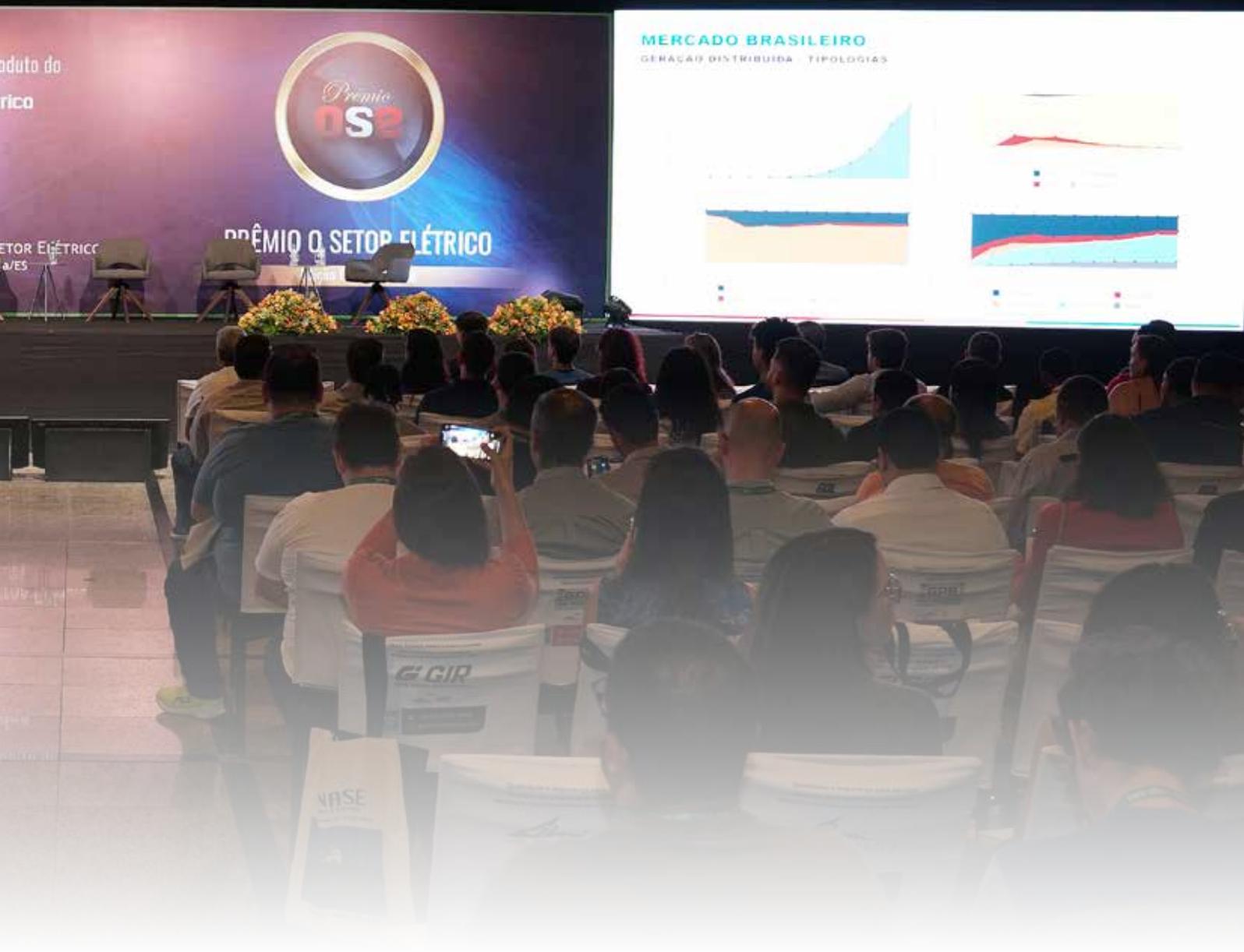
Congresso & Exposição

CIRCUITO NACIONAL DO SETOR ELÉTRICO



## Especialistas discutem modernização e desenvolvimento do setor elétrico do Espírito Santo

Considerado o ponto de encontro do setor elétrico, CINASE Vitória ocorreu entre os dias 2 e 3 de outubro



Com uma economia voltada ao segmento de petróleo, gás, siderurgia, mineração e celulose, o estado do Espírito Santo/ES recebeu, entre os dias 2 e 3 de outubro, a 47ª edição do Circuito Nacional do Setor Elétrico – CINASE. Com cerca de 1.200 visitantes, entre congressistas, profissionais e especialistas renomados do universo do setor elétrico, o evento, que é composto por congresso e feira de negócios, abordou temas como transição energética, ESG, mobilidade elétrica, redes subterrâneas, inovação, geração distribuída, mercado de renováveis, eficiência energética, O&M, manutenção de transformadores, Indústria 4.0, IoT, qualidade da energia, normas, dentre outros.

Assim como nas edições anteriores, realizadas em todas as regiões do país, a segunda edição do CINASE de 2024 foi marcada por grandes debates, propiciando um ambiente altamente qualificado para troca de conhecimentos e networking, envolvendo os principais players da indústria da engenharia elétrica local e nacional, além de acadêmicos, autoridades e profissionais de todos os setores de geração, transmissão, distribuição e instalações elétricas.

O primeiro dia de debates contou com a participação do

presidente da EDP Espírito Santo, Dyogenes Rossi, que abordou os desafios da distribuição de energia elétrica no contexto dos fenômenos climáticos extremos. Presente em mais de 70 municípios do estado, a companhia, segundo Dyogenes, vem ampliando cada vez mais os seus investimentos para fazer frente à severidade climática dos últimos anos. “Nosso compromisso é investir continuamente no Estado, aprimorando a eficiência na distribuição de energia para garantir um fornecimento de qualidade a todos os clientes”, destacou o dirigente. Somente para o Espírito Santo, a EDP, que também está presente em outros 22 estados brasileiros, projeta investimentos da ordem de R\$ 1,5 bilhão em distribuição, no biênio 2024/2025.

Com debates sempre conectados com as demandas e desafios locais, o Cinase Vitória contou com o painel “Inovações em Monitoramento Contínuo e Diagnóstico de Ativos no Setor Elétrico Industrial: Termografia, Desbalanço de Corrente e Integridade de Motores de média tensão”. Para tratar do assunto, foi escalado um time de especialistas da Vale S.A (Heitor Klippel, Rodrigo Caldeira e Thallis Felipe), além de um representante da Arcelor Mittal (Harison Antunes), ambas empresas com forte presença no estado.



A moderação do painel ficou à cargo do engenheiro eletricista e especialista em redes isoladas de média tensão, Daniel Bento.

Outro debate de destaque foi o que tratou sobre “Engenharia do presente e futuro - Instalações elétricas de baixa e média tensão, projetos e segurança”. Conduzido pelo coordenador técnico do CINASE, o engenheiro eletricista Danilo Souza, o painel contou ainda com a participação do diretor de Planejamento e Engenharia da Distribuição da EDP, Evandro Scopel, do Vice-Diretor Administrativo do CREA ES, Guido Alves Agrizzi, e do membro do CRT ES, Aldenis Barbosa Pimentel.

#### FEIRA DE NEGÓCIOS

Com 27 estandes dos principais players do universo da engenharia elétrica nacional e do Espírito Santo, a área de exposição do CINASE Vitória contou com mais de dois mil metros quadrados,

abrigoando o showroom de grandes marcas como: ABB; Andaluz/Eletromil; Brval; Gimi; Baur; Boreal; Chint; Clamper; Embrastec; Frontec; Hellermann; Itaipu Transformadores; Kraus & Naimer; Kvlux; Maccomevap; Megatron; Minuzzi; Pextron; Romagnole; Schneider Electric; Sil; Tamura; Trael; Tramontina; Varixx; WEG e o CREA – ES.

Durante os dois dias do evento, os corredores da feira permaneceram cheios de visitantes, oferecendo um ambiente ideal para networking, negócios e muita interação entre os diversos segmentos do setor elétrico. “Para a Pextron, o CINASE é um evento fantástico! Se nós tivéssemos que visitar todos os clientes pontualmente em cada região, quanto tempo levaria e quanto se gastaria de valores para isso? O CINASE nos traz todos os clientes da região na nossa mão. Isso é excelente, porque conseguimos, dentro do estande, fazer o trabalho que nós teríamos que fazer um a um, e muitas vezes, teríamos muita dificuldade de agenda dessas pessoas. Aqui, no evento, podemos fazer uma abordagem tranquila,



# SE É SIL, PODE CONFIAR!

HÁ 50 ANOS, A MARCA DE QUEM  
PREFERE QUALIDADE.



Nesses **50 anos** de tradição, a **SIL** conquistou a confiança do consumidor brasileiro como a marca mais premiada do segmento de fios e cabos de baixa tensão. Hoje, somos a primeira empresa brasileira a produzir um cabo elétrico totalmente ecológico: o **Cabo Flexível AtoxSIL Eco 750V**, isolado em biopolietileno obtido a partir da cana-de-açúcar. Uma alternativa sustentável e segura à manutenção do meio ambiente.

Confie na experiência, escolha **SIL**.



sem pressa, fora do ambiente de trabalho deles, onde estão sempre atarefados”, afirma Uriel Horta, Diretor Comercial da empresa.

Participando do CINASE desde a primeira edição, realizada em 2010, a Pextron já confirmou presença na edição de Brasília, que ocorrerá entre os dias 6 e 7 de novembro. “O CINASE de Vitória foi realmente muito bom e em novembro, não só estaremos em Brasília, como também devemos estar presentes em todas as edições de 2025. O CINASE faz parte da estratégia não só da Pextron, mas da minha própria estratégia, como Diretor Comercial da empresa”, complementa Uriel.

O ambiente fértil de networking e de negócios da feira também foi destacado pelo Especialista de Produtos da Brval, Thyahelliton Cezar. “O CINASE é um evento estratégico para a gente, especialmente para a Brval, que busca aumentar o seu branding no cenário nacional. Este evento possui um alcance incrível no nosso mercado, então, ele sempre traz bons resultados para a empresa. Em Vitória, além dos profissionais da indústria, tivemos a oportunidade de receber alunos dos ensinos técnico e superior, nos dando também a oportunidade de participar e colaborar com a formação desses profissionais do futuro do desenvolvimento energético do nosso país”.

Negócio fechado – Assim como para diversas outras empresas que estiveram presentes no evento, a Minuzzi saiu de Vitória com novos clientes, e boas perspectivas de negócios, conforme nos

conta o Diretor Industrial na Transformadores Minuzzi, José Roberto Minuzi Jr. “Expectativa correspondida! Conseguimos atingir clientes novos, um mercado interessante que não conhecíamos. Já como desdobramento dos negócios feitos aqui no CINASE, retornaremos em Vitória no final do mês de outubro”.

Participando pela segunda vez do evento, a Megatron também conseguiu bons contatos e perspectivas de novas parcerias comerciais no CINASE Vitória. “Estamos muito satisfeitos com o evento, acho que o público realmente atingiu o que estávamos buscando. Vamos nos planejar para o próximo ano, temos todo interesse em continuar, trouxemos inclusive bons clientes, o que nos dá uma perspectiva de bons negócios”, detalha Teofanes Silva, Gerente Comercial da empresa.

Com representante novo em Vitória, a Romagnole aproveitou o networking da feira de negócios para reforçar seus contatos e ampliar sua atuação na região. “Nosso representante aqui da região está assumindo este ano, e a feira foi de grande valia para ele, propiciando um momento de troca de contatos, para que ele possa se estabelecer um pouco mais, conhecer algumas marcas que estão entrando na região. Então, rendeu bons negócios para ele aqui. Como sempre, cada CINASE é um público diferente, afinal, são regiões diferentes, mas sempre há oportunidades de negócios em cada evento”, explica a analista de marketing da Romagnole, Pâmela Lucena.



LANÇAMENTO  
LINHA **MINING BLOCK**  
16A até 250A

Mantenha suas Operações com Máxima Segurança e Proteção!



## PROTEÇÃO E SEGURANÇA ULTRACONFIÁVEIS

A linha de Tomadas e Plugues Industriais, Tomadas com Bloqueio Mecânico e Proteção Elétrica **Mining Block STRAHL**, atende os mais rigorosos padrões de qualidade e segurança exigidos nas instalações elétricas. Desenvolvidas para garantir segurança e proteção, com grau de proteção IP67, são indicadas e apropriadas para instalação e uso em ambientes extremamente agressivos, como indústrias de mineração, petroquímicas, siderúrgicas, entre outras.

Disponíveis opções com proteções adicionais contra sobrecarga/sobretensão, curto-circuito (disjuntor termomagnético) e choque elétrico (IDR), proporcionando operações seguras e eficazes. Podem ser customizadas de acordo com sua necessidade ou projeto.

Confira os principais diferenciais desta linha:



\*A partir de 125A contatos em cobre cromo.

**STRAHL**  
A ENERGIA QUE CONSTRÓI



**“Evento muito bem organizado e ótima oportunidade para trocar experiências, conhecer fornecedores e tecnologias, reencontrar professores, amigos e colegas de profissão do setor. Certamente um momento de aprendizado e evolução mútua para todos que puderam estar presentes, para as empresas ali representadas pelos seus profissionais e para o setor elétrico em geral.**

**Harison Antunes – Especialista SEP de Engenharia Elétrica da Arcelor Mittal**



## PRÊMIO O SETOR ELÉTRICO

Realizado em todas as edições do CINASE, o Prêmio O Setor Elétrico tem como objetivo reconhecer e dar visibilidade a projetos e iniciativas que apresentam soluções inovadoras para o setor elétrico brasileiro. Confira a seguir os vencedores dos projetos inscritos nas cinco categorias da premiação:

### INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Caminhão elétrico autônomo sem cabine para indústria 4.0.  
Proponente Rânik Guidolini - Lume Robotics

### INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS E COMERCIAIS

Desenvolvimento de solução para realização de manobras elétricas remotas de inserção e extração em disjuntores e contadores em subestações 4.0.  
Proponentes: Thallis Teixeira e Edmilson Castro - Vale S/A

### PROJETO LUMINOTÉCNICO

Modernização na iluminação pública de Rio Novo do Sul.  
Proponentes: Raynan Reitosa de Souza, Michela Fachetti Santana, Brenda Salomão Barroso e Adriano Mengol Bromochenkel - EDP Espírito Santo



### PESQUISA & DESENVOLVIMENTO

P&D Sensores Vestíveis.  
Proponente: Willamy Siqueira Conde - EDP Espírito Santo

### ENERGIAS RENOVÁVEIS

Autoprodução de geração fotovoltaica com injeção na rede pública.  
Proponente: Lucas Pinheiro Abu Dioan - Dioan Energia

# MAXBAR

BARRAMENTOS BLINDADOS

## LANÇAMENTO MAXBAR

**BARRAMENTO BLACK  
CARBON** com pintura  
especial a base de Grafeno.

Preparado para ambientes industriais e da construção civil com atmosfera agressiva e adequado a arquitetura do seu empreendimento.

*Sempre em busca da alta tecnologia,  
segurança e respeito ao meio ambiente.*



## JUNTOS ENERGIZANDO O MUNDO



✉ [comercial@maxbarramentos.com.br](mailto:comercial@maxbarramentos.com.br)

☎ (11)4308-5075 / (11)4308-5085

🌐 [www.maxbarramentos.com.br](http://www.maxbarramentos.com.br)



**“Quero parabenizar a organização do evento, espaço bem organizado, especialistas referência no cenário nacional, como Daniel Bento, Claudio Mardegan, Paulo Barreto, Agnado Bizzo, José Barbosa etc. Evento muito top, com um feedback muito positivo de toda a equipe da Vale que participou”, Engenheiro Eletricista Pleno da Vale S.A, Thallis Felipe Teixeira.**



## HOMENAGENS

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

### JUSSARA FARDIN



Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Espírito Santo (1978), mestrado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1983) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (2001). Atualmente é professora titular da Universidade Federal do Espírito Santo. Atua principalmente nos temas envolvendo fontes renováveis, microrredes, smart grid, gerenciamento de energia e identificação de sistemas aplicada a sistemas de energia.

### FERNANDO PEIXOTO SALIBA



Possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Potência pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), MBA em Gestão Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Com mais de três décadas de atuação na EDP, atuou em funções estratégicas, incluindo Diretor Técnico, Diretor de Sustentabilidade e Diretor Geral. Além disso, atua como Diretor de Gestão Pública no movimento empresarial Espírito Santo em Ação. Possui formação técnica nos cursos Programa de Gestão Avançada pela Amanakey e o Programa for Management Development (PMD) pelo ISE Business School.

### ARY MEDINA SOBRINHO



Formado em Engenharia Elétrica e Educação Física. São 35 na EDP e quase 30 anos dedicados ao movimento sindical, onde foi presidente do Sindicato dos Engenheiros no Estado do Espírito Santo (Senge-ES) por três mandatos. Nascido em Cachoeiro de Itapemirim (Sul do Espírito Santo), começou sua vida profissional como menor assistido do Banco do Brasil, antes de seguir para Governador Valadares (MG), para cursar Engenharia. Logo após formado, atuou por um período na Adservis, uma prestadora de serviço da antiga Escelsa (atual EDP), empresa para onde seguiu em 1989 e segue na ativa.



Olá, eu sou o

**Cobe,**

seu assistente  
de confiança

Integrado com o ChatGPT, o representante virtual da Cobrecom, o COBE, vem com tudo para tirar todas as suas dúvidas, seja você eletricista, lojista ou consumidor.

## Fale com o COBE via texto ou áudio no WhatsApp!



Atendimento ao cliente



Materiais de marketing:  
livros, tabela do eletricista  
e catálogos



Conteúdos técnicos: aplicação de  
produtos, indicação de produtos  
de acordo com a instalação e  
dúvidas técnicas



Rastreamento de pedidos



Avaliação de atendimentos



Boletos: 1ª via e verificação  
da autenticidade



FAQ/dúvidas frequentes



Busca e indicação  
de representantes  
por localização

## Tudo isso e muito mais!

**cobrecom**



Escaneie  
o QR Code  
e fale com ele!



@cobrecom

## Transição Energética e ESG

*Estruturado pelo economista Nivalde de Castro, professor do Instituto de Economia da UFRJ e coordenador do Grupo de Estudos do Setor Elétrico - GESEL, desde 1997, este fascículo abordará as diferentes abordagens em curso no país relacionadas à transição energética e as práticas de ESG no setor elétrico.*



## Capítulo 7

### O processo de descarbonização e as potencialidades da indústria do hidrogênio verde no Brasil

*Por Nivalde de Castro, Luiza Masseno e Kalyne Brito*

A urgência para a mitigação das mudanças climáticas com foco central na descarbonização dos processos produtivos de bens e serviço impulsiona a busca por novas soluções e tecnologias de baixo carbono, onde o hidrogênio verde (H2V), produzido a partir da eletrólise com a utilização de energias renováveis, merece destaque especial, sendo o objeto analítico central deste sétimo capítulo.

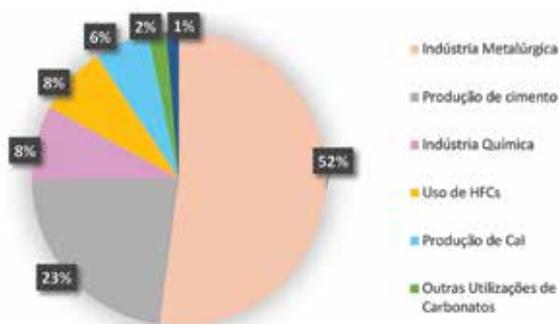
O H2V, cuja indústria ainda é nascente, constitui um recurso com potencial de aplicação em diferentes segmentos industriais e no setor de transportes. Atualmente, a produção de hidrogênio no mundo está concentrada em processos com altas emissões de CO<sub>2</sub>, por meio da reforma de gás natural, conhecido como hidrogênio cinza. Neste sentido, de pronto fica evidente que há um mercado potencial para a conversão da produção e consumo de hidrogênio cinza para o hidrogênio verde que, para sua produção, irá determinar um impacto muito grande na demanda de energia elétrica verde.

Nesta dinâmica de transição energética, o Brasil se sobressai por deter um vasto potencial em energias renováveis para a produção do H2V e possuir importantes polos industriais, que concentram uma estrutura diversificada e favorável à construção de grandes centros consumidores de hidrogênio, nomeados

de hubs ou vales. A título de exemplo, pode-se citar como polos industriais capazes de concentrar a produção de H2V, o Complexo Industrial de Pecém no Ceará, o Complexo Industrial e Portuário de Suape em Pernambuco, o Porto de Camaçari na Bahia e o Porto do Açu no Rio de Janeiro.

A partir de programas de incentivo às energias solar e eólica no país, os últimos anos foram marcados por uma significativa expansão na oferta dessas fontes. Entre 2015 e 2022, o Brasil liderou o ranking de ter sido um dos principais destinos de investimentos estrangeiros em países em desenvolvimento, recebendo um total de US\$ 114,8 bilhões, o que representou 11% do investimento global em energia sustentável nas economias emergentes (UNCTAD, 2023). É assim de se esperar que o Brasil assumira posição de liderança mundial, por força da capacidade instalada de geração elétrica predominantemente renovável e do potencial destas duas fontes estimadas, pela EPE (Empresa de Pesquisa Energética), em 1.300.000 MW

Pelo lado da demanda, os setores industriais da economia brasileira com maiores desafios e oportunidades para o processo de descarbonização de suas cadeias energéticas são o de transporte e o industrial, que responderam por 52,6% e 16,4% das emissões totais de 2022, respectivamente (SEEG, 2023).



Fonte: Adaptado de MCTI (2022).

**Gráfico 1: Emissões do Setor de Processos Industriais em 2020 (em %)**

No âmbito dos setores industriais, apenas os segmentos da metalurgia, cimento e indústrias químicas representam mais de 80% das emissões de 2020, como atestam os dados do Gráfico 1.

Desta forma, as perspectivas do avanço do consumo de H2V no Brasil poderá contribuir para o atingimento das metas de descarbonização em diferentes segmentos da atividade econômica brasileira, além de auxiliar na melhoria de indicadores de sustentabilidade ambiental de grandes indústrias instaladas no país e comprometidas com práticas ESG.

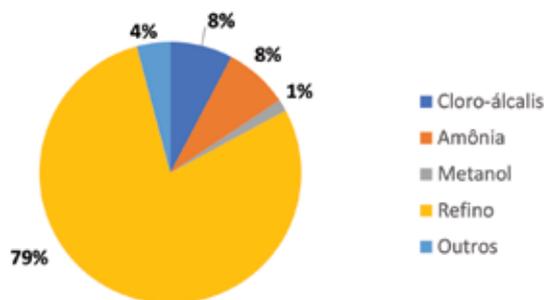
Em paralelo, o avanço de mecanismos de precificação de carbono e taxação de importações de bens com alta pegada de carbono tornam a discussão acerca do desenvolvimento do mercado de H2V cada vez mais relevante para garantir a competitividade de produtos brasileiros em mercados externos. O Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM), em fase transitória de implementação na União Europeia, será aplicado a bens cuja produção é intensiva em carbono como cimento, ferro, aço, alumínio, fertilizantes, e hidrogênio.

A dinâmica determinada pelas alterações geopolíticas como a Guerra da Ucrânia e o conflito EUA x China, estão reforçando o processo de powershoring, que tendem a atuar como um estímulo para a neointustrialização verde do Brasil. Neste sentido, a mudança climática e fatores geopolíticos abriram uma janela de oportunidade para que países, como o Brasil em especial, com vantagens comparativas e competitivas na produção de energia elétrica derivada de fontes renováveis possam atrair plantas manufatureiras intensivas em energia e com compromisso de descarbonização.

Vale ressaltar que, na indústria do H2V, os recursos renováveis desempenham um papel crucial na sua produção, representando uma parte substancial no custo total. Diante disso, segundo WEF (2024), a América Latina pode liderar o fornecimento global de hidrogênio renovável até o ano de 2030, capturando 25% a 33% da demanda internacional. Atualmente, o custo nivelado do hidrogênio na região varia de US\$ 3,70 a US\$ 5,90 por kg, abaixo da média global de US\$ 3,80 a US\$ 8,50 por kg.

Nesse contexto, o Brasil é um dos países elencados com um futuro promissor na descarbonização local, dada a diversidade de aplicações nacionais possíveis, como refinaria, aço, fertilizantes, cimento, combustíveis, dentre outros. Aponta-se que, no país, o preço médio do hidrogênio verde, situa-se, atualmente entre US\$ 2,87 e US\$ 3,56 por kg, estimando-se que possa atingir parâmetros de de US\$ 1,90 por kg, em 2030, e US\$ 1,20, em 2050, conseguindo representar 10% do mercado global (WEF, 2024).

No âmbito da demanda interna de hidrogênio no Brasil, deve-se ressaltar, primeiramente, as aplicações diretas do H2V em finalidades usualmente já atendidas pelo hidrogênio cinza, conforme indicado anteriormente. Para se ter uma posição sobre este potencial, o Complexo Industrial de Camaçari, consome, anualmente, 5 mil toneladas de hidrogênio cinza. E as atividades de refino são responsáveis por, aproximadamente, 79% do consumo de hidrogênio cinza nacional, com amplo potencial para que este segmento possa ser um exemplo convencional de first-adopters para o uso do H2V. O Gráfico 2 desagrega a demanda de hidrogênio cinza por ramo de atividade industrial.



Fonte: Moszkowicz *et al.* (2023), EPE (2022) e AHK-Rio (2021).

**Gráfico 2: Consumo estimado de hidrogênio no Brasil por setor em 2021 (em %)**

Nesta direção analítica, o Brasil tem um elevado grau potencial para substituir as importações de amoníaco e metanol através da produção local, o que representa uma oportunidade para o desenvolvimento da indústria interna do H2V, assim como para produzir produtos verdes de maior valor agregado. A importação brasileira de amônia e metanol equivale a mais de US\$ 1 bilhão por ano, impactando a balança comercial brasileira. Além disso, o metanol e a amônia são considerados promissores carreadores do H2V para exportação e combustíveis adequados para a descarbonização de setores como a aviação e o transporte marítimo.

Observa-se que a Petrobras já foi a maior produtora de amônia e ureia no Brasil. No entanto, em 2018, a política governamental levou a empresa a reduzir sua participação neste mercado, na medida que o objetivo era reduzir o grau de atuação da Petrobras, com a redução e investimentos e arrendamento

de suas fábricas de fertilizantes nitrogenados. Além disso, a produção de metanol tornou-se insignificante no Brasil desde 2016, com a maior parte sendo importada. Vale ressaltar que o consumo de metanol no Brasil é destinado principalmente à produção de formaldeído (35%) e ao biodiesel (27%), sendo este último consumido, especialmente, nas Regiões Sul e Centro-Oeste.

No âmbito da siderurgia e metalurgia, o Brasil se destaca como o maior produtor de aço da América Latina e nono maior do mundo. O país apresenta uma capacidade instalada de 51 milhões de toneladas por ano em dez diferentes estados. Além disso, 90% da produção é realizada por apenas seis empresas: ArcelorMittal, Gerdau, Ternium, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Usiminas e Companhia Siderúrgica do Pecém (CSP).

Assim, a substituição do gás natural como matéria-prima no processo Redução Direta de Ferro (DRI, na sigla em inglês) em combinação com o Electric Arc Furnace (EAF) torna-se uma relevante oportunidade, tendo em vista que cerca de 25% do aço é produzido pelo processo EAF no Brasil. Outra alternativa possível é o uso do hidrogênio verde na produção de ferro briquetado a quente (HBI) (Gomes et al., 2024; Instituto E+ Transição Energética, 2022; Instituto do Aço Brasil, 2022).

Apesar de a Europa não ser o principal destino das exportações de aço brasileiras, em 2022 a exportação para o continente aumentou 830%, devido à redução do fornecimento de aço russo causada pela invasão da Ucrânia. Deste modo, a exportação de metálicos verdes, inclusive o aço verde nos próximos anos se mostra como uma promissora alternativa e possibilidade.

No contexto de abrir diferentes frentes para o desenvolvimento da indústria do hidrogênio de baixo carbono no Brasil, destaca-se a iniciativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que lançou, em março de 2024, a Chamada Estratégica “Hidrogênio no contexto do setor elétrico brasileiro”, visando estimular investimentos em projetos de Pesquisa,

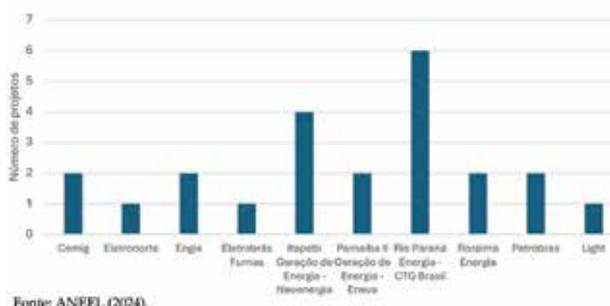


Gráfico 3 - Quantidade de projetos selecionados para avaliação na Chamada Estratégica da ANEEL por proponente

Desenvolvimento & Inovação relacionados à temática. Como resultado no mês de julho de 2024, dez grandes grupos do setor elétrico apresentaram 19 propostas de plantas pilotos, conforme indicado no Gráfico 3.

As propostas das 10 empresas, incluíram, no total, 40 cooperadas, 33 entidades executoras e 23 instituições parceiras em todo o país. A partir de um total de 23 projetos (quatro na área de material e componentes), somam investimentos de R\$ 2,7 bilhões, representando o maior volume já investido em uma chamada de projetos estratégicos da ANEEL.

Por fim, no início do mês de agosto, em cerimônia realizada no Porto do Pecém no Ceará, foi sancionada a Lei nº 14.948/2024, que estabelece o marco legal do hidrogênio de baixa emissão de carbono. Apesar de controvérsia acerca do limite de emissões no ciclo de vida do hidrogênio produzido e da busca por uma melhor disciplina na natureza dos créditos fiscais destinados como incentivos, e não subsídios, ao desenvolvimento da Indústria de H2V. Este marco é promissor para o desenvolvimento da indústria do H2V no Brasil e poderá impulsionar um novo ciclo de investimentos e projetos importantes para o processo de neointustrialização verde no país.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AHK-Rio (2021). *Mapeamento do setor de hidrogênio brasileiro: Panorama atual e potenciais para o hidrogênio verde*. Rio de Janeiro: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética (2022). *Produção e Consumo de Hidrogênio em refinarias*.

GOMES, I. et al. (2024). *Hydrogen for the 'low hanging fruits' of South America: Decarbonizing hard-to-abate sectors in Brazil, Argentina, Colombia, and Chile*.

Instituto E+ Transição Energética (2022). *Scoping paper on the Brazilian decarbonization: Steel industry, Rio de Janeiro*.

Instituto do Aço Brasil (2022). *Asiderurgia em números 2022*. Rio de Janeiro.

MCTI, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (2022). *Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil*. 6ª Edição [S.l.: s.n.].

MOSZKOWICZ, M. et al. (2023). *Estudo do mercado interno e externo do hidrogênio verde*. Grupo de Estudos do Setor Elétrico – GESEL.

SEEG, Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (2023). Disponível em: <https://seeg.eco.br/>. Acesso em: 20 ago. 2024.

UNCTAD (2023). *World Investment Report 2023: Investing in sustainable energy for all*. United Nations.

WEF, World Economic Forum (2024). *Accelerating the Clean Hydrogen Economy in Latin America*. Geneva.

\*Luiza Masseno é Pesquisadora plena do GESEL-UFRJ.

\*Kalyne Brito é Pesquisadora associada do GESEL-UFRJ.



Soluções em tecnologia elétrica e automação industrial



O MAIOR  
DISTRIBUIDOR ABB  
DA AMÉRICA LATINA



Produtos



Serviços



Engenharia



FAÇA SUA COTAÇÃO • FALE COM NOSSOS ESPECIALISTAS

# Transformação digital no setor elétrico

*Em constante evolução, a transformação digital do setor elétrico é um caminho sem volta. Para tratar deste tema contaremos com toda a expertise da engenheira e pesquisadora de energia da FIT Instituto de Tecnologia, em Sorocaba/SP, Priscila Santos, que possui mestrado em Energia e doutoranda em Agroenergia e Eletrônica, é pesquisadora de energia do Programa MCTI Futuro do FIT, uma iniciativa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, com recursos da Lei nº 8.248, de 23/10/1991, e conta com a coordenação da Softex, execução e parceria com diversas instituições privadas.*



## Capítulo 7 Estratégias de Xeque-Mate no Setor Elétrico

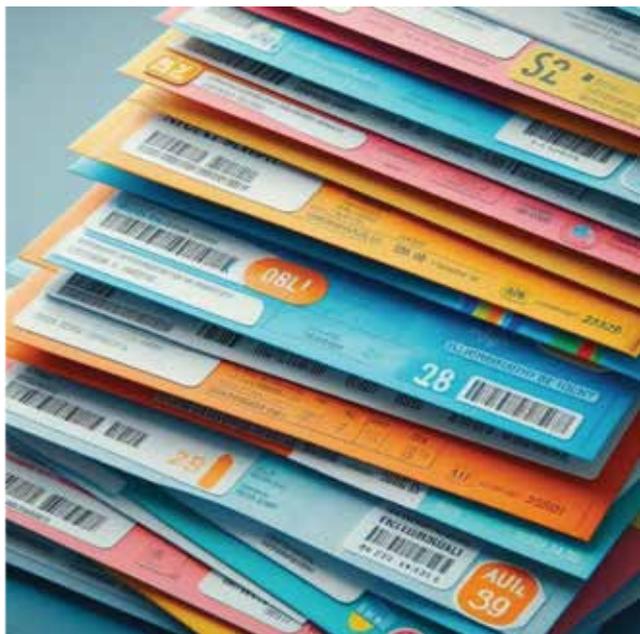
Não adianta ter as melhores peças no tabuleiro se não souber como dar o xeque-mate. Assim como no xadrez, onde a estratégia e a habilidade de antecipar os movimentos do adversário são cruciais, no setor de energia, a capacidade de navegar por regulamentos complexos e aplicar soluções inovadoras é essencial. Não basta apenas conhecer as regras, é preciso ter a visão para implementar mudanças eficazes e sustentáveis que atendam às necessidades do presente, sem comprometer as gerações futuras. Afinal, o xeque-mate no setor de energia não é apenas resolver um problema, mas sim, criar um sistema que seja resiliente, eficiente e capaz de se adaptar às mudanças do mercado e do meio ambiente.

### PRIMEIRO XEQUE-MATE NA ENERGIA: PADRONIZAÇÃO DAS CONTAS

Mesmo com sistemas modernos e robustos de coleta de dados, quando o assunto é medição de consumo e resolução de problemas de falhas e faltas, ainda falhamos em algo tão simples como a padronização das nossas contas de energia.

Falamos muito sobre transformação digital, mas o passo inicial desse processo foi negligenciado: a padronização das contas de energia. Essa padronização é fundamental para um entendimento mais claro sobre o consumo de energia elétrica, tarifas do sistema de distribuição, iluminação pública, impostos e multas. No entanto, nem todas as distribuidoras deixam esses valores claros e/ou visíveis.

Sem uma padronização, torna-se difícil comparar dados, identificar inconsistências e garantir a transparência necessária para uma gestão eficiente e justa dos recursos energéticos. Infelizmente, nem todas as distribuidoras deixam esses valores claros e visíveis, o que dificulta a fiscalização e a compreensão por parte dos consumidores.



“Nada é psicologicamente tão forte quanto um bom lance”.

- Robert James Fischer

#### SEGUNDO XEQUE-MATE NA ENERGIA: SEGURANÇA DA REDE

Como já citado em outro fascículo, a segurança da rede elétrica se torna algo imprescindível. Pouco se fala sobre o processo de cibersegurança na transformação digital, seja na geração, transmissão, distribuição ou no cliente final.

No entanto, o que me preocupa é: o encargo da cibersegurança será repassado ao cliente? Como será cobrado? E quando o cliente está no mercado livre de energia? Se um cliente industrial sofrer um ataque cibernético, quem será responsável? Se houver perda de produção ou outro impacto maior na Indústria (vazamento de informações sigilosas) como será onerado o impacto? E se um cliente, sem saber, introduzir um ataque cibernético na rede através de um dispositivo em sua residência ou local de trabalho? Como essa situação será tratada?

Essas questões são cruciais, pois a falta de clareza pode gerar insegurança e desconfiança nos consumidores. Além disso, a cibersegurança é vital para garantir a integridade e a confiabilidade do sistema elétrico, prevenindo interrupções e danos que podem ter consequências graves para toda a sociedade.

#### TERCEIRO XEQUE-MATE NA ENERGIA: MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Atualmente, percebemos os impactos do excesso de gases de efeito estufa na atmosfera. Os sinais e evidências desse fenômeno já são visíveis e continuarão a se manifestar, cada vez mais. Basta observar os comportamentos climáticos inéditos, como picos de calor, chuvas torrenciais fora de época e mudanças bruscas de temperatura. Além disso, outros eventos extremos podem ocorrer,

como chuvas ácidas, ciclones e tornados.

Para o setor de energia elétrica, esses impactos são particularmente relevantes. Além do investimento em fontes de energia cada vez mais renováveis e sustentáveis, é crucial analisar toda a cadeia de produção e distribuição de energia elétrica, considerando os impactos dos efeitos climáticos, especialmente chuvas e tempestades extremas ou ondas de calor. Quem arcará com os custos de manutenção e correção? E se ocorrer uma chuva ácida em uma metrópole ou cidade, danificando a rede de distribuição que não foi planejada para esse evento, quem será responsabilizado?

Estudos sobre previsões e possibilidades de mudanças climáticas tornam-se extremamente urgentes e importantes para o setor elétrico, pois a energia é indispensável para a nossa sociedade.

Além de estudos sobre as previsões, precisamos cada vez mais de profissionais qualificados que sejam multidisciplinares, observando clima, infraestrutura e que entendam cada vez mais sobre imprevisibilidades que possam ocorrer.

#### QUARTO XEQUE-MATE NA ENERGIA: O CLIENTE E SUA AUTOMAÇÃO

A automação já é uma realidade que, cada vez mais, vem sendo integrada nas residências e indústrias, onde processos, antes manuais, são digitalizados ou robotizados. Esse avanço, sem dúvida, traz melhorias significativas na qualidade de vida, proporcionando maior conforto e eficiência para o usuário, no entanto, é crucial questionarmos quanto à qualidade dos equipamentos utilizados nesses processos.

Os equipamentos “baratos e sem garantia”, por mais inofensivos que possam parecer, podem causar sérias



**“Ideias ousadas são como as peças de xadrez que se movem para a frente; podem ser derrubadas, mas podem começar um jogo vitorioso. Johann Goethe**

perturbações na rede elétrica. Imagine o impacto de vários dispositivos de baixa qualidade operando simultaneamente: a sobrecarga e as flutuações de energia podem não apenas danificar outros aparelhos conectados, mas também comprometer a estabilidade da rede elétrica como um todo. Além disso, esses equipamentos, frequentemente, não seguem padrões de segurança e eficiência, aumentando o risco de curtos-circuitos e incêndios.

A qualidade dos equipamentos de automação é fundamental para garantir a segurança e a durabilidade dos sistemas implementados. Equipamentos de baixa qualidade podem resultar em falhas frequentes, aumentando os custos de manutenção e colocando em risco a segurança dos usuários. Além disso, a falta de padronização e certificação pode levar a inconsistências no desempenho, comprometendo a confiabilidade dos sistemas automatizados. Investir em equipamentos de alta qualidade, não só assegura um melhor retorno sobre o investimento, como também contribui para a sustentabilidade e a satisfação dos usuários desses produtos, especialmente a longo prazo.

Com esses equipamentos conectados à rede elétrica, os custos de modernização e mitigação dos efeitos aumentam. No entanto, a velocidade com que o usuário final tem acesso a equipamentos “baratos e sem garantia” é superior. Enquanto a rede elétrica se prepara para a modernização, o usuário final já está em outro patamar, como exemplificado pela rápida adoção da geração distribuída. Essa disparidade pode resultar em desafios significativos para a estabilidade e a eficiência da rede elétrica.

#### **XEQUE MATE FINAL: PROFISSIONAIS QUALIFICADOS**

De nada adianta desenvolver novas tecnologias, modelos e estudos, se não houver profissionais qualificados no setor elétrico. Os generalistas, comparáveis aos clínicos gerais ou médicos de família na medicina, desempenham um papel crucial. Eles possuem um conhecimento abrangente, são capazes de dialogar com outros especialistas e indicar quem seria o mais adequado para cada situação específica. Nesse contexto, o mercado precisa de profissionais cada vez mais especializados, como especialistas em transmissão, distribuição, subestações, inteligência artificial, mudanças climáticas, interferência de rede, manutenção, novas tecnologias e geração de energia. A combinação de generalistas e especialistas é essencial para enfrentarmos os desafios complexos do setor elétrico e garantirmos a implementação eficaz das novas tecnologias.

A questão não está apenas em encontrar e descobrir profissionais no mercado, mas também em oferecer cursos, pós-graduações e especializações que os qualifiquem e ajudem em seu desenvolvimento profissional. É fundamental que essas capacitações sejam atualizadas e alinhadas às demandas do setor elétrico, garantindo que os profissionais estejam preparados para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades que surgem com as novas tecnologias.

Antes de dominar o complexo, como a transformação digital e as mudanças tecnológicas, é necessário saber fazer e ensinar o básico no nosso setor. A base sólida de conhecimentos fundamentais é essencial para que os profissionais possam evoluir e se adaptarem às novas demandas e inovações tecnológicas.

# Linha **CLAMPER** Mobi

**Proteção** completa  
no **carregamento**  
do seu **veículo**  
**elétrico**.

Surto elétrico e curtos-circuitos podem danificar tanto o seu veículo elétrico, quanto os seus carregadores. Por isso, é essencial garantir a integridade do sistema de recarga para evitar prejuízos.

Com a proteção **CLAMPER** os seus equipamentos ficam seguros e você, tranquilo.



**CLAMPER** Mobi Plug



**CLAMPER** Mobi Box

Proteção para veículos elétricos e carregadores de parede



Proteção para veículos elétricos, carregadores portáteis e carregadores de parede



[www.clamper.com.br](http://www.clamper.com.br)  
(31) 3689.9500



**CLAMPER**

# Digitalização de Subestações e Energias Renováveis

A integração das fontes de energias renováveis nas redes elétricas, impulsionada pela digitalização, está remodelando o paradigma da geração, distribuição e consumo de energia. Para abordar os desafios relacionados a este assunto, convidamos o Engenheiro Master da Vale, Paulo Henrique Vieira Soares. Mestre em engenharia Elétrica pela UNIFEI, possui MBA em Gestão (FGV) e pós-graduação em Sistemas fotovoltaicos pela UFV.



## Capítulo 7

### Operação e Manutenção (O&M) de centrais geradoras fotovoltaicas e subestações digitais

Por Paulo Henrique Vieira Soares e \*Paulo Alberto Viana Vieira

#### 1 - INTRODUÇÃO

Este artigo aborda aspectos contemporâneos na operação de subestações e centrais geradoras, focando em pontos frequentemente negligenciados. Os projetos atuais buscam incorporar as mais recentes tecnologias disponíveis no mercado. No entanto, a falta de expertise da equipe de implantação e a baixa capacitação das equipes de operação e manutenção (O&M) podem representar grandes desafios para a gestão, impactando

diretamente a disponibilidade e a confiabilidade das operações. No Capítulo 2 deste fascículo (edição 201), é apresentada a arquitetura completa de uma subestação coletora conectada ao Sistema Interligado Nacional (SIN) e seus respectivos níveis (N0, N1, N2 e N3) na hierarquia de controle do sistema elétrico. A Figura 1 ilustra a hierarquia de controle adaptada à pirâmide de automação industrial (já consolidada na literatura), permitindo a compreensão dos principais equipamentos, sistemas e protocolos utilizados.



## 2 - CONTEXTUALIZAÇÃO

### Operador Nacional do Sistema (ONS):

O Operador Nacional do Sistema (ONS), por meio do "Procedimentos de Rede - Módulo 5 – Operação do Sistema", estabelece que as atividades de operação do SIN e a operação das instalações dos agentes são interdependentes e complementares. Assim, os resultados da operação do sistema servem como insumos para a operação das instalações e vice-versa. Nesse contexto, aplica-se a hierarquia baseada no princípio da delegação de autoridade dos níveis superiores para os níveis inferiores, com a prerrogativa de atuação conforme a necessidade em qualquer um dos níveis inferiores.

### ONS e Agentes Fotovoltaicos

O "Manual de Procedimentos da Operação - Módulo 5 - Submódulo 5.14" estabelece o procedimento para a interação entre o ONS e os Conjuntos Fotovoltaicos da Área 500/345 kV de Minas Gerais. Destaca-se que os agentes devem manter equipes em regime de turno ininterrupto para comunicação em tempo real com o COSR-SE (Centro de Operação Sudeste). Além disso, os diagramas unifilares devem ser mantidos atualizados e reportados ao ONS através da rotina operacional RO-MP.BR.05.

### Procedimentos operativos

Durante as ações de controle e carregamento, é essencial que o COSR-SE solicite, se necessário, o controle de tensão e carregamento na rede de operação utilizando os recursos dos Conjuntos Fotovoltaicos. Os Conjuntos Fotovoltaicos devem atender às solicitações do COSR-SE para redespacho de geração no menor prazo possível, especialmente em caso de restrições sistêmicas.

No caso de desligamento total, o agente deve preparar a instalação para a recomposição e o restabelecimento conforme as instruções específicas, informando ao COSR-SE o horário e as condições dos equipamentos no momento da ocorrência e da normalização. Para desligamentos automáticos que impeçam ou restrinjam a geração, a elevação da geração somente pode ocorrer após autorização do COSR-SE. Além disso, qualquer indisponibilidade superior a 10% da capacidade instalada total deve ser comunicada em tempo real ao COSR-SE.

### Centro de Operações do Agente - COS (N3)

O N3 possui diversas atribuições, destacando-se as três principais:

- **Pré-Operação:** Responsável pela programação das intervenções junto ao ONS, Transmissoras e Distribuidoras, apoiando as necessidades dos clientes. Inclui a elaboração de planos de manobras

# Excelência em Transformadores

IRRIGAÇÃO  
ENERGIA FOTOVOLTAICA  
ENERGIA ELÉTRICA  
INDÚSTRIA  
MANUTENÇÃO

# MINUZZI®

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



para intervenções programadas e a normatização desses processos.

- **Tempo Real:** Encarregado do monitoramento contínuo da planta, incluindo variáveis analógicas e digitais, além dos alarmes dos ativos operados remotamente. Também realiza a execução das manobras de intervenções programadas e não programadas, atendimento a urgências e emergências, e operação remota das unidades geradoras.
- **Pós-Operação:** Responsável pela análise das informações operacionais, emissão de relatórios, e indicadores de disponibilidade e performance. Inclui a análise de eventos operacionais, rotinas de acompanhamento, e a inserção de dados nos sistemas do ONS.

### KPIs – Indicadores de desempenho

A NBR 5462 define “disponibilidade” como a capacidade de um item estar em condições de executar uma função específica em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, desde que aplicado de acordo com as especificações (confiabilidade) e mantido (manutenibilidade) adequadamente.

Para subestações coletoras e parques solares, considerando uma operação contínua de 24 horas (incluindo a geração de energia durante o dia e compensação de potência reativa à noite), a disponibilidade física (DF) dos equipamentos é um dos principais indicadores. Esta disponibilidade pode ser calculada pela seguinte equação:

$$DF = \frac{\text{Horas calendário} - \text{Horas de manutenção}}{\text{Horas calendário}} * 100 (\%)$$

No processo de manutenção, a Disponibilidade Física (DF) é de responsabilidade do time de manutenção de campo (N2, N1 e N0), enquanto a Utilização Física (UF) é de responsabilidade prioritária do N3 e, em contingência, do N2. A UF pode ser calculada pela seguinte equação:

$$DF = \frac{\text{Horas disponíveis} - \text{Horas não utilizadas}}{\text{Horas disponíveis}} * 100 (\%)$$

Considerando que os ativos estão em sua melhor condição de Disponibilidade Física e sendo utilizados durante todo o período, o último indicador, não exaustivo, para garantir uma operação de excelência é o EPI (Energy Performance Index), abordado no capítulo 6 deste fascículo.

### Ciclo de vida

A norma IEC 61850 estabelece diretrizes para assegurar a qualidade ao longo do ciclo de vida dos sistemas, especificando as responsabilidades tanto das concessionárias quanto dos fornecedores. Os fornecedores devem assegurar o desenvolvimento conforme a ISO 9001, realizar testes de sistema e certificações de conformidade com padrões, e fornecer suporte e peças de reposição mesmo após a descontinuação do produto. Dado o avanço contínuo dos Sistemas de Automação de Subestações (SAS) e seus

componentes, é importantíssimo que os sistemas e ferramentas de engenharia sejam claramente identificáveis por meio de versões. Por exemplo, conforme ilustrado na Figura 2, após a descontinuação de um produto, o fabricante deve garantir a disponibilidade de peças de reposição e serviços de reparo por 10 anos, versões de hardware e software por 15 anos, e itens de interfaces adaptáveis por 20 anos.

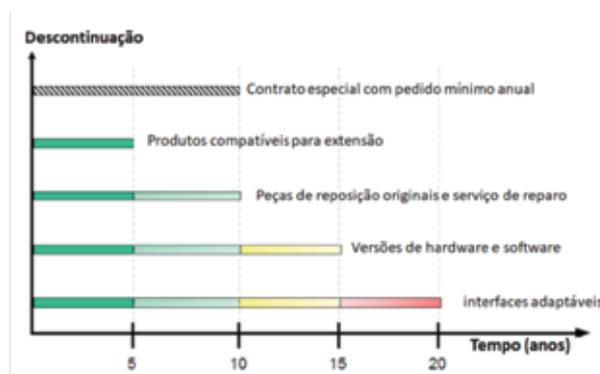


Figura 2 – Período para obrigação de entrega (Fonte dissertação do autor)

## 3- APLICAÇÃO

### Manutenção (Disponibilidade Física)

Subestações de alta tensão e transformadores convencionais são ativos robustos, com alta disponibilidade física (DF), próxima a 100%, para casos estes onde a manutenção esteja em dia e bem executada. Contudo, os principais ativos que impactam diretamente na geração de energia são os rastreadores (trackers) e os inversores. Para otimizar o aproveitamento da área em grandes projetos de geração centralizada, as placas fotovoltaicas são ajustadas para seguir a trajetória do sol durante o dia, utilizando um mecanismo conhecido tracker.

A Figura 3 ilustra a diferença entre a curva vermelha, que representa a modulação das placas em direção ao sol, e a curva azul, que representa o equipamento fixo (posição de segurança). O uso dos rastreadores resulta em um aumento de produção de energia de 25% a 30%, evidenciado pela diferença entre as duas curvas.

O Capítulo IV desta coletânea (Edição 203) descreve a arquitetura mínima do sistema de rastreamento solar e o processo de comissionamento. Após a entrada em operação, é essencial garantir uma alta disponibilidade da rede de comunicação Ethernet, permitindo que os módulos de comunicação em cada tracker se conectem à estação meteorológica para receber a referência de posição do sol e, assim, permitir o rastreamento adequado. Caso haja uma falha na rede de comunicação por alguns minutos, ou ventos acima do limite tolerável, o tracker irá para a posição de segurança, conforme ilustrado na Figura 4, o que pode impactar consideravelmente na geração de energia.



# BR-POWER

Transformador a Seco Média Tensão

## BRVAL

TRANSFORMADORES

A confiabilidade que você precisa  
para o seu projeto, está na **BRVAL**.

✉ vendas@brval.com.br

🌐 [brvalelectrical](#)

🌐 [www.brval.com.br](#)

☎ 21 97105-6853

☎ 11 5199-0141

☎ 21 3812-3100

Conheça nossos  
produtos



# BRVAL

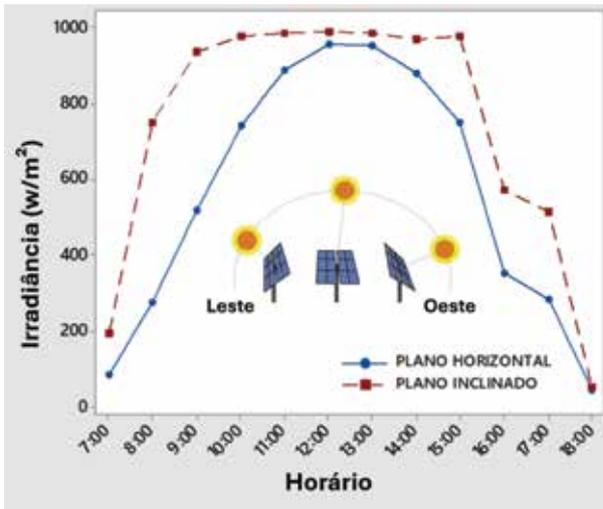


Figura 3 – Curva de irradiância no plano horizontal (GHl) versus plano inclinado (GTI)

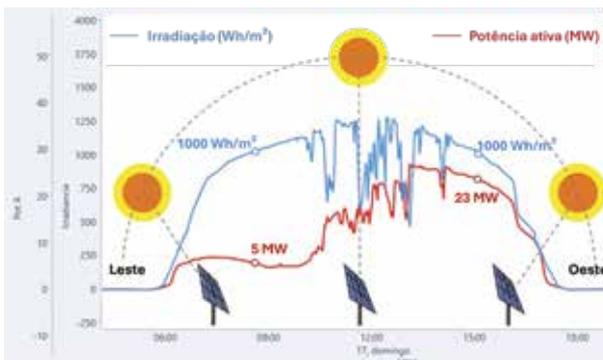


Figura 4 – Falha de modulação das placas solares

### Operação (Utilização Física)

Uma planta de geração de energia solar é projetada para ser autônoma por natureza. Desde o amanhecer, os inversores começam a operar e injetar potência na rede, interrompendo a geração ao final do dia. Esses inversores são projetados para responder rapidamente às variações na irradiância solar, ajustando sua operação em tempo real para otimizar a eficiência e a estabilidade da rede elétrica.

Quando há uma queda brusca na irradiância, como a causada por nuvens, os inversores reduzem imediatamente a quantidade de energia injetada para evitar sobrecargas e instabilidades. Após a passagem das nuvens, os inversores aumentam rapidamente a conversão da energia solar disponível, retornando aos níveis normais de operação. Essa capacidade de resposta ágil é vital para maximizar a utilização da energia gerada e manter a estabilidade da rede elétrica.

A Figura 5 ilustra um dia nublado, demonstrando os impactos do sombreamento de nuvens na corrente dos inversores. Observa-se uma redução da corrente de 600 A para 200 A, o que é típico no início ou no término da geração, e atípico às 10h30. Após a passagem da nuvem, a corrente rapidamente aumenta novamente, superando 500 A no alimentador da SE-Coletora.

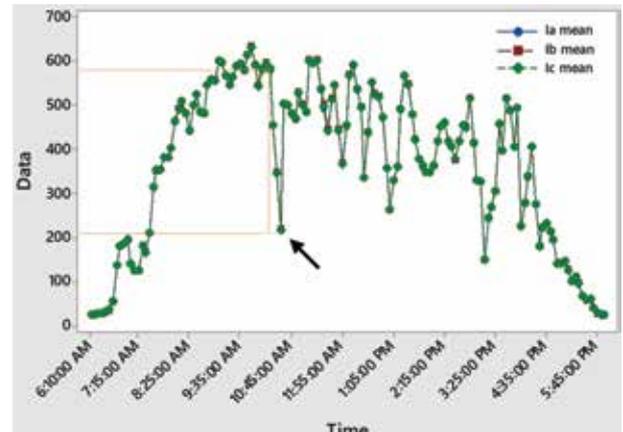


Figura 5 – Afundamento das correntes em função da passagem de nuvens

### Performance

Diversos fatores podem afetar a performance da planta, reduzindo sua capacidade de geração. A limpeza dos módulos fotovoltaicos durante períodos de seca e o controle da vegetação em épocas de chuva são aspectos críticos que devem ser incluídos na manutenção sistemática do O&M. A seguir, será abordado o impacto da temperatura tanto nos inversores quanto nas placas solares.

Inversores solar: O drive solar é projetado para converter a energia contínua (CC) gerada pelos módulos fotovoltaicos em energia alternada (CA), desde que esteja habilitado e operando sem falhas. Antes do nascer do sol, o inversor permanece no estado de “Aguardando Sol”. Assim que a irradiância começa a aumentar, o inversor se sincroniza com a rede e inicia a geração de energia. Em condições normais, o inversor gera energia (potência CA de saída) proporcional à irradiância disponível (potência CC de entrada). No entanto, se a temperatura dos semicondutores, responsáveis pelo chaveamento e conversão de energia, aumenta, o inversor reduz a potência (derating) para preservar a integridade do equipamento, evitando falhas. Na Figura 6, é apresentada a curva que mostra a relação entre a potência de saída do inversor e a temperatura interna do inversor. Observa-se que, quando o inversor atinge um determinado valor de temperatura interna, sua potência tende a reduzir para proteger o equipamento. A curva em azul é fornecida pelo fabricante do inversor, com o objetivo de informar o comportamento de saída em função do aumento da temperatura.

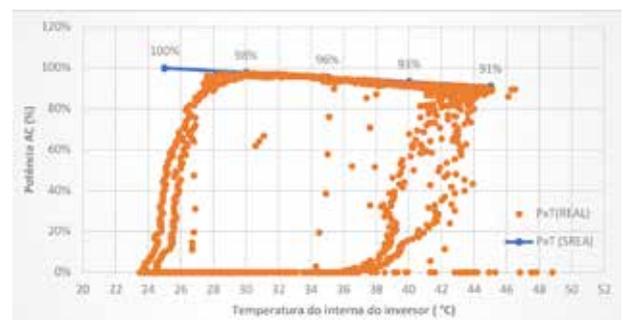


Figura 6 – Curva do inversor apresentando derating

Módulos fotovoltaicos na Figura 7, observa-se que, às 8h da manhã, a temperatura ambiente no parque é de 24 graus Celsius, enquanto a temperatura dos módulos fotovoltaicos é de aproximadamente 40 graus Celsius. Às 9h, a temperatura dos módulos ultrapassa os 50 graus Celsius. Para o O&M, é importante

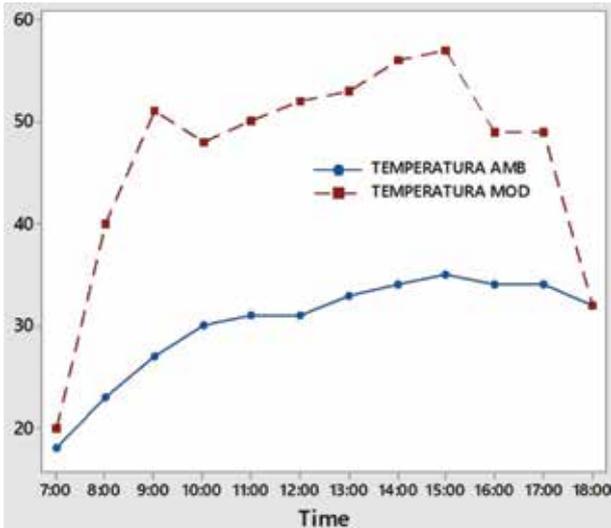


Figura 7 – Curva de temperatura dos módulos versus temperatura ambiente

monitorar esse diferencial de temperatura e seguir as recomendações do fabricante quanto à limpeza dos módulos, evitando o uso de água fria para não danificar o equipamento, e prevenindo, assim, o choque térmico. Além disso, deve-se evitar tocar nos módulos para prevenir acidentes.

**Sensores:** Outro ponto de extrema importância para confiabilidade nos dados de performance da planta, se refere a correta instalação e manutenção dos sensores (piranômetros, PT100 e sensor de sujidade dos módulos fotovoltaicos). Como exemplo o piranômetro, quando não limpo pode ocasionar em um valor subestimado de geração esperada, impactando assim na interpretação dos KPI's.

### Geração de energia

O processo de certificação de energia em sistemas fotovoltaicos começa com a estimativa da Produção de Energia Bruta (PEB), que é calculada com base na capacidade instalada e na irradiação solar disponível no local da usina. No entanto, deve-se considerar as perdas inerentes, como as relativas à temperatura dos módulos falha na orientação ou inclinação dos trackers, sombreamento e sujeira. Essas perdas devem ser descontadas da PEB para determinar a Produção de Energia Certificada (PEC), um parâmetro essencial para o cadastramento e habilitação junto à EPE.

A viabilidade econômica de um projeto solar é fortemente influenciada pela irradiação solar local, que apresenta variabilidade

## Por que o ZYGGOT Arc salva vidas?



## O ZYGGOT Arc

é um sistema inovador de proteção para sistemas elétricos e seus componentes, utilizando uma rede inteligente de sensores que detectam arcos elétricos através da radiação ultravioleta.

Quando um arco elétrico é identificado em sua fase inicial, o sensor Zyggot é ativado instantaneamente, oferecendo a resposta mais rápida do mercado. Ele envia o sinal de trip em apenas 0,3 milissegundos (300 microssegundos), garantindo uma resposta ágil e eficaz.

O sistema opera com um contato estático e um contato seco, além de utilizar uma rede de comunicação digital ultrarrápida (CAN), o que assegura uma eficiência excepcional e tempos de resposta minimizados.

### Características



Não detecta luz visível, o que evita o falso trip



Detecção nas primeiras fases do arco (antes da luz)



Ação ultrarrápida, em menos de 0.3 milissegundos (300us)



Solução que resulta na menor energia incidente do mercado



Ampla área de detecção (90°)



Dispensa leitura de corrente



Visite nosso site para saber mais

e deve ser incorporada ao modelo financeiro do empreendimento. A quantificação do risco associado à PEC é realizada através da análise histórica dos dados de irradiação, que seguem uma distribuição normal, permitindo calcular a probabilidade da PEC ao longo dos anos de operação da usina e fornecendo uma estimativa mais precisa do retorno econômico esperado. Atualmente, a Garantia Física de Energia (GFE) para usinas fotovoltaicas é calculada com base na produção anual estimada, considerando as indisponibilidades programadas e forçadas, o consumo interno e as perdas elétricas. Para usinas fotovoltaicas, utiliza-se o valor de P50 na estimativa de energia.

### Perfil de perda

A seguir, apresenta-se um perfil de perda executiva. Na Figura 8, é possível observar a geração de energia prevista para o mês (linha preta), a energia gerada real (em verde), as perdas associadas a questões de operação e manutenção (em amarelo) e os impactos na geração decorrentes de restrições na capacidade de escoamento (em cinza, indicando o curtailment).



As perdas por operação e manutenção (O&M) devem ser estratificadas de acordo com a família de equipamentos (por exemplo, inversores, strings, trackers, transformadores) e por disciplina (elétrica, automação, civil, operação). Essa abordagem permite uma análise detalhada, alimentando as rotinas de confiabilidade para a tratativa e resolução dos problemas.

### Sistema de Proteção, Controle e Supervisão

O Sistema de Proteção e Controle (SPCS) de uma subestação digital se diferencia das subestações convencionais pelo elevado poder computacional dos IEDs (Dispositivos Eletrônicos Inteligentes). Em vez das manutenções preventivas tradicionais para a aferição dos relés de proteção, adota-se o monitoramento contínuo e o autodiagnóstico dos IEDs, o que elimina a necessidade dessas práticas.

Para esquemas de proteção e controle, deve-se mapear o sinal de qualidade das mensagens e monitorá-las no sistema SCADA. Isso permite o acompanhamento online da integridade da comunicação, priorizando a gestão dos ativos e a manutenção baseada na condição dos equipamentos. Questões sistêmicas que envolvem o Registro de Distúrbios Permanentes (RDP) e Medidores de Fases de Sincronização (PMU) devem ser tratadas de forma a sinalizar imediatamente qualquer falha no equipamento para o operador, possibilitando uma rápida atuação e correção, conforme exemplificado no Capítulo 6 deste fascículo.

Por fim, o plano de manutenção preventiva da planta deve ser implementado de acordo com as recomendações e periodicidades definidas pelos fabricantes, integradas às boas práticas da engenharia de manutenção. Já as rotinas de confiabilidade são essenciais para identificar desvios, tratar as causas da raiz e garantir a disponibilidade contínua da usina.

### 4 - PRÓXIMOS ARTIGOS

O Artigo 8 encerra o fascículo "Digitalização de Subestações e Energias Renováveis". Este artigo abordará os requisitos regulatórios necessários para a obtenção do DAPR-D e fornecerá uma visão detalhada sobre como atender às solicitações do ONS após a RAP do apagão nacional ocorrido em 15/08/2023.

*\*Paulo Alberto Viana Vieira é engenheiro eletricista pela UNIFEI, mestre em Engenharia de Energia pela UNIFEI e possui pós-graduação em Sistemas Fotovoltaicos pela UFV. Ilustrações - Keli Antunes*

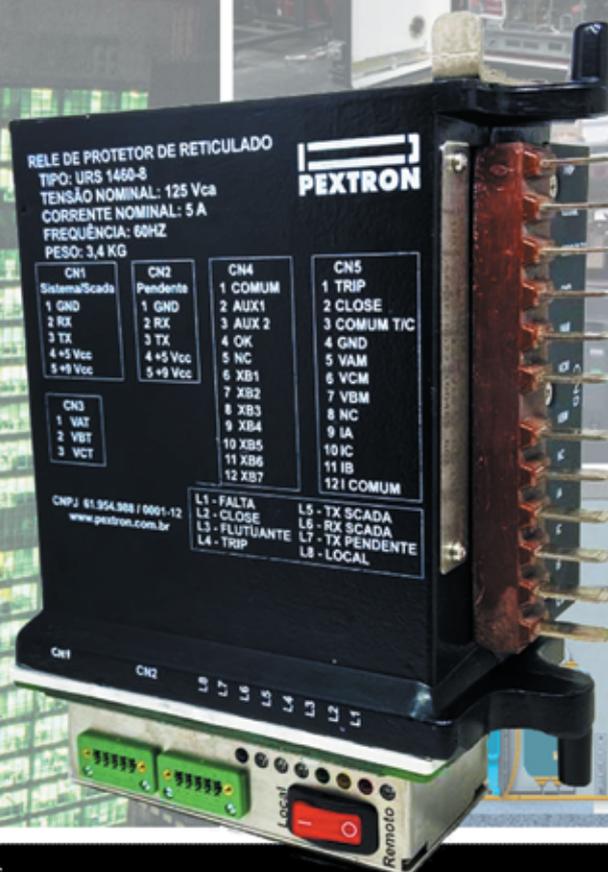
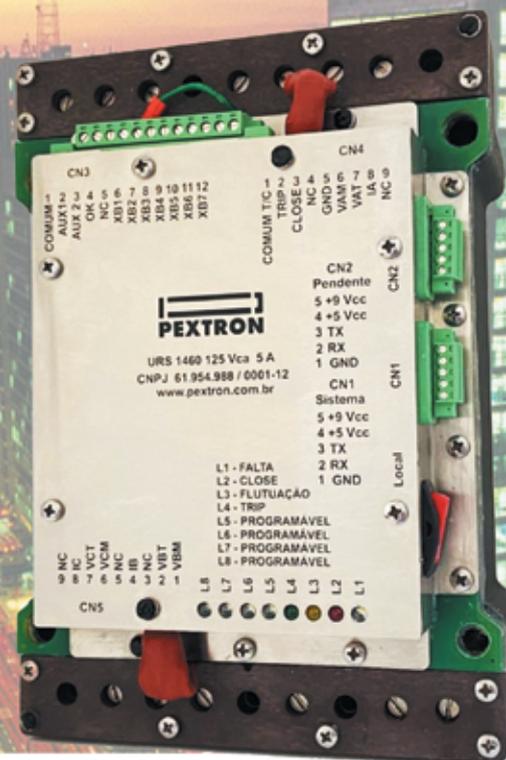


# REDES SUBTERRÂNEAS

RELÉS MULTIFUNÇÃO PARA A PROTEÇÃO DE SISTEMAS NETWORK / SPOT



Produto homologado pela CEMIG, em conjunto com os protetores EATON.

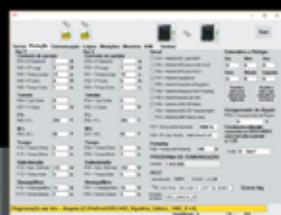


**URS 1460-22C**  
**URS 1460-52C**  
**URS 1460-MDC**

PROTETORES  
EATON /  
WESTINGHOUSE  
CM22 / CM52 / CMD

**URS 1460-8**  
PROTETOR GE MG8

## SOFTWARE APLICATIVO



PARAMETRIZAÇÃO AMIGÁVEL  
LÓGICA PROGRAMÁVEL



COMUNICAÇÃO SERIAL  
MEMÓRIA DE MASSA E REGISTRO DE EVENTOS



MONITORAMENTO  
LEITURA/GRAVAÇÃO DE PENDENTE



Funções ANSI:  
32 / 47 / 59 / 60 / 62 /  
52BF / 62BF / 95

- lógica anti-pumping
- lógica por malha morta
- lógicas programáveis



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



VENDAS: +55 (11)  
**5094-3200**



# Perdas energéticas em GTD

Um dos grandes desafios para o setor elétrico é a redução das perdas energéticas em geração, transmissão e distribuição, pois elas impactam não somente os consumidores, como toda a cadeia responsável pelo fornecimento de energia no país. A partir desta edição, teremos como mentor deste fascículo o engenheiro eletricista e professor adjunto da Universidade Federal do ABC, Joel David Melo Trujillo, que possui mestrado e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.



## Capítulo 7

### Perdas técnicas e não técnicas na comercialização de energia elétrica no Brasil

\* Por Gustavo Estevo Felix, Nicole Costa da Silva, Isabela Mendes de Oliveira, Marcelo Escobar de Oliveira e Lucas Teles Faria

#### 1 - PERDAS ELÉTRICAS NA COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA

As perdas elétricas são inerentes ao processo de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Elas representam a energia que é dissipada ou perdida ao longo dessas etapas e,

consequentemente, não chegam ao consumidor final. Na rede básica ou rede de transmissão, essas perdas são classificadas como perdas técnicas (PTs) e são calculadas pela diferença entre a energia gerada (injetada) e a energia entregue à rede de distribuição, conforme ilustrado na Figura .

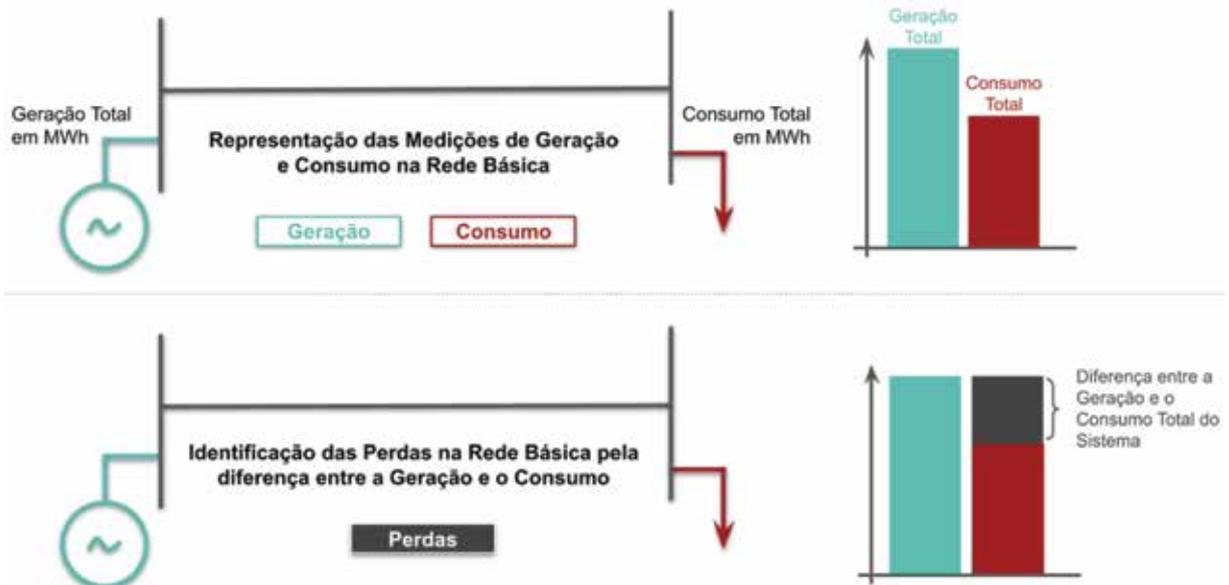


Figura 1 – Cálculo das perdas técnicas na rede de transmissão [1]

As PTs na rede de transmissão são apuradas mensalmente pela Câmara de Comercialização da Energia Elétrica (CCEE), onde seu custo anual, definido durante os processos tarifários, é rateado igualmente entre a geração e as unidades consumidoras (UCs) [2].

Por outro lado, há também as perdas na rede de distribuição, onde parte dos custos associados a elas são incorporados à fatura de energia das UCs. O custo das perdas é definido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) de acordo com as características da rede elétrica e socioeconômica da área de concessão da distribuidora de energia. As perdas na rede de distribuição são classificadas em PTs e perdas não técnicas (PNTs) ou perdas comerciais.

### 1.1 - Perdas Técnicas

As PTs ocorrem devido às propriedades físicas dos materiais que compõem a infraestrutura elétrica. Elas são inevitáveis, mas podem ser minimizadas através de melhorias na topologia e operação da rede elétrica. Seguem alguns exemplos de PTs:

- Resistência dos Condutores: quando a corrente elétrica percorre um condutor, parte da energia elétrica é transformada em calor devido à resistência elétrica do material. Esse efeito é descrito pela Lei de Joule, onde a perda de energia é proporcional ao quadrado da corrente elétrica que percorre o condutor. Cabos de transmissão e de distribuição são exemplos onde essas perdas são significativas.
- Perdas em Transformadores: transformadores são equipamentos essenciais para a alteração dos níveis de tensão na rede elétrica, permitindo que a energia seja transmitida por longas distâncias em alta tensão e com perdas elétricas reduzidas. Eles têm perdas nos enrolamentos e perdas no núcleo, devido à histerese magnética e as correntes parasitas.
- Perdas por Efeito Corona: em linhas de transmissão de alta tensão, o efeito corona ocorre quando o campo elétrico ao redor dos condutores é suficientemente forte para ionizar o ar, criando uma descarga elétrica. Esse fenômeno resulta em perdas de energia, que se manifestam na forma de radiação eletromagnética, calor e som.

Embora inevitáveis, as PTs podem ser reduzidas por meio do uso de condutores com maior área da seção transversal, materiais de menor resistividade, transformadores mais eficientes e a implementação de técnicas de gerenciamento de carga.

### 1.2 - Perdas não técnicas

As PNTs, por outro lado, não decorrem de limitações físicas do sistema elétrico, mas de fatores externos e operacionais. Essas perdas incluem:

- Fraudes e Furtos de Energia: o furto de energia ocorre quando

consumidores se conectam ilegalmente à rede elétrica. A fraude ocorre quando há manipulação indevida de medidores de energia para redução do consumo mensal em kWh.

- Erros de Medição e Faturamento: a medição incorreta do consumo de energia e erros em faturas contribuem para as PNTs. Esses erros podem ser oriundos de falhas nos medidores, erros humanos ou sistemas de medição mal calibrados.
- Deficiências na Gestão da Rede: inadequações na gestão da rede elétrica, como ausência de manutenção preventiva e o atraso na implementação de upgrades tecnológicos podem resultar em perdas adicionais de natureza não técnica.

As PNTs podem ser reduzidas com a implementação de políticas adequadas e medidas de controle, tais como: investimentos em tecnologias avançadas de medição, sistemas inteligentes de monitoramento e campanhas de conscientização. Elas ocorrem principalmente por questões sociais, comportamentais, educativas e socioeconômicas. No Brasil, a complexidade regional, o tamanho do mercado e as diferenças no desenvolvimento econômico influenciam diretamente nessas perdas [3].

A Figura 2 apresenta a variação percentual das perdas elétricas na rede elétrica das distribuidoras brasileiras a partir de 2008 até 2023. Observa-se que elas se mantiveram aproximadamente constantes nesse período.

No contexto da comercialização de energia elétrica, ambas as perdas impactam na fatura das UCs tanto no ambiente regulado, quanto no ambiente livre.



Figura 2 – Perdas totais sobre a energia injetada no sistema elétrico brasileiro [2]

### 1.3 - Estrutura do setor elétrico brasileiro

O conhecimento da estrutura organizacional do setor elétrico brasileiro e de seus agentes é essencial para compreensão do impacto das perdas elétricas na comercialização de energia.

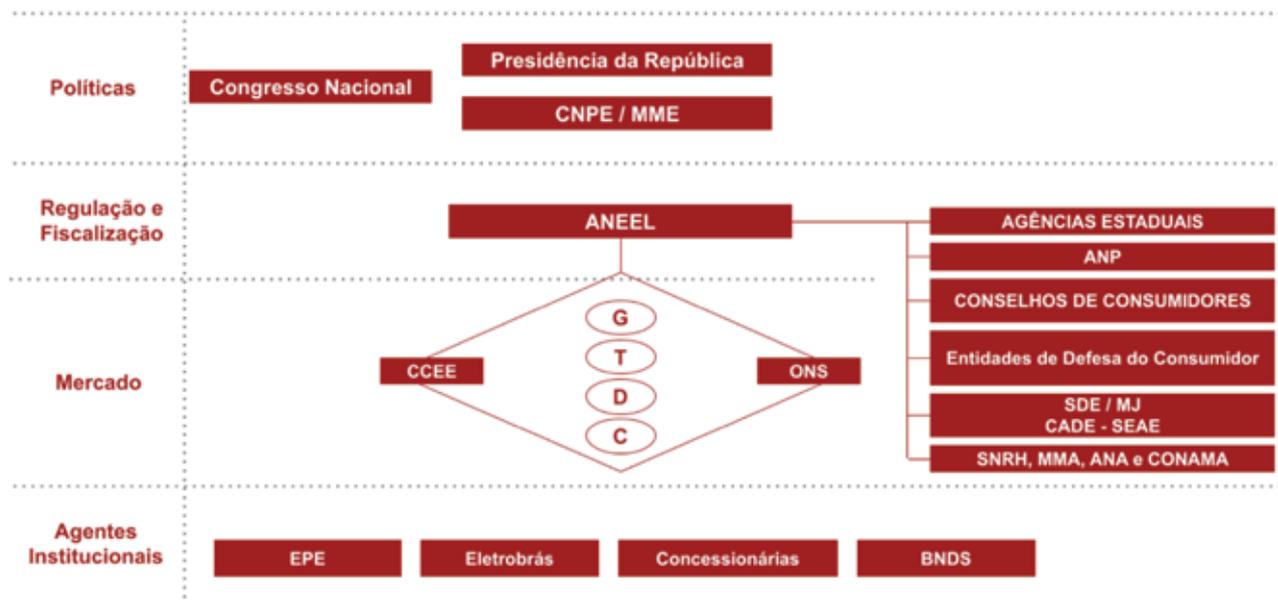


Figura 3 – Estrutura organizacional do setor elétrico brasileiro [1]

A Figura 3 apresenta os principais agentes do setor elétrico brasileiro. O Ministério de Minas e Energia (MME) é responsável pela formulação e implementação das políticas públicas do setor, definindo diretrizes para sua operação, expansão e regulação. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) atua como órgão regulador, fiscalizando e regulamentando o setor, definindo tarifas e garantindo a eficiência e a qualidade dos serviços prestados. O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) coordena e controla a operação das instalações de geração e transmissão de energia do Sistema Interligado Nacional (SIN), assegurando a continuidade e a segurança do fornecimento. Em último, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) viabiliza a comercialização de energia entre os mercados regulado e livre, gerenciando leilões, a liquidação financeira das operações de compra e venda e a medição de consumo e geração de energia. Ela operacionaliza as regras e procedimentos de comercialização de energia elétrica estabelecidos pela ANEEL.

#### 1.4 - Perdas reais versus perdas regulatórias

As perdas na rede de transmissão são apuradas mensalmente pela CCEE e rateadas igualmente entre consumidores e geradores. Elas impactam nos ajustes de medição e contabilização dos contratos de compra e venda na comercialização de energia. Em média, essas perdas representam aproximadamente 3% da energia gerada [1]. Anualmente nos ciclos de revisões tarifárias das distribuidoras define-se o percentual de perdas conforme previsto nos contratos de concessão, cujo efeito é incorporado na receita requerida (RR) da componente da parcela A (VPA), conforme (1). Enquanto, na parcela B (VPB) são embutidos os custos gerenciáveis pela distribuidora, correspondentes às atividades de operação e manutenção do uso do sistema elétrico.

$$RR=VPA+VPB \quad (1)$$

As PTs e as PNTs estão regulamentadas nos Procedimentos de Distribuição (PRODIST) e nos Procedimentos de Regulação Tarifária (PRORET), respectivamente [4], [5]. Os valores regulatórios das perdas de energia são definidos durante os processos de revisão e reajustes tarifários e elas impactam diretamente nos custos de compra de energia elétrica.

As perdas totais de energia são apuradas pela diferença entre a energia adquirida pela distribuidora e aquela efetivamente faturada junto às UCs. As PNTs são calculadas a partir da diferença entre as perdas totais e as PTs conforme ilustrado na Figura 4.

As perdas reais e as perdas regulatórias são conceitos fundamentais na gestão do sistema elétrico e na composição tarifária. As perdas reais são aquelas que efetivamente ocorrem no sistema de transmissão e distribuição de energia. Elas incluem as PTs e as PNTs. Por outro lado, as perdas regulatórias são calculadas pelos órgãos reguladores, como a ANEEL. Essas perdas são embutidas nas tarifas de energia e repassadas às UCs.

As perdas regulatórias refletem o que o órgão regulador considera razoável e eficiente para uma distribuidora de energia. Se as perdas reais superarem as perdas regulatórias reconhecidas, a distribuidora não poderá repassar totalmente os custos adicionais aos consumidores, o que afetará sua rentabilidade. Por outro lado, se as perdas reais forem inferiores às perdas regulatórias, a distribuidora poderá auferir ganhos financeiros ao cobrar um valor superior ao necessário para cobrir as perdas reais.

Esse equilíbrio entre perdas reais e regulatórias é crucial para a sustentabilidade financeira das distribuidoras e para a formulação de tarifas justas que protejam os consumidores de custos excessivos enquanto incentivam a eficiência no sistema elétrico para redução das perdas.

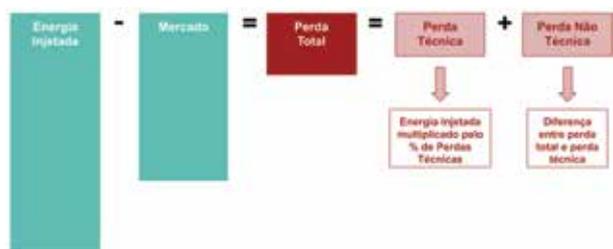


Figura 4 – Perdas técnicas e não técnicas na rede de distribuição [2]

Nesse sentido, a Figura 5 mostra as PTs e as PNTs reais e regulatórias nas regiões do Brasil. Observa-se que as PNTs regulatórias correspondem a uma parcela das PNTs reais e são aquelas que efetivamente impactam na fatura de energia das UCs.



Figura 5 – Influência do regionalismo na composição das perdas no sistema elétrico [2]

### 1.5 - Mercado cativo versus mercado livre

No setor elétrico, alguns consumidores podem escolher entre o mercado regulado (cativo) ou o mercado livre. O mercado regulado é o modelo tradicional, onde os consumidores compram energia diretamente das distribuidoras locais e as tarifas são fixadas pelas ANEEL.

Em contraposição, o mercado livre é um ambiente de contratação em que os consumidores podem escolher diretamente seu fornecedor de energia elétrica, negociar preços, condições comerciais, resultando em contratos bilaterais. Entretanto, há um pré-requisito onde o consumidor deve estar enquadrado no Grupo A.

As perdas elétricas influenciam na formação de preços das tarifas de uso do sistema de distribuição (TUSD) e na tarifa de energia (TE) e refletem de maneiras distintas nesses mercados. No mercado regulado, as tarifas são calculadas com base em uma combinação de custos operacionais, investimentos em infraestrutura e perdas elétricas. Por outro lado, no mercado livre, o consumidor substitui a parcela da tarifa de energia (TE) que pagaria à distribuidora por um contrato diretamente com um fornecedor de energia, onde os preços são determinados pela dinâmica da oferta e demanda.

Desse modo, no mercado livre, os consumidores têm maior controle sobre as condições contratuais e podem negociar diretamente com os fornecedores de energia. Assim, o impacto das perdas é tratado de forma diferenciada, permitindo que grandes



## Painéis Elétricos de média e baixa tensão

Os Painéis Elétricos Actemium combinam qualidade e segurança, oferecendo a solução ideal para o seu projeto.

- Capacidade produtiva de 3.500 painéis por ano
- Produto customizado para os nossos clientes
- Capacidade de até 2.000 m<sup>2</sup> de eletrocentro
- Dimensões reduzidas, fácil acesso e manutenção
- Produção verticalizada, qualidade e robustez



Gostou? Entre em contato conosco

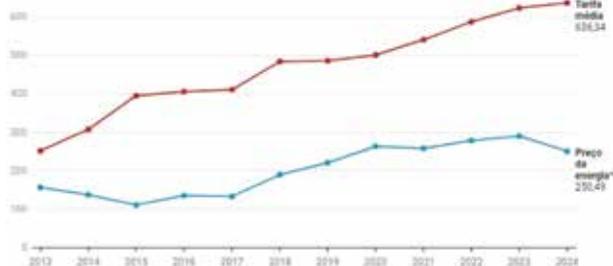
Fale com um especialista em [brasil@actemium.com](mailto:brasil@actemium.com)

consumidores otimizem seus custos de energia ao escolherem fornecedores e estratégias que melhor se adequem ao seu perfil de consumo. Nesse mercado, as PTs são frequentemente gerenciadas por meio de contratos bilaterais onde os consumidores podem negociar condições que excluem o impacto das perdas. Esses consumidores também podem instalar sistemas de geração distribuída que reduzem a dependência da rede e, conseqüentemente, as perdas associadas ao transporte de energia.

Por outro lado, no mercado cativo, as perdas elétricas são incorporadas diretamente às tarifas reguladas pela ANEEL. As distribuidoras devem submeter seus custos, incluindo as perdas, para a revisão tarifária. Essas perdas, uma vez reconhecidas pela ANEEL, são repassadas integralmente aos consumidores através das tarifas.

Adicionalmente, as PNTs também impactam nas tarifas. Em regiões onde o furto de energia é prevalente, a distribuidora pode solicitar um reajuste tarifário para cobrir as perdas associadas a esse comportamento ilícito. Esse ajuste, embora legalmente permitido, transfere o custo das ações ilegais de alguns consumidores para todos as UCs regulares do mercado cativo.

Nesse contexto, a Figura 6 apresenta a tarifa média e o preço da energia ao longo de anos, no Brasil. Observa-se que a tarifa média para o consumidor final (R\$636,34/MWh) é 254% superior ao valor negociado nos leilões do mercado livre no ambiente de contratação regulada (ACR) – R\$250,49/MWh.



\*Valor de energia livre negociada no Ambiente de Contratação Regulada (ACR)

**Figura 6 – Preço da energia versus tarifa média para o consumidor final [6]**

## 2 - ANÁLISE DE VIABILIDADE ENTRE OS AMBIENTES REGULADO E LIVRE

Neste estudo realiza-se uma análise da viabilidade econômica entre os ambientes regulado e livre a partir de dados públicos de duas distribuidoras brasileiras cujas identidades são omitidas. Importante enfatizar que foram utilizadas somente informações públicas e que este estudo não visa avaliar a qualidade das empresas. Pretende-se apenas apresentar uma comparação entre duas distribuidoras de grande porte somente para fins didáticos.

A Distribuidora A abrange uma área de concessão com 62 municípios da região norte do Brasil. Por outro lado, a Distribuidora B é responsável pela distribuição de energia de 24 municípios da região sudeste. Conforme Figura 5, as regiões norte e sudeste têm perdas totais de 30,3% e 12,6%, respectivamente.

As Figuras 7 e 8 apresentam, respectivamente, a evolução nos custos das PTs e PNTs a partir de 2019 até 2024 para as distribuidoras A e B. Conforme Figura 7, a média analisada para o período foi um aumento das PTs de 35,4% e 26,6% para as distribuidoras A e B, respectivamente. A elevação das PTs pode estar associada a aquisições de novos equipamentos elétricos para a rede de distribuição. Por outro lado, a Figura 8 apresenta uma disparidade entre as distribuidoras avaliadas. Após o ano de 2021, as PNTs apresentaram um aumento médio de 11,3% e 6,9% para as distribuidoras A e B, respectivamente.



**Figura 7 – Evolução no custo das perdas técnicas**



**Figura 8 – Evolução no custo das perdas não técnicas**

A fim de avaliar a influência das perdas na comercialização da energia, realizou-se um estudo da migração do mercado regulado ou cativo para o mercado livre de energia em uma UC com o mesmo perfil de consumo, apresentado na Tabela 1. Na Tabela 2 são apresentadas as informações tarifárias das distribuidoras analisadas.

**Tabela 1 – Perfil do consumidor analisado**

Parâmetros	Valores
Modalidade e Tarifa Horo-Sazonal (THS)	A4 – Verde
Demanda Contratada	150 kW
Consumo Ponta (média anual)	2,18 MWh
Consumo Fora Ponta (média anual)	23,65 MWh

**Tabela 2 – Informações tarifárias das distribuidoras A e B. Fonte: [7], [8]**

Parâmetros	Distribuidora A	Distribuidora B
Demanda (R\$/kW)	24,15	17,05
TUSD* Ponta (R\$/MWh)	1.225,93	791,65
TUSD* Fora Ponta (R\$/MWh)	143,78	91,84
Tarifa Energia Ponta (R\$/MWh)	567,52	386,42
Tarifa Energia Fora Ponta (R\$/MWh)	369,80	250,18
Valor Mercado Cativo (R\$)	19.678,38	13.909,96

\* TUSD: Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

# TEMOS A SOLUÇÃO COMPLETA PARA A SUA INSTALAÇÃO

**GRUPO**  
**GIMI**  
SOLUÇÕES EM ENERGIA DESDE 1971



**CUBÍCULO BLINDADO MODULAR  
CLASSE 17,5kV/16kA**

**LINHA NEW PICCOLO®**



**PAINÉIS DE DISTRIBUIÇÃO DE  
BAIXA TENSÃO CLASSE 750/1000V**

**LINHA NOTTABILE®**



**SOLUÇÃO PARA USINAS  
FOTOVOLTAICAS**

**SKID ECOSOLAR GIR®**



**CABINES PRIMÁRIAS  
PADRÃO CONCESSIONÁRIA**

**HOMOLOGADAS POR TODO  
O BRASIL, NAS TENSÕES 15kV,  
24kV E 36kV.**



**CUBÍCULO BLINDADO MODULAR  
COM ISOLAÇÃO MISTA EM SF6  
ATÉ 36kV**

**LINHA MICROCOMPACT®**



**BARRAMENTO BLINDADO  
DE BAIXA E MÉDIA TENSÃO**

**LINHA BX-E® | BX-MT®**

+55 (11) 4752-9900

vendas@gimi.com.br

grupogimi.com.br

GRUPO GIMI

PARA MAIS  
INFORMAÇÕES



A distinção tarifária entre as distribuidoras A e B é oriunda da área de concessão e de questões socioeconômicas como políticas e nível de governança interna. Esses fatores impactam as perdas de energia, que, por sua vez, aumentam os custos operacionais das distribuidoras. Como resultado, os custos adicionais são refletidos nas tarifas de energia pagas pelos consumidores. Assim, a variação nas tarifas entre diferentes regiões pode ser atribuída às diferenças na eficiência e nos desafios operacionais enfrentados pelas empresas de energia em cada área.

Nesse sentido, a migração para o mercado livre de energia é uma alternativa para redução de custos relacionados à fatura de energia, resultando em preços de energia mais competitivos em comparação às distribuidoras presentes no mercado cativo. Ademais, há uma redução significativa nos custos de distribuição pelo incentivo às fontes renováveis de energia.

A Figura 9 apresenta o resultado da migração de um consumidor do mercado cativo para o mercado livre. Projeta-se a economia auferida em comparação às tarifas das distribuidoras A e B desde 2025 até 2028. O consumidor 1, localizado na área de concessão da distribuidora A, obtém maior economia em R\$/MWh em comparação ao consumidor 2, o qual está alocado na área de concessão da distribuidora B. Isso é devido parcialmente às perdas elétricas que influem na tarifa para o mercado cativo cujo valor é aproximadamente 41,5% superior para a distribuidora A em relação à distribuidora B, conforme dados da Tabela 2.



**Figura 9 – Economia auferida em R\$/MWh com a migração para o mercado livre**

### 3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foram apresentados os impactos das perdas elétricas na comercialização da energia elétrica. A maioria dos consumidores regulares pertencentes ao mercado cativo e alocados na área de concessão de distribuidoras com perdas elevadas são penalizados com faturas de energia onerosas.

De forma similar, os consumidores pertencentes ao mercado livre são igualmente penalizados. Por outro lado, esses consumidores obtêm preços mais competitivos ao adquirir energia diretamente dos geradores; desse modo, eles se beneficiam de tarifas mais baixas e de uma redução significativa nos custos de distribuição. Esse benefício é alcançado principalmente pelo incentivo ao uso de fontes renováveis.

Nesse sentido, parte dos consumidores do mercado cativo

migrarão para o mercado livre a partir de 2026, onde está prevista a abertura do mercado de energia no Brasil. A migração de mais consumidores para o mercado livre possibilitará condições mais favoráveis, especialmente em relação à mitigação das perdas. No entanto, cabe ressaltar que a eficiência das distribuidoras na prevenção e combate às perdas elétricas será crucial para manter a competitividade e atratividade do mercado livre de energia elétrica.

### REFERÊNCIAS

- [1] Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), "Regras de Comercialização," 2022. [Online]. Disponível em: <<https://www.ccee.org.br>>.
- [2] Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), "Relatório Perdas de Energia Elétrica na Distribuição, Edição 2024," Brasília, 2024.
- [3] L. Ventura, G. E. Felix, R. Vargas, L. T. Faria, J. D. Melo, "Estimation of Non-Technical Loss Rates by Regions," *Electric Power Systems Research*, v. 223, p. 109685, 2023.
- [4] Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), "Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) - Módulo 7," 2024.
- [5] Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), "Módulo 2: Revisão Tarifária Periódica das Concessionárias de Distribuição" [Online]. Disponível em: <[https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren20221003\\_Proret\\_Submod\\_2.1\\_V\\_2\\_3C.pdf](https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren20221003_Proret_Submod_2.1_V_2_3C.pdf)>.
- [6] "Por que o Brasil tem energia barata e conta de luz cara? Veja gráficos e entenda o paradoxo," [Online]. Disponível em: <<https://www.info4.com.br>>.
- [7] Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), "Resolução Homologatória Nº 3.333" [Online]. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20243333ti.pdf>>.
- [8] Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), "Resolução Homologatória Nº 3.339" [Online]. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20243339ti.pdf>>.

### BIOGRAFIA DOS AUTORES

1. Gustavo Estevo Felix é Engenheiro de Energia pela FEC, UNESP. Atualmente é Analista de Comercialização de Energia na América Energia SA.
2. Nicole Costa da Silva é Engenheira de Energia pela FEC, UNESP. Atualmente é Executiva de Novos Negócios na COMERC.
3. Isabela Mendes de Oliveira é graduanda em Engenharia de Energia pela FEC, UNESP.
4. Marcelo Escobar de Oliveira é doutor em Engenharia Elétrica pela FEIS, UNESP. Atualmente é professor do Instituto Federal de Goiás (IFG), Câmpus de Itumbiara, Goiás.
5. Lucas Teles Faria é doutor em Engenharia Elétrica pela FEIS, UNESP. Atualmente é professor na UNESP, Câmpus de Rosana, São Paulo.

# Condumax.

Para quem exige **MAIS**  
do seu **projeto solar.**

O PRIMEIRO CABO  
CERTIFICADO NO BRASIL

Da geração distribuída à centralizada, a **Condumax** fornece a **solução ideal para a condução de energia fotovoltaica**, abrangendo desde o módulo solar até a subestação. **Pioneira no lançamento do cabo solar no Brasil**, desde então, tem atendido uma ampla gama de clientes em toda a cadeia produtiva, incluindo integradores, EPCistas, indústrias e instaladores de soluções fotovoltaicas.

Opte por qualidade e tecnologia que resistem a:

- Grandes oscilações de energia
- Radiação UV
- Alta e baixa temperatura
- Soluções ácidas e alcalinas

## Linha completa para sistemas fotovoltaicos



SOLARMAX



MAXLINK AL UV OU  
SAFETYMAX AL UV



MAXLINK AL UV OU  
SAFETYMAX AL UV



MAXLINK MV



CABO DE ALUMÍNIO  
NU CA E CAA



Baixe o nosso  
catálogo e solicite  
uma demonstração  
técnica.

0800 701 3701  
[www.condumax.com.br](http://www.condumax.com.br)

**Condumax**  
FIOS E CABOS ELÉTRICOS

# Confira insights e curiosidades sobre o processo de atualização das normas NR 10, NBR 14039 e NBR 5410



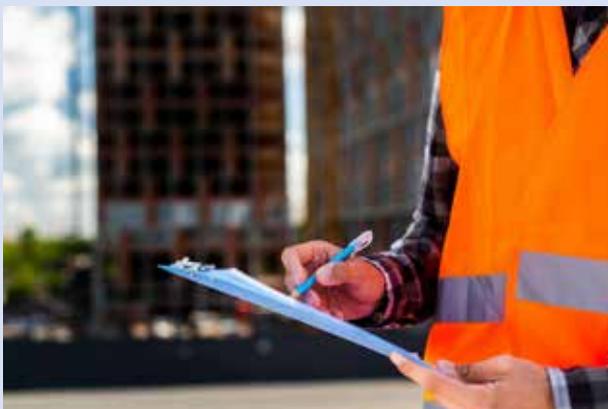
## NR 10

SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE | Por Aguinaldo Bizzo



### INSTALAÇÕES ELÉTRICAS TEMPORÁRIAS: O QUE ESPERAR DA CONSULTA PÚBLICA Nº 1/2020?

Conforme texto colocado em consulta pública em 2020, vide Aviso da Consulta Pública nº 1/2020, no processo de revisão da Norma Regulamentadora nº 10 (Norma Regulamentadora de Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade), é descrito no item que se refere ao Campo de Aplicação, a seguinte redação: esta NR se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo das diversas fontes de energia elétrica, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação e manutenção de instalações elétricas de baixa, média e/ou alta tensão, em corrente alternada e/ou contínua, de caráter permanente ou temporário.



Considerando o disposto no texto vigente, ocorrerão mudanças significativas?

Sim! Ocorrerão mudanças estruturais, especialmente no que se refere a "instalações elétricas temporárias", ou seja, basicamente a proposta equipara instalações elétricas permanentes ou temporárias.

Essa abrangência é fundamental, considerando a realidade existente quanto à precariedade de instalações elétricas temporárias, que devido essa condição, não seguem padrões construtivos estabelecidos em normas técnicas. Assim, independente do 'tempo de vida' da instalação elétrica, essa deverá ser projetada, construída e mantida de forma adequada, por profissional habilitado, considerando as premissas estabelecidas em normas técnicas aplicáveis, garantindo a segurança das pessoas expostas ao "agente de risco (perigo)" da eletricidade.

Também deve ser ressaltada a abrangência para as diversas fontes de energia elétrica. As novas formas de geração de energia elétrica estão contempladas, como eólicas e solar, onde novos processos de trabalho exigem avaliações específicas e adequadas quanto ao gerenciamento de perigos e riscos elétricos intrínsecos a essas modalidades de geração, especialmente, no que diz respeito ao choque elétrico, arco elétrico e perigos externos (riscos adicionais).



**INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO** | Por Paulo Barreto



## IDENTIFICAÇÃO DOS CONDUTORES

De forma genérica, a NBR 5410 estabelece que os componentes de uma instalação elétrica devem ser identificados pela sua finalidade (a menos que não haja possibilidade de confusão). Isso deve ocorrer para dispositivos de proteção, manobra, comando, condutos, condutores entre outros.

Para o caso específico dos condutores, o item 6.1.5.3 da NBR 5410 estabelece que eles devem ser identificados pela sua função. Por exemplo: função fase; função neutro; e função proteção. Essa identificação pode ser feita pela cor da isolação ou da cobertura, ou por outro meio claramente indicado na instalação.

Com o passar do tempo, algumas dúvidas sobre a aplicação desse requisito foram surgindo, em função de peculiaridades das instalações e de necessidades específicas, principalmente no caso de reformas, tais como:

- Em quais locais essa identificação deve ser feita?
- Em caso de se utilizar fita, qual seria a cor da fita?
- Qual seria a cor para o caso de condutores das ligações equipotenciais principal e suplementar?
- Pode-se ter mais de um critério de identificação em uma mesma instalação?

Essas perguntas foram devidamente respondidas no projeto de revisão da norma que se encontra na fase de análise dos votos pela comissão de estudos, conforme segue:

1 – Assim como já era previsto em 6.1.5.3.3 para o caso do condutor PEN, para o qual a identificação pela cor azul-clara, com anilhas verde-amarelo, deve ser feita nos pontos visíveis ou acessíveis, assim também ficará determinado para todos os demais casos. Ou seja, se a opção pela identificação da função for feita por outro meio que não a cor da isolação (ou cobertura), essa identificação deverá ocorrer em todos os pontos visíveis ou acessíveis dos condutores, tais como, caixas de passagem ou derivação, e não apenas nos quadros de distribuição como costuma ocorrer.

2 – Para o caso de identificação por fita, nada melhor do que utilizar o mesmo tipo de cor que seria utilizada para a isolação. Ou seja, no caso do condutor neutro, a fita deverá ser na cor azul-clara.

3 – A norma define cor para o caso de condutor de proteção, mas é omissa para o caso de condutor de equipotencialização e para condutor de aterramento. Nesses casos, o projeto de revisão fixou a mesma cor (verde-amarela ou verde) para todas essas funções, já que, no fundo, trata-se de funções semelhantes e que visam a equipotencialização.

4 – E por fim, uma mesma instalação ou parte de instalação poderá ter mais de um meio de identificação de condutores (por exemplo cores, anilhas, fitas etc.), desde que sejam devidamente indicados quais foram os meios utilizados e a correspondente descrição da codificação utilizada.





**INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE MÉDIA TENSÃO | Por Marcos Rogério**



**TESTES FINAIS EM INSTALAÇÕES DE MÉDIA TENSÃO**

Quando a construção ou a modificação de uma instalação elétrica em MT é concluída, após uma inspeção visual, onde itens como conformidade com requisitos de segurança, medição de distâncias relativas à proteção contra os choques elétricos, verificação da presença de dispositivos de seccionamento e comandos, e identificação dos condutores neutro e de proteção entre outros procedimentos prescritos na ABNT NBR 14039 são concluídos, é importante proceder um teste da instalação.

Este procedimento deve englobar os seguintes itens:

- a) Continuidade elétrica dos condutores de proteção e das ligações equipotenciais principais e suplementares;
- b) Resistência de isolamento da instalação elétrica;
- c) Teste de tensão aplicada;
- d) Teste para determinação da resistência de aterramento conforme prescrito na ABNT NBR 15749;
- e) Testes de funcionamento.

Como regra geral, os testes devem ser realizados com valores compatíveis aos valores nominais dos equipamentos utilizados e com o valor nominal de tensão da instalação.

Neste texto, gostaria de chamar a atenção do leitor para os testes de funcionamento que devem ser aplicados. Montagens como cubículos de MT, quadros elétricos, acionamentos, controles, intertravamentos, comandos e sistemas com relés de proteção etc, devem ser submetidas a um teste de funcionamento para verificar se o conjunto está corretamente instalado e se os relés estão devidamente parametrizados, em conformidade com a filosofia de operação do projeto.

Como os relés de proteção digitais atuais são fabricados para utilização das mais diversas formas e condições de operação, a cada novo projeto, devem ser avaliados os comportamentos esperados e as funcionalidades de todas as interfaces (entradas e saídas digitais físicas e virtuais, lógicas de operação, intertravamentos e comunicação) com os equipamentos da instalação.

As principais verificações durante o comissionamento do sistema de proteção são:

- a) verificação da relação de transformação e da polaridade dos transformadores de corrente (TC) e dos transformadores de potencial (TP);
- b) verificação da fiação desde os transformadores auxiliares para aquisição das grandezas elétricas como corrente e tensão até o(s) relé(s) de proteção;
- c) confirmação da existência e funcionalidade de bornes de teste no circuito de alimentação de corrente e tensão para o(s) relé(s) de proteção;

- d) inserção no primário do TC, no mínimo de uma corrente no valor de 10% da corrente nominal a fim de comprovar a correta conexão para detecção da corrente residual;
- e) verificação do planejamento e da implementação das entradas e das saídas digitais do(s) relé(s) de proteção;
- f) verificação do sistema de alimentação auxiliar;
- g) constatação da existência de sistema ininterrupto de energia para garantir a alimentação auxiliar do(s) relé(s) de proteção com capacidade para energização por duas horas;
- h) verificação da existência de um sistema capaz de disparar a bobina de desligamento do disjuntor;
- i) verificação da existência de sinalização de defeito no(s) relé(s) de proteção pela função autocheck e de baixa tensão da alimentação auxiliar. Ambas as condições devem causar o desligamento do disjuntor;
- j) verificação da existência de registro por oscilografia no(s) relé(s) de proteção e sua ativação quando prevista no estudo de seletividade;
- k) parametrização dos ajustes das funções de proteção e seus tempos de atuação conforme especificados no estudo de proteção de curto-circuito e seletividade.

É importante notar que, após a realização dos testes, um relatório deve ser elaborado pelo profissional responsável pelo procedimento. Este relatório deve conter pelo menos:

- a) descrição de quais equipamentos e instrumentos foram utilizados no comissionamento, registrando fabricante, tipo, modelo e data de aferição;
- b) detalhamento do sistema de alimentação auxiliar e registro das medidas obtidas para o(s) relé(s) de proteção;
- c) relação dos testes realizados, tanto para correntes de cada fase (função 51/50) como para a corrente de neutro (função 51N/50N), anexando os arquivos de ajustes, tempo de atuação, informes de falta e de eventos gerados pelo(s) relé(s) de proteção.
- d) informar os ajustes dos relés de subtensão, sequência de fase e de sobretensão (funções 27, 47 e 59) na entrada de energia;
- e) no caso de instalações de paralelismo (momentâneo ou permanente) de geração particular com a rede de distribuição, registrar os valores obtidos nos testes para as funções ANSI 27, 59, 81, 67, 67N 59N, 32 e 78.

É importante que, nessa memória dos testes, conste nome do profissional responsável pelo teste, número do registro no conselho de classe, data de realização do teste e assinatura.

Lembre-se sempre que, uma instalação adequadamente projetada, corretamente construída, com emprego de componentes de qualidade e certificados, e testada conforme as normas técnicas, será sempre a segurança para os operadores, para o proprietário e para toda a sociedade.

# TRANSFORMANDO ENERGIA EM **DESENVOLVIMENTO.**



## TRANSFORMADORES DE FORÇA A ÓLEO

Transformadores nas potências de até  
50.000kVA nas classes de tensão até 145kV,  
com frequência de 50Hz ou 60Hz.



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

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



# Melhoria no serviço e resiliência da rede elétrica: distribuidoras projetam investimentos da ordem de R\$ 130 bilhões até 2027

Na linha de frente do setor elétrico, o segmento de distribuição atua para atender às novas tendências e desafios

**A**utomação e manutenção da rede, medição inteligente, digitalização e outras tecnologias para otimizar o serviço estão no foco das distribuidoras de energia, que projetam investimentos de R\$ 130 bilhões em inovação entre 2024 e 2027. O presidente da Associação Brasileira de Distribuidores de Energia (Abradee), Marcos Madureira, explica que os aportes terão atenção especial aos eventos climáticos extremos. Ele reforça que esses fenômenos são incontroláveis, mas pondera: “nós estamos investindo para melhorar a nossa capacidade, a nossa resiliência e a nossa forma de atuar, para que o impacto seja cada vez menor para os consumidores”.

O gerente de Planejamento e Inteligência de Mercado da Abradee, Lindemberg Reis, explica que há quatro frentes principais para modernização e inovação no sistema: automação, digitalização, interface com o consumidor e gestão de redes. Essas tecnologias permitem retomar o serviço e reduzir danos em caso de quedas no fornecimento, usar sensores que facilitam a operação, ajudam no atendimento ao consumidor e até gerenciam a rede para suportar o crescimento da geração distribuída.

## DESAFIOS

Lindemberg Reis considera que os eventos climáticos extremos trouxeram uma nova realidade ao setor elétrico e aos serviços públicos em geral, pois impactam fortemente essas atividades. Por isso, grande parte dos investimentos projetados nos próximos anos será para resiliência da rede.

“A gente está entendendo que os investimentos futuros vão ser majorados por essa necessidade de trazer maior resiliência da rede. Tanto é que a gente tem cerca de R\$ 36 bilhões de investimentos prospectados, enquanto a média histórica estava em torno de R\$ 30 bilhões”, explica.

## HISTÓRICO

Em 2023, o investimento do segmento de distribuição de



energia foi de R\$ 31 bilhões. Desse total, mais de R\$ 19,8 bilhões foram para expansão do sistema, trazendo a conexão de novos usuários e ampliando subestações. Outros R\$ 7,5 bilhões foram para trazer maior confiabilidade ao serviço de distribuição. Cerca de R\$ 4 bilhões foram para renovação de ativos.

## EXPERIMENTOS TARIFÁRIOS

Está em andamento o projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) Governança de Sandboxes Tarifários, coordenado por Lindemberg Reis, que permite às distribuidoras testarem novos formatos tarifários em ambiente monitorado pela agência reguladora. O P&D está com duas chamadas em curso, com diversas propostas inovadoras para o mercado de baixa tensão. Para Lindemberg, sandboxes regulatórios são relevantes para que as empresas possam colocar ideias em prática e verificar o funcionamento de forma segura, para evitar problemas para o consumidor.

No entanto, Reis aponta possíveis aprimoramentos para incentivar o investimento. A flexibilização de regras para aplicação de penalidades é um exemplo, já que existe um ambiente regulatório experimental. “São investimentos programados para melhorar a rede e, portanto, não poderiam ser penalizados”, lembra.



## **COBREFLEX,** ALTÍSSIMA QUALIDADE PRESENTE NAS GRANDES OBRAS.

Desde o início fomos movidos pelo dever de fabricar produtos de alta qualidade e seguir os princípios do conceito ESG. Temos um projeto eficiente de gestão de matéria-prima e uma gestão sustentável de resíduos, além de nossa política de inclusão e respeito pelas diferenças.



CONDUTORES ELÉTRICOS

# **Cobreflex**

ENERGIA BOA PASSA POR AQUI

# Resistência de aterramento da base de uma torre de aerogerador inferior a $10 \Omega$ é garantia de aterramento eficiente?



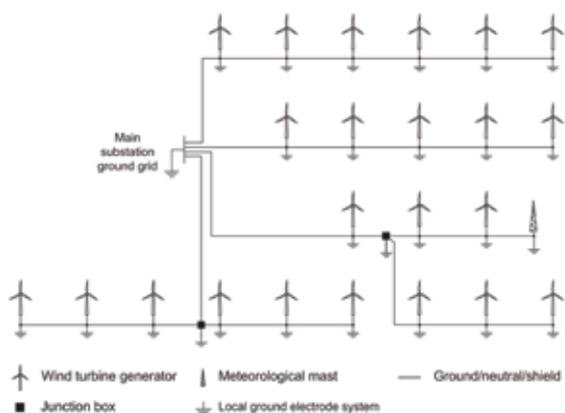
*\*Paulo Edmundo Freire da Fonseca é engenheiro eletricitista e Mestre em Sistemas de Potência (PUC-RJ). Doutor em Geociências (Unicamp), membro do Cigre e do Cobei e também atua como diretor na Paio Engenharia.*

*\*Wagner Costa é engenheiro eletricitista, com especialização em Gestão da Manutenção pela UFPE e mestrando em Engenharia Elétrica pela Unicamp.*

**É** frequente a exigência da resistência máxima de aterramento de torres de aerogeradores de  $10 \Omega$ , o que nem sempre é possível, tomando uma base individualmente. Vamos examinar nesta matéria se esta recomendação é realmente necessária.

A recém-publicada (06/2024) norma ABNT NBR 17176-1 - Sistema de aterramento de plantas de geração de energia renovável - Parte 1: Parques eólicos, assim como as normas internacionais IEEE - 2760/2020 e IEC 61400-24/2019, não fazem nenhuma exigência sobre um valor máximo de resistência de aterramento.

Os aterramentos das torres de aerogeradores devem ser interligados entre si por meio dos cabos para-raios das linhas de média tensão (RMT, geralmente em 34,5 kV) ou, como é feito em alguns casos, em grupos de torres próximas (clusters). A Figura 1 apresenta a interligação via cabo para-raios da RMT.



**Figura 1: interligação entre aerogeradores via cabo para-raios da rede de média tensão 34,5kV [fonte IEEE Guide for Wind Power Plant Grounding System Design for Personnel Safety]**

Em baixas frequências, como ocorre em uma falta para a terra no cubículo de média tensão de um aerogerador, uma resistência de aterramento abaixo de  $10 \Omega$  não garante que as tensões de toque e passo estarão controladas, assim como não garante que as sobretensões associadas a uma descarga atmosférica na pá do aerogerador não vão comprometer a integridade de nenhum dos seus componentes.

A Figura 2 apresenta o esquema de uma base de uma torre de aerogerador, com o respectivo aterramento. O valor de resistência de aterramento vai variar com a resistividade do solo do local - por exemplo, em um solo uniforme de  $1.000 \Omega.m$  a resistência será de  $18,3 \Omega$ , porém, se a resistividade do solo duplicar ( $2.000 \Omega.m$ ), a resistência de aterramento também duplica para  $36,6 \Omega$ . No caso de interligação entre os de aterramento de quatro torres com um solo uniforme de  $1.000 \Omega.m$ , como apresentado na Figura 3, a resistência individual de cada torre será de  $18,3 \Omega$ , porém, a impedância de aterramento do sistema de aterramento interligado será de apenas  $2,9 \Omega$ .

Cabe observar que as descargas atmosféricas não enxergam uma resistência de aterramento, e sim a impedância impulsiva, dada pela relação entre os valores de pico de tensão e corrente na base da torre. Esta impedância é afetada não somente pelos parâmetros e geometria dos condutores do sistema de aterramento, mas também pela necessária correção dos parâmetros do solo com a frequência.

Na Figura 4 são apresentados os GPR (do inglês Ground Potential Rise) nas quatro bases das torres dos aerogeradores, onde se observa que há uma distribuição das parcelas da corrente da descarga entre os aterramentos dos aerogeradores,

que resulta na redução do valor de pico da tensão na base das torres. Nos casos em que se considera a dependência dos parâmetros do solo com a frequência, verifica-se uma redução do GPR (linhas tracejadas, na Figura 4). Os estudos de coordenação de isolamento tipicamente realizados, não levam em consideração esta correção, resultando, conseqüentemente, em uma análise mais conservativa.

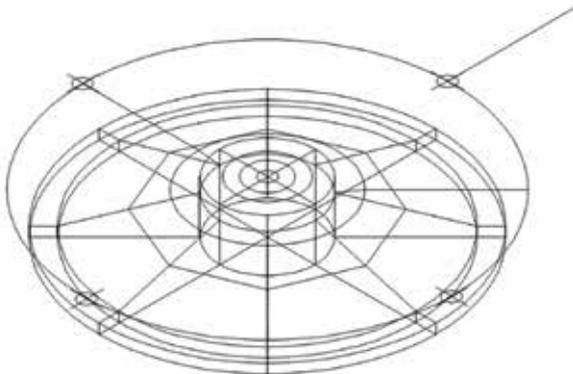


Figura 2: modelo de armadura da base de um aerogerador com os anéis de aterramento e saída do condutor de interligação com o aterramento da RMT [fonte: Autor]



Figura 3: quatro bases de aerogeradores espaçadas 250 metros e interligadas entre si [fonte: Autor]

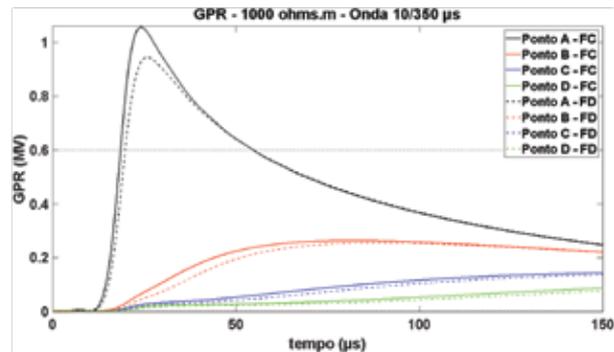


Figura 4: GPR nas quatro bases de torres interligadas, onde FC identifica os casos em que não foi feita a correção dos parâmetros do solo com a frequência, e FD os casos em que esta correção foi feita [fonte: Autor]

## 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.



# SEGURANÇA NO TRABALHO NO SETOR ELÉTRICO: COMO CONCILIAR AVANÇOS TECNOLÓGICOS COM PRÁTICAS SEGURAS E EFICAZES

Atentas às constantes atualizações nas normas que tratam sobre o tema, empresas do segmento elétrico estão reforçando procedimentos para garantir integridade dos colaboradores em campo



Diante do aumento da complexidade das instalações elétricas, impulsionado por inovações tecnológicas e o crescimento da demanda por eletricidade, a segurança no trabalho para os profissionais do setor tornou-se uma prioridade crescente nas empresas do segmento. Atentas às constantes atualizações das normas que tratam do tema, as companhias estão cada vez mais preocupadas com a segurança e integridade dos seus colaboradores, principalmente daqueles que atuam em áreas de alta complexidade e de maior risco de exposição a acidentes envolvendo eletricidade.

Além da realização de treinamentos contínuos, elaboração de manuais de segurança e de planos de comunicação para difusão dessas regras e procedimentos de segurança, as grandes empresas do setor, em especial do ramo de distribuição, vêm adotando práticas inovadoras, como por exemplo, o monitoramento integral dos profissionais de campo por meio de câmeras corporais e outros dispositivos eletrônicos, que oferecem meios de prevenção a acidentes de trabalho envolvendo esses profissionais.

"Estamos implementando um sistema de monitoramento que inclui câmeras 24 horas acompanhando a equipe em atividade. Muitas empresas já têm adotado essa prática, e já está implantado em algumas unidades da energia. Com esse sistema, é possível designar um chefe de operação para supervisionar as atividades, embora isso apresente desafios. O monitoramento permite um acompanhamento mais eficaz das atividades em campo, promovendo uma relação humana mais próxima entre líderes e suas equipes", explica o coordenador de segurança e saúde da Energisa Mato Grosso, Heitor Galdino.

Atuando há mais de 15 anos no segmento, o profissional, que já passou por companhias como a Energisa Paraíba e Supergasbras Distribuidora de Gás, é testemunha da transformação acelerada que vem ocorrendo no campo da segurança do trabalho no universo do setor elétrico. "Quando entrei em 2007, era basicamente uma distribuição de equipamentos de proteção, como capacetes e cintos. A segurança era vista de forma limitada e muitas vezes manual. Nos últimos anos, houve uma transformação significativa na forma como encaramos a segurança no trabalho. Anteriormente, o foco estava apenas nos EPI's, enquanto hoje, a segurança é uma responsabilidade integrada à gestão da equipe", explica Galdino.

Qualificação de mão de obra - No entanto, o Galdino ressalta que, apesar dos avanços, um dos maiores desafios continua sendo a qualificação da mão de obra. "O grande desafio é a qualidade da mão de obra, muitas vezes, os colaboradores possuem os certificados, mas não internalizam o conhecimento de forma prática. Isso se deve a diversos fatores, como a falta de tempo para treinamentos práticos, a rotatividade de pessoal e a dificuldade em encontrar profissionais com a qualificação necessária. Além disso, a desvalorização do conhecimento técnico e a falta de incentivos para a qualificação contínua também contribuem para esse problema", completa.

Por outro ponto de vista, o engenheiro da Schneider Electric, Luiz Carlos Catelani Júnior, entende que as adequações das redes elétricas aos avanços tecnológicos representam o maior gargalo em termos de segurança no setor elétrico. "Atualmente, o maior desafio para as normas de segurança é conciliar essas práticas com a inovação tecnológica e com o aumento de potência das instalações. Cada vez mais a energia elétrica vem crescendo o seu uso e as instalações se tornam maiores. Isso implica diretamente em maiores níveis de tensão de trabalho, maiores correntes de curto-circuito e consequentemente aumenta o risco elétrico", contrapõe Catelani.



## CONECTANDO NOSSA ENERGIA

FABRICANTE DE CONECTORES DE ALUMÍNIO E COBRE PARA REDE DE DISTRIBUIÇÃO, TRANSMISSÃO E SUBESTAÇÃO

- CONECTOR CUNHA ALUMÍNIO
- CONECTOR CUNHA COBRE
- CONECTOR CUNHA DE ALUMÍNIO COM ESTRIBO
- CONECTOR CUNHA DE COBRE COM ESTRIBO
- CONECTOR DE ATERRAMENTO A COMPRESSÃO TIPO C

- TERMINAL CHAVE FACA TIPO ESPADA 90° E 180°
- TERMINAL BANDEIRA
- TERMINAL BARRA CABO DE COBRE
- TERMINAL BARRA CABO DE ALUMÍNIO
- FERRAMENTA PARA APLICAÇÃO CONECTOR CUNHA

APLICAÇÃO DE CONECTORES E TERMINAIS ORECON EM SUBESTAÇÃO



DESENVOLVEMOS PRODUTOS CONFORME SUA NECESSIDADE

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

Fone: (47) 3278 - 3110

[vendas@orecon.com.br](mailto:vendas@orecon.com.br)

## IMPACTOS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NA SEGURANÇA DO TRABALHO

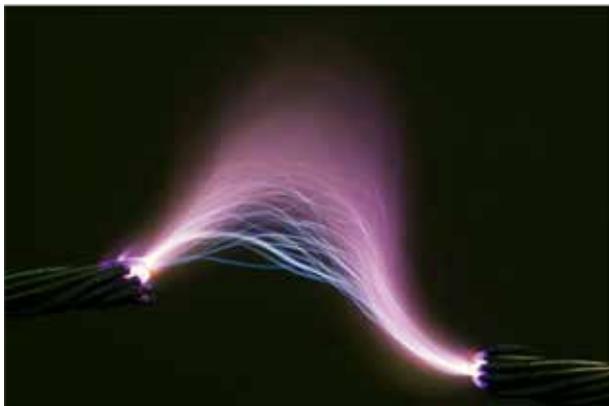
Em 2023, o Brasil atingiu a marca de 23 gigawatts (GW) com a Geração Distribuída (GD). Deste total, a energia solar representa mais de 98% do total em GD, que inclui ainda a eólica, a biomassa e outros tipos de energia. De acordo com a Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD), o país se posiciona entre os dez maiores produtores de energia solar do mundo.

A expansão deste segmento na composição da matriz elétrica brasileira, embora seja positiva do ponto de vista da diversificação de fontes, em especial, das renováveis, traz como consequência a necessidade de atualização das práticas de segurança do trabalho dos engenheiros eletricitistas e dos técnicos que atuam na manutenção e construção desses sistemas.

“A mudança da matriz elétrica e energética do país, com geração solar e carros elétricos, por exemplo, também introduz uma variante adicional, que são circuitos em corrente contínua, em níveis elevados de tensão (acima 150 Vcc), que é o limiar para choque elétrico. Também o uso de eletrônica de potência como: inversores de frequência, fontes chaveadas e outros circuitos que não trabalham com a frequência da rede (50Hz ou 60Hz), alteram os limiares de proteção para choque elétrico e os critérios de dimensionamento de equipamentos. Enfim, toda essa evolução tecnológica deve ser acrescida nos planos de gerenciamento de risco”, conclui Catelani.

**Arco elétrico** - Em 2016, a Universidade de São Paulo desenvolveu o primeiro e único Laboratório de Vestimentas do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da USP no hemisfério sul, voltado à certificação de materiais de segurança. Márcio Bottaro, engenheiro eletricitista e coordenador técnico da criação do laboratório, destaca que essa conquista representou um avanço crucial para a segurança no setor elétrico.

“Alavancou nossa participação internacional no tema, e deu suporte e amparo ao Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) para que pudéssemos evoluir nesse cenário. Temos, desde dezembro de 2023, um sistema de certificação de vestimentas de proteção térmica sob gestão do Ministério do Trabalho, que avançará em breve nos EPI's para proteção ocular, facial e da cabeça, nesse segmento”, explica Bottaro.



**Arco elétrico é uma descarga elétrica contínua de alta corrente que flui através de um espaço de ar entre condutores, podendo chegar até 20.000 °C**

Ainda em dezembro de 2023, o MTE anunciou a portaria para EPI's relacionados à NR-6, que estabelece um sistema de certificação de vestimentas de proteção térmica. Embora o texto seja bastante robusto, segundo Bottaro, alguns equipamentos não foram incluídos na regulamentação, resultando em um vácuo na NR-6. “Ainda temos EPI's que não são tipificados pela NR-6 e pelas Portarias Ministeriais, e temos trabalhado no ABNT CB32 para que isso possa ser reavaliado em nossa legislação e possamos ter outros equipamentos de proteção individual essenciais incluídos em nosso conjunto de EPI's para proteção térmica”, defende o especialista. Os equipamentos não tipificados na regulamentação mencionada por Bottaro incluem: luvas com isolamento térmico, equipamentos para trabalho em altura com proteção térmica, vestimentas impermeáveis contra arcos elétricos e óculos de ampla visão (como óculos de aviador ou goggles).

Dada a alta complexidade e os riscos de arco elétrico enfrentados por profissionais do setor elétrico, o engenheiro da USP destaca a importância da padronização das vestimentas projetadas para proteção desses profissionais. “A tecnologia empregada nos tecidos de proteção térmica podem fazer a diferença. O mesmo pode-se dizer dos demais materiais de proteção das mãos, olhos, face e cabeça. O importante é caracterizar e comprovar a eficácia de proteção térmica desses materiais em laboratórios padronizados, acreditados e independentes. O Brasil figura entre os quatro laboratórios mundiais independentes que podem realizar esses ensaios”, ressalta.

**Manutenção preventiva** - Além dos IPIs, dos treinamentos e da atenção redobrada à atualização das normas de segurança do trabalho do setor elétrico, a manutenção preventiva nos equipamentos, instalações e condutores elétricos, é fundamental, tanto em baixa, média e alta tensão. De acordo com o gerente de engenharia de produtos da Sil Fios e Cabos Elétricos, Nelson Volyk, para garantir a segurança, recomenda-se a atenção aos sinais de sobrecarga elétrica e às manutenções e revisões periódicas dessas instalações.

“Alguns dos principais sinais de alerta são os disjuntores desarmando frequentemente. Além disso, existem outros sinais que indicam sobrecarga no circuito, como por exemplo o aquecimento de tomadas e interruptores. Também podem ocorrer quedas de energia localizadas, que é percebido quando as luzes piscam, ou cheiro de queimado ou faíscas, que são sinais críticos de que algo está errado e nunca devem ser ignorados. Casos assim, exigem uma inspeção urgente, pois há risco de incêndio”, explica Volyk, que reforça ainda a importância da revisão e substituição de cabos antigos e ressecados, que em geral, são os grandes vilões das instalações elétricas.

Para alertar sobre esses riscos, e atuar na prevenção de potenciais acidentes, a Sil vem investindo continuamente na disponibilização de treinamentos e qualificações para os profissionais do segmento. “Mensalmente, realizamos palestras, workshops e cursos em várias regiões do Brasil, levando informações, instruções e orientações técnicas para profissionais desse segmentos. Sem contar em parcerias com instituições, como SENAI, que visa incentivar a mão de obra e a qualificação dos profissionais da construção civil, em especial, que trabalham com instalações elétricas”, afirma Volyk, que chama a atenção para a importância da aplicação da NBR-5410, que trata da manutenção das instalações elétricas.

# Tradição e confiança para o futuro do setor elétrico.

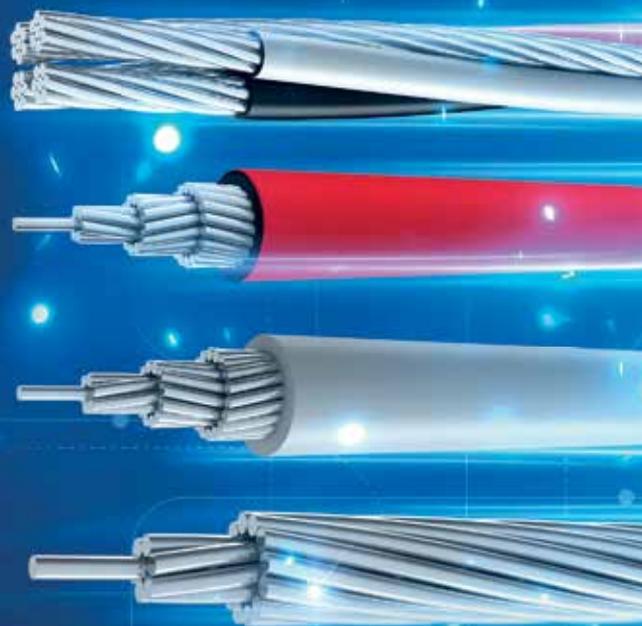


**Gestão de Relacionamento Integral (GRI):** um diferencial Neocable que te garante confiança e excelência.

- ✓ Suporte total ao cliente, do primeiro atendimento ao pós-venda.
- ✓ Flexibilidade e eficiência nas demandas.
- ✓ Qualidade NEO de ponta a ponta.



A confiança de sempre,  
a certeza do futuro.  
**Isso é Neocable.**



## NORMAS X SEGURANÇA DO TRABALHO

No setor elétrico, a presença de normas é fundamental para garantir segurança, eficiência e padrões de qualidade. Além das normas de segurança, essenciais para proteger os trabalhadores, consumidores e o público em geral contra riscos elétricos, também existe um arcabouço de regulamentações que vão desde a instalação até a manutenção de equipamentos elétricos, garantindo que haja segurança de operação.

“Atualmente, a segurança no trabalho da engenharia

elétrica é uma prioridade contínua, com normas técnicas sendo constantemente atualizadas para refletir as mudanças nas tecnologias e práticas. A ABEE-SP desempenha um papel essencial nesse processo, atuando junto com grupos de trabalho da ABNT para garantir que a segurança e o desenvolvimento profissional estejam sempre em primeiro plano”, pontua o presidente da Associação de Engenheiros Elétricos de São Paulo (ABEE-SP), Auro Doyle Sampaio.

No Brasil, o conjunto de normas que regem o setor elétrico são divididas em quatro grandes grupos:

**1 - NORMAS DE GESTÃO E RESPONSABILIDADE** - Abordam questões relacionadas à operação eficiente e segura do setor elétrico. Elas asseguram que os processos de fornecimento de energia elétrica sejam realizados com qualidade:

**NBR 10** - Estabelece diretrizes e requisitos para garantir a segurança em instalações e serviços de eletricidade.

**NBR ISO 9001 (GESTÃO DE QUALIDADE)** - Estabelece os critérios para sistemas de gestão de qualidade no setor elétrico.

**NBR ISO 14001 (GESTÃO AMBIENTAL)** - Define as empresas do setor elétrico a gerenciar o impacto ambiental de suas atividades.

**NBR ISO 45001 (GESTÃO DE SAÚDE E SEGURANÇA OCUPACIONAL)** - Estabelece um sistema de gestão de segurança no trabalho.

**NBR ISO 55001** - Trata da gestão de ativos físicos, como redes de distribuição, usinas e subestações.

**2 - NORMAS TÉCNICAS** - Definem as configurações das instalações elétricas, atendendo os requisitos técnicos e de segurança. Elas estabelecem o que pode ou não ser feito em diferentes tipos de instalações:

**NBR 5410** – Instalações elétricas em baixa tensão

**NBR 14039** – Instalações elétricas em média tensão

**NBR 5419** – Proteção contra descargas atmosféricas

**NBR 13570** – Instalações elétricas com afluência de público

**NBR 13534** – Instalações elétricas em baixa tensão para ambientes de saúde

**NBR 15749** – Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento

**NBR 15751** – Sistemas de aterramento de subestações

**3 - NORMAS DE SEGURANÇA** - Descrevem as práticas e recomendações para implementar as medidas de controle, o gerenciamento de risco e os métodos para segurança da área elétrica:

**NBR 16384 – SEGURANÇA EM ELETRICIDADE** — Recomendações e orientações para trabalho seguro em serviços com eletricidade

**NFPA 70E** – Standard for Electrical Safety in the Workplace

**NESC C2** – National Electrical Safety Code

**OSHA 1910-269** – Electric power generation, transmission, and distribution

**4 - NORMAS DE PRODUTO** - Determina normas técnicas que regulam a fabricação, a qualidade e a segurança de produtos como disjuntores, cabos, transformadores e outros equipamentos elétricos.

**NBR IEC 60947-2:** Estabelece os requisitos para disjuntores de baixa tensão utilizados em instalações elétricas.

**NBR IEC 60898-1:** Requisitos para disjuntores de baixa tensão usados para proteção contra sobrecorrente em instalações domésticas e similares.

**NBR IEC 62271-100:** Trata de disjuntores para corrente alternada (CA) em sistemas de média e alta tensão

**NBR IEC 60056:** Aplica-se a disjuntores de alta tensão para sistemas elétricos em corrente alternada, com detalhes sobre ensaios de funcionamento e padrões de segurança.

**NBR 14039:** Estabelece as condições de uso de seccionadoras e disjuntores-seccionadores em instalações elétricas de média tensão.

**NBR IEC 62271-102:** Especifica os requisitos de projeto e desempenho de chaves seccionadoras e disjuntores-seccionadores usados em sistemas de alta tensão.

**NBR 5356:** Trata das especificações para transformadores de potência, abordando características elétricas, requisitos de isolamento, entre outros aspectos.

# Transformador **DE FORÇA**

**15/20/25 MVA - 145 kV**

Perfeito para atender demandas de alta tensão com confiabilidade e performance, o **Transformador Trifásico 15/20/25 MVA - 145 kV** da Itaipu Transformadores é ideal para aplicações industriais e utilitárias - pois garante estabilidade à rede elétrica e energia de qualidade para necessidades diversas.

ENTRE EM CONTATO E  
SOLICITE UM ORÇAMENTO



ISO 14001 ISO 45001 ISO 9001

**ITAIPU**  
TRANSFORMADORES



Av. Sérgio Abdul Nour, 2106  
Distrito Ind. II, 14900-271, Itápolis, São Paulo, Brasil.

itaiputransformadores.com.br

MARCAS DO  
**sabe**

**GIR**  
GIR E ITAIPU RENOVÁVEIS

**METROWATT**  
Construção e Manutenção Ltda.

**IP ENERGY**

**AMPÉRA**

MARCA PARCEIRA  
**CELSA**

- NBR 10295:** Define as diretrizes para transformadores de potência a óleo, principalmente voltados para instalação externa, especificando parâmetros como potência, perdas e regulação.
- NBR 7286:** Estabelece os requisitos para cabos de baixa tensão isolados em PVC ou EPR, usados em instalações elétricas residenciais, comerciais e industriais.
- NBR 6251:** Define os requisitos para cabos de média tensão com isolamento de borracha, que são amplamente utilizados em sistemas de distribuição de energia.
- NBR 6880:** Especifica condutores elétricos nus para linhas aéreas de transmissão e distribuição de energia elétrica.
- NBR IEC 61439:** Trata de conjuntos de manobra e controle de baixa tensão, incluindo painéis de distribuição, com critérios de segurança, ensaios de conformidade e requisitos de instalação.
- NBR IEC 62271-200:** Define os requisitos para painéis de média tensão, abordando aspectos como segurança, capacidade de interrupção e ensaios de funcionamento.
- NBR IEC 60068:** Especifica ensaios ambientais para produtos e componentes elétricos, como disjuntores e transformadores, verificando sua resistência a condições como umidade, temperatura e vibrações.
- NBR IEC 60947-3:** Estabelece os requisitos para chaves seccionadoras e comutadoras de baixa tensão, com detalhes sobre ensaios de funcionamento e segurança.
- NBR 9326:** Define os requisitos para parafusos e conectores usados em equipamentos elétricos, garantindo que os materiais e a fabricação sejam adequados para suportar cargas elétricas e mecânicas.
- NBR IEC 61643-1:** Especifica os requisitos para dispositivos de proteção contra surtos (DPS) usados em sistemas de baixa tensão, garantindo que protejam contra picos de tensão.
- NBR NM 61008:** Estabelece requisitos para disjuntores diferenciais residuais (DR) usados em circuitos elétricos de baixa tensão para proteção contra choques elétricos e incêndios.

## GERENCIAMENTO DE RISCO

A hierarquia das medidas de controle é um princípio fundamental nas normas de segurança e gerenciamento de risco no setor elétrico. Essa hierarquia estabelece uma ordem de prioridade para a implementação de medidas que visam reduzir ou eliminar riscos no ambiente de trabalho.



**Eliminação de risco:** A primeira conduta significa remover completamente a fonte de perigo, como desativar uma instalação elétrica obsoleta ou desnecessária.

**Substituição:** Se a eliminação não for possível, a alternativa é a substituição por um sistema ou método menos perigoso. Por exemplo, substituir equipamentos antigos por versões mais seguras e eficientes.

**Controles de Engenharia:** Se o risco persistir, devem ser implementados controles de engenharia. Essas medidas incluem mudanças estruturais ou de design para minimizar o risco. Isso pode incluir a instalação de barreiras, sistemas de desenergização ou dispositivos de segurança.

**Controles Administrativos:** Em seguida, as medidas administrativas

são tomadas para regulamentar o trabalho e garantir que o engenheiro eletricista trabalhará de maneira adequada.

**Equipamentos de Proteção Individual (EPI):** Por último, os EPI's são considerados uma medida importante de proteção do engenheiro eletricista. Sua eficácia depende das medidas anteriores.

"O que devemos mudar no nosso conceito é trabalhar prioritariamente os quesitos relacionados aos Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC), visando o atendimento das normas técnicas e de segurança. Após esgotar esse recurso, passa-se para os EPI's, que são a última fronteira, quando nada mais pode ser feito. Atualmente, a gama de EPI's é muito grande", defende Luiz Carlos Catelani Júnior, engenheiro da Schneider Electric.

**Implicações legais** - No Brasil, as normas que regem o universo elétrico são formuladas e reguladas por várias instituições, dentre elas a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, Agência Nacional de Energia Elétrica- ANEEL e MTE, o que confere a elas força de lei, embora não sejam legislações propriamente ditas. No caso das Normas Regulamentadoras, o descumprimento de seus requisitos pode resultar em infrações que geram ações imediatas. O não cumprimento das normas técnicas e de segurança podem acarretar em notificações, multas e/ou embargos e interdições, dependendo da gravidade da ocorrência.

Caso o não atendimento aos requisitos técnicos e de segurança gerem danos pessoais ou materiais, processos de ordem civil e criminal poderão ser instaurados. No âmbito financeiro, o não atendimento das normas técnicas se traduz em perdas na instalação, falta de continuidade de serviço, efeitos térmicos, mal funcionamento e queima de equipamentos.

# DPS COMPACT a proteção completa para seus equipamentos.

O DPS Compact 15kA e 20kA Classe II é a solução ideal para proteger circuitos de tensão de fase 220 Vca. Garanta a segurança dos seus quadros além dos **equipamentos eletroeletrônicos contra descargas indiretas**. Aposte na máxima eficiência e tranquilidade com o **DPS Compact**, a escolha certa para proteger o que mais importa.



## Vantagens:

Produto **compacto**.

**Compatível com novo padrão** de disjuntores.

Suportabilidade ao **TOV de 336V e 440V**.

**Modo EasyFix** de encaixe ao trilho DIN.

Gabinete em material **não propagante de chamas**.

Sem **polaridade**.



**Acesse  
o site**



Proteção para  
seus equipamentos



---

# Divisões de corrente em sistemas de aterramento de UFV – Geração Distribuída (GD)

---

*Por Wagner Costa é engenheiro eletricista, com especialização em Gestão da Manutenção pela UFPE e mestrando em Engenharia Elétrica pela Unicamp.*



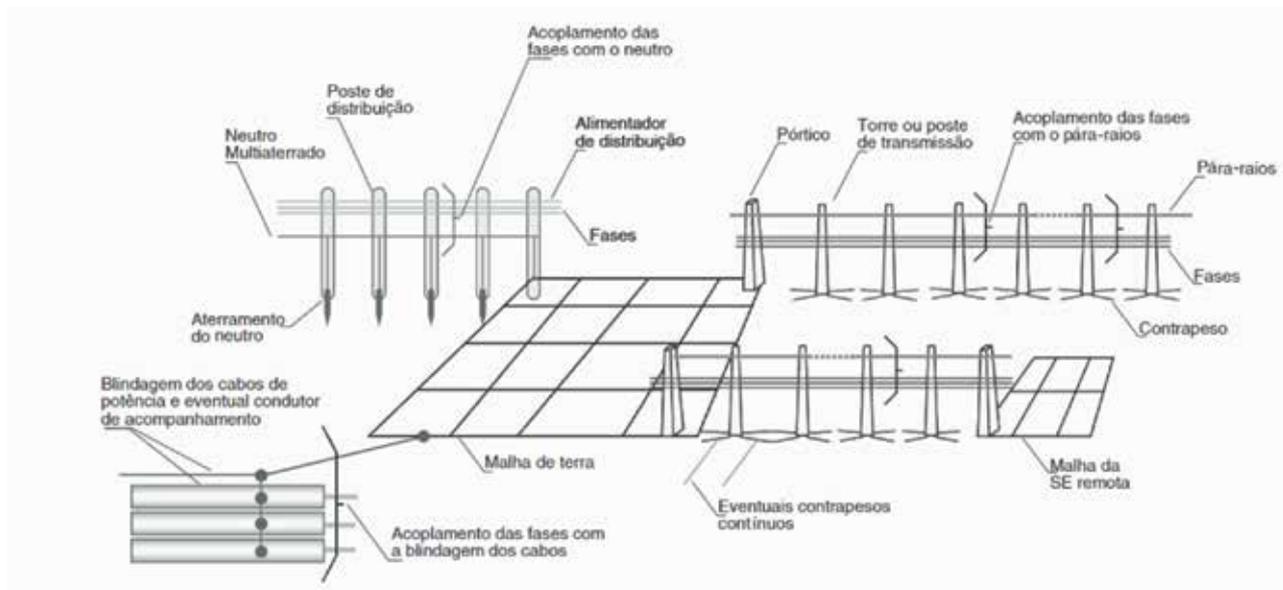


Figura 1: interligação de diferentes sistemas de aterramento [fonte: NBR ABNT 15751/2013]

Em projetos de aterramento de usinas fotovoltaicas (UFV), entender o sistema elétrico de potência o qual o projeto será implantado é de suma importância para avaliação das correntes que fluirá através da terra e a corrente que será distribuída entre os sistemas de aterramento interconectados, tais como malha de aterramento de subestações, cabos para-raios das linhas de transmissão aéreas e blindagens de cabos isolados. Estas interligações podem ser observadas na figura 1, com diversos componentes do sistema de potência.

Nos projetos de UFV em geração distribuída há uma conexão com a concessionária local, geralmente em média tensão (até 34,5kV) e dependendo do padrão da distribuidora, podemos ter diversas configurações de redes de distribuição, convencional (ver figura 2) e redes compactas com a utilização de cabos mensageiros (ver figura 3), este último cabo geralmente interliga a subestação da distribuidora com a cabine de média tensão da UFV, além de multi aterramento ao longo do seu trajeto.

Nas redes de média tensão compactas o cabo mensageiro, tem uma função da redução da corrente que fica na malha de aterramento, fazendo com que haja um projeto mais otimizado e com menores valores das tensões de toque e passo, como podemos observar no exemplo da figura 4. A corrente de malha é 70% da corrente de curto-circuito na média tensão da UFV, ou seja, haverá um Ground Potential Rise (GPR) menor, que causará tensões de toque e passo menores.



Figura 2 : rede convencional de média tensão [fonte: <https://www.celesc.com.br/arquivos/normas-tecnicas/instrucao-normativa/i3130021.pdf>]



Figura 3: rede compacta de média tensão [fonte: <https://plp.com.br/wp-content/uploads/2018/04/folder-espaaador-ecr-15-e-ecr-35-1.pdf>]

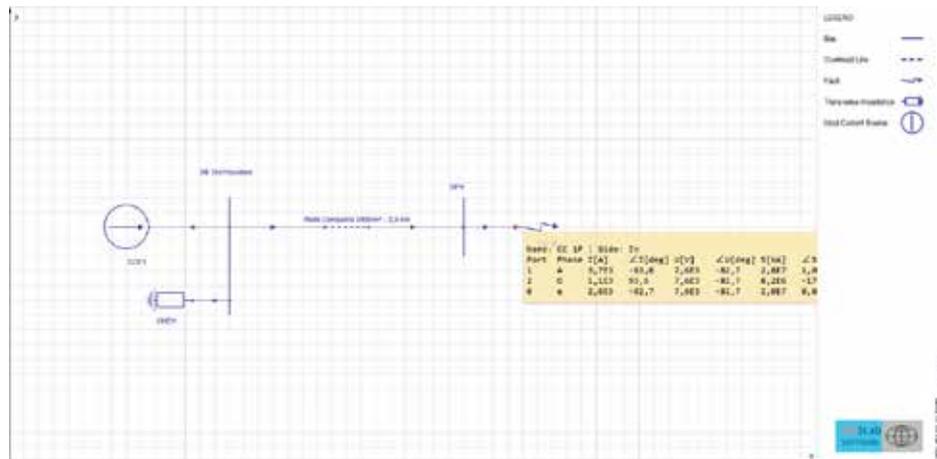


Figura 4: Corrente de curto-circuito na cabine de média tensão da UFV (A) = 3,73kA, corrente que volta através do cabo mensageiro (G) = 1,1kA e corrente de malha (e) de 2,6kA [fonte: autor]

Nas figuras 5 e 6, são apresentados o GPR para os dois casos, sem e com a distribuição das correntes de curto-circuito entre os sistemas de aterramento da subestação da concessionária de energia elétrica e o sistema de aterramento da UFV. O GPR é quase proporcional à corrente de curto-circuito, então, quanto maior a corrente de curto-circuito

considerado no estudo de aterramento, teremos um valor maior das tensões de toque e passo, podendo ocasionar um sobrecusto no sistema de aterramento, com maior aumento da quantidade de condutores e materiais empregados na malha de aterramento, sem esta ser uma condição real naquele projeto, visto que há este divisão de correntes.

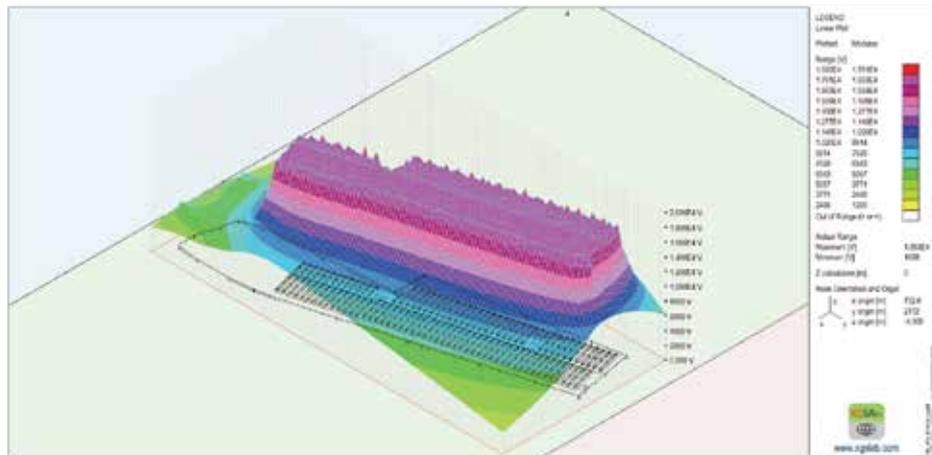


Figura 5: GPR com a corrente de curto-circuito plena da rede de média tensão [fonte: autor] 1,1kA e corrente de malha (e) de 2,6kA [fonte: autor]

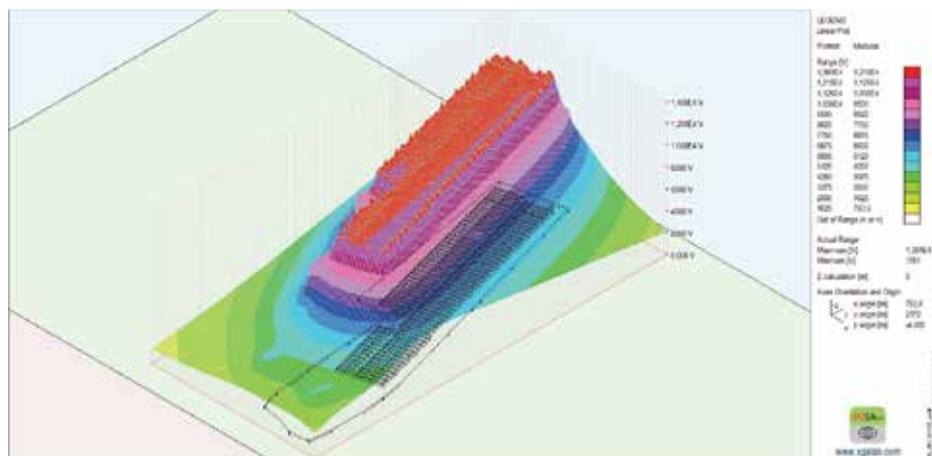


Figura 6: GPR com a corrente de curto-circuito de malha, 70% da corrente de curto-circuito da rede de média tensão [fonte: autor]



+20 ANOS

INOVANDO EM CONEXÕES ELÉTRICAS

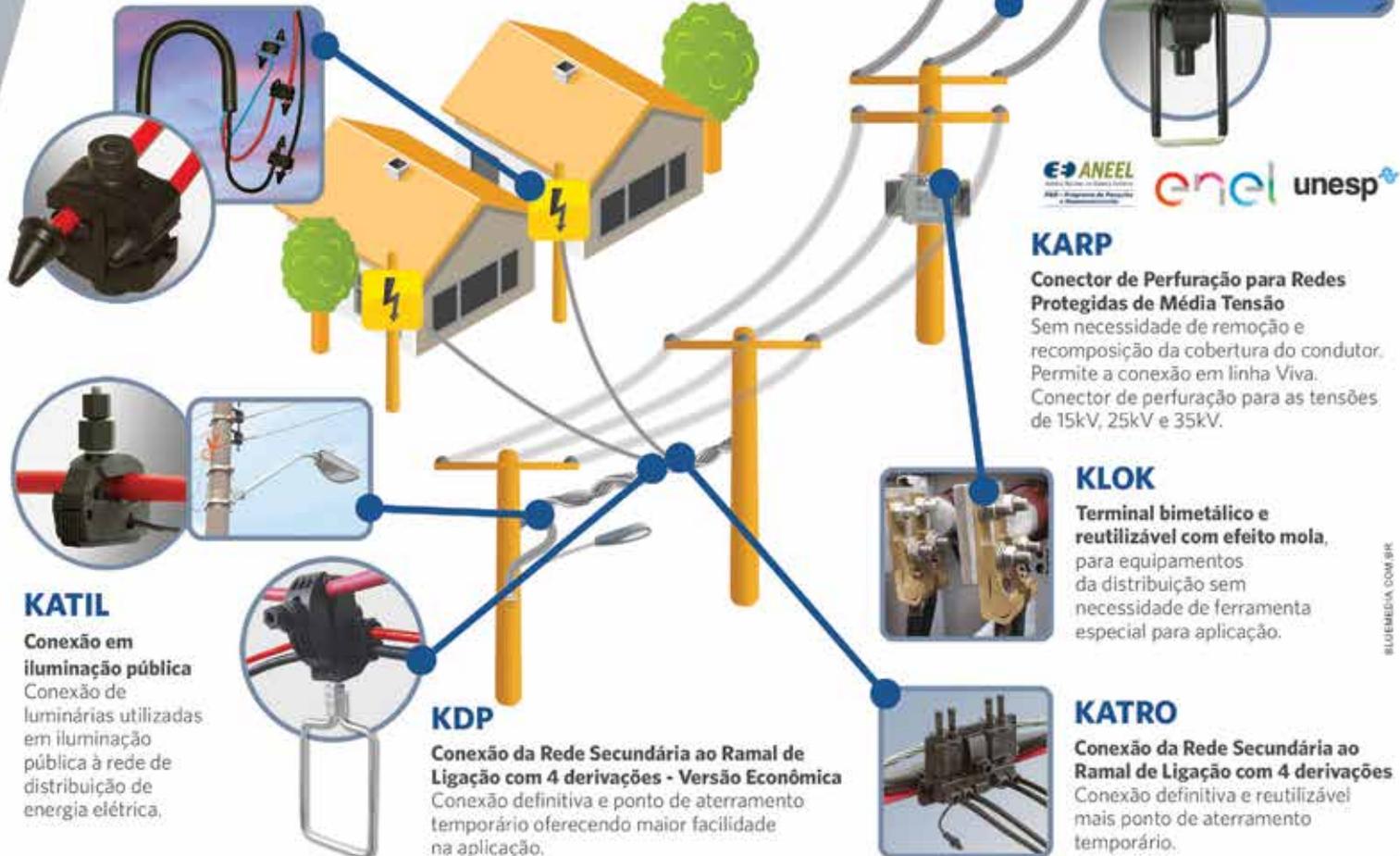


# A SOLUÇÃO COMPLETA EM CONEXÕES PARA REDES AÉREAS DE DISTRIBUIÇÃO

## KPB

### O perfurante universal

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



## KARP

### Conector de Perfuração para Redes Protegidas de Média Tensão

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

## KLOK

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

## KATIL

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

## KDP

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

## KATRO

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



KRJ Ind. e Com. Ltda.  
Rua Guaraniésia, 811/815 - Vila Maria - CEP 02112-001  
São Paulo, SP - Brasil | Tel.: +55 (11) 2971-2300



KRJ.COM.BR





---

# Mais um dilema para o setor elétrico: Grid Forming e Sistemas de Potência Vs Grid Following e Eletrônica de Potência

---



*Frederico Carbonera Boschin é Diretor Executivo da Noale Energia e Sócio da Ferrari Boschin Advogados. Conselheiro da ABGD; Conselheiro Fiscal do Sindienergia RS e Professor do Curso de MBA da PUC/RS, UCS/RS e PUC/MG.*

O fornecimento de energia elétrica no Brasil é gerido por um extenso e complexo sistema de potência<sup>1</sup> que integra produção, transmissão e distribuição até o consumidor final. Em 2022, o serviço de fornecimento de eletricidade esteve disponível por 99,88% do tempo, com os consumidores ficando, em média, 10,93 horas sem energia ao longo do ano. Isso representa uma melhoria em relação a 2021, quando a média foi de 11,78 horas<sup>2</sup>. Este robusto sistema que garante energia estável e confiável é chamado de Sistema Interligado Nacional, ou SIN.<sup>3</sup>

Pela inerente complexidade, Sistemas de Potência exigem uma abordagem multidisciplinar para endereçar problemas como a (I) gestão de recursos finitos, como combustíveis fósseis, hidráulicos e outras fontes de energia; e (II) impactos ambientais e sociais, onde grandes projetos de geração e transmissão de energia, podem ter impactos significativos, as chamadas externalidades negativas, além de demandarem estudos detalhados viabilidade econômica.

Recentemente, porém, com a popularização e introdução

massiva de fontes renováveis, em especial solar e eólica, surge o desafio adicional de integrar de maneira eficiente e econômica, já que são intermitentes e dependem de fatores climáticos. Se considerarmos a característica predominantemente de geração por fontes hidráulicas, verificamos que essas usinas atuam naturalmente como formadores de rede (ou grid-forming), quando interligados via rede elétrica. No caso, são máquinas primárias (turbinas hidráulicas) que convertem a energia potencial da água em energia mecânica, e pela elevada inércia<sup>4</sup> das unidades geradoras, o fenômeno da sincronização espontânea garante o controle da frequência.

A inércia do parque gerador hidráulico desempenha um papel crucial na estabilidade e controle da frequência do SIN. Todavia, essa dependência da fonte hidráulica impõe duas conclusões: (1) o SIN apresenta uma robusta e confiável arquitetura, garantido por grandes reservas girantes com grande inércia, mas que hoje enfrenta desafios (crise hídrica e gargalos de transmissão); e (2) existe um desafio operativo complexo e



iminente; imposto principalmente pela penetração abrupta e consistente de fontes renováveis, os chamados seguidores (ou grid following).

Um dispositivo grid following, como por exemplo, inversores fotovoltaicos ou turbinas eólicas, depende da rede elétrica formada para determinar a operação e que pela própria característica da sua conversão de energia (sazonal, intermitente e sem inércia suficiente), tais fontes não podem formar a rede por si só, em termos de tensão e frequência; e dependem de uma rede preexistente com uma referência de tensão e frequência para funcionar corretamente. Em outras palavras, não participam da sincronização do sistema elétrico, não contribuindo para o controle de frequência.

Como precisam desta referência, o que se cria, portanto, é uma dependência da rede para o acoplamento (em paralelismo permanente), com duas características fundamentais (I) **Controle de Corrente:** Ao invés de controlar a frequência e a tensão, dispositivos grid following geralmente controlam a corrente injetada na rede, ajustando-se à frequência e tensão existentes; e (II) **Ausência de Inércia Intrínseca:** Fontes conectadas à rede por meio de inversores não possuem inércia mecânica, como os geradores síncronos. Esses inversores grid following não fornecem uma resposta inercial às flutuações de frequência, o que pode ser um desafio para a estabilidade da rede.

Portanto, o esforço na integração dos recursos energéticos distribuídos, contribuindo para o controle de frequência do sistema tem foco no desenvolvimento aplicado da eletrônica de potência e a associação com baterias grid-forming inverters (inversores formadores de rede). Para que isso seja possível, algumas técnicas são empregadas, como:

**1 - Controle de potência virtual síncrona (VSG - Virtual Synchronous Generator):** Este controle permite que o inversor imite o comportamento de um gerador síncrono tradicional, adicionando uma "inércia virtual" ao sistema, auxiliando no controle da frequência.

**2 - Controle de corrente e tensão ativa:** O inversor pode ser configurado para controlar diretamente a tensão e a corrente na rede, respondendo a variações de carga de forma rápida e contribuindo para o suporte da rede elétrica, especialmente em momentos de perturbações.

**3 - Armazenamento de energia:** A combinação de geração renovável com sistemas de armazenamento (como baterias) pode ajudar a compensar a intermitência dessas fontes e fornecer respostas rápidas para flutuações de frequência.

Todas essas rotas tecnológicas visam tornar a convivência entre as diversas fontes de geração de energia sustentável do ponto de vista econômico e operacional, viabilizando a penetração inevitável de fontes intermitentes no sistema elétrico, mantendo a estabilidade e confiabilidade da rede.

1 *Sistemas de Potência ou Sistemas de Energia Elétrica são compostos por complexos equipamentos e instalações, distribuídos ao longo de extensas regiões geográficas, os quais tem por objetivo a produção, transmissão e distribuição de energia elétrica. A cadeia de processos envolvida em um sistema de potência tem por premissa, em linhas gerais, que os consumidores tenham acesso à energia elétrica, ao mínimo custo possível, e que critérios de qualidade de serviço e de produto sejam atendidos. <https://ppgeel.posgrad.ufsc.br/areas-de-conhecimento/processamento-de-energia/sistemas-de-energia-eletrica/>*  
2 <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/aneel-divulga-os-resultados-do-desempenho-das-distribuidoras-na-continuidade-do-fornecimento-de-energia-eletrica-em-2022>  
3 <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>  
4 *A inércia se refere à capacidade das massas rotativas, principalmente o rotor do gerador e as partes móveis da turbina, de armazenar energia cinética devido ao seu movimento rotacional. Em um sistema de potência, essa energia cinética age como um "amortecedor", ajudando a estabilizar as variações de frequência durante mudanças súbitas na demanda de energia ou perturbações na rede.*

**DEDICAÇÃO E  
COMPETÊNCIA PARA  
ENTREGAR E QUALIDADE!**  
*confiança*



**EMPRESA  
HOMOLOGADA**  
Nos principais estados do Brasil como,  
São Paulo, Rio Grande do Sul, Minas  
Gerais e Paraná.



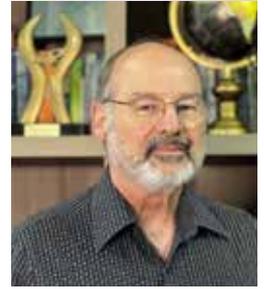
**PRODUTOS  
ELÉTRICOS DE  
QUALIDADE:**

Produtos fundidos e injetados de alta qualidade, projetado para garantir durabilidade e resistência superior. Ideal para aplicações que exigem robustez e precisão.



**Empresa  
certificada  
ISO 9001**

# Ferrossonância



Cláudio Mardegan é CEO da EngePower Engenharia, Membro Sênior do IEEE, Membro do Cigrè | [claudio.mardegan@engepower.com](mailto:claudio.mardegan@engepower.com)

## OBJETIVO DO ARTIGO DESTE TEMA

O tema ferrossonância é um dos temas menos conhecidos pelos engenheiros eletricitistas e também um dos mais complexos. Eis aí o motivo para escrever sobre o tema. Como temos apenas uma página é um grande desafio explicar o fenômeno em tão pouco espaço. Assim, seremos breves nas explicações.

## O QUE É A FERROSSONÂNCIA?

A ferrossonância é um fenômeno não-linear complexo ocasionado por um circuito capacitivo ressonante com indutores não lineares presentes em elementos ferromagnéticos e que provoca sobretensões cuja forma de onda é irregular e possui elevado conteúdo harmônico. Essas sobretensões provocam danos à isolamento, podendo ocasionar a queima e explosão desses equipamentos.

## O QUE É NECESSÁRIO PARA QUE OCORRA A FERROSSONÂNCIA

Segundo o Cahier Technique CT-190 (Schneider) três condições são necessárias (mas podem não ser suficientes) para a ocorrência da ferrossonância, desdobrei em quatro:

- Presença de Indutores não Lineares (TP)
- Presença de capacitâncias (capacitâncias próprias ou intrínsecas aos equipamentos);
- Sistema com baixa carga (sistema com baixa carga ou operando por geradores).
- Existência de pelo menos um ponto em que o potencial de terra não fica fixado (neutro não aterrado, abertura de fusível, chaveamento monofásico, etc)

A maior parte das ferrossonâncias ocorrem por ressonância série e as frequências variam entre 0.01 a 1 kHz.

## MODOS DE FERROSSONÂNCIA

Os modos de ocorrência podem ser classificados em:

- Modo Fundamental
- Modo Sub-harmônico
- Modo Quasi-Periódico
- Modo Caótico

No Modo Fundamental, a corrente na ressonância normalmente não é alta, mas a tensão é muito alta ( $E=4.44 \times n \times f \times f$ ).

No modo sub-harmônico a tensão não é usualmente alta, mas a corrente é alta ( $i = (Re \times E) / (4.44 \times n^2 \times f)$ ). É comum a explosão de TPs devidos ao sobreaquecimento.

Na ferrossonância ocorrem variações tanto na magnitude como na frequência. Veja Figura 1.

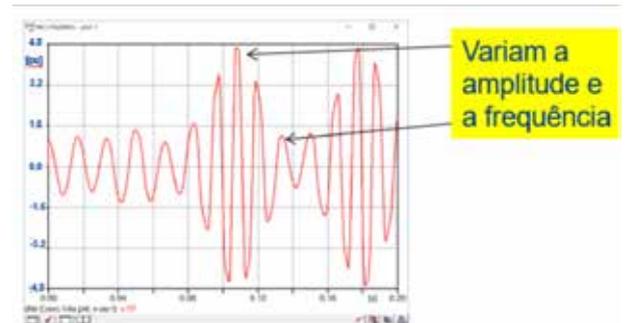


Figura 1- Forma de onda típica de uma ferrossonância

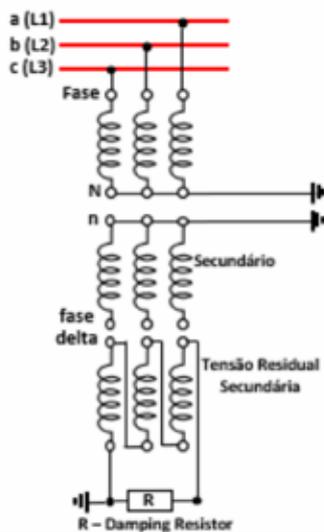
## FATORES INDICATIVOS DA OCORRÊNCIA DA FERROSSONÂNCIA

- Identificação de sobretensões elevadas (até 4.5 pu conforme JC.Das [03])
- Formas de onda de tensão e/ou corrente irregulares (presença de harmônicas, mesmo quando não ocorrem distúrbios no sistema) Vide Figura abaixo.
- Elevadas sobrecorrentes

- Explosão de TPs. Vide Figura ao lado
- Aquecimento em transformadores operando a vazio ou à baixa carga
- Ruídos contínuos e excessivos em transformadores e reatores
- Atuação de proteções de sobretensão e de para-raios, sem uma causa aparente
- Falha de para-raios quando a sobretensão de baixa frequência dura um tempo maior do que a TOV do PR.
- Danos em equipamentos elétricos
- (Falhas de isolamento em TPs, TPCs, capacitores e transformadores)

## MITIGAÇÃO

Uma das maneiras mais simples e baratas para mitigar a ferorrressonância é indicada na Figura 2.



**Figura 2 – Mitigação da ferorrressonância utilizando o resistor de amortecimento (Damping Resistor) no Delta-Aberto do secundário do TP**

As equações para a determinação do valor ôhmico da resistência e sua potência são apresentados a seguir.

$$R_{\text{Amortecimento}} = \frac{3\sqrt{3}U_s^2}{P_e}$$

$$P_R = \frac{(3U_s)^2}{R_{\text{Amortecimento}}}$$

No treinamento de transitórios eletromagnéticos é estudada a ferorrressonância utilizando o software ATP/ATPDraw. Para evoluir neste tema, entre em contato através do email treinamentos@engpower.com e você receberá as informações mais detalhadas sobre este treinamento.

---

# Por dentro das normas

## A Norma ABNT NBR 5101 sob gestão da ABNT

---



*Luciano Rosito é engenheiro eletricista, especialista em iluminação e iluminação pública. Professor de cursos de iluminação pública no Brasil e exterior.*

No início de setembro de 2024, a Comissão de Estudos que foi responsável pela revisão da NBR 5101, foi surpreendida com ofícios entre entes governamentais e ABNT. Em conversas das demandas destes primeiros para a ABNT para proceder com modificações substanciais no sentido e na aplicação de dois itens da norma que já haviam sido pacificados entre os envolvidos.

Em março de 2024, na primeira semana deste mês, antes da norma ser publicada, foi realizada reunião entre ABNT e INMETRO para que fosse feito um alinhamento preventivo dando prazo para o que órgão regulamentador (INMETRO) tivesse tempo, pois é o responsável pela portaria 62 que certifica as luminárias que são utilizadas nos projetos desenvolvidos conforme a NBR 5101. Neste sentido, foi feita uma nota introdutória que diz o seguinte: “Considerando que existem ainda processos e procedimentos que fazem referência a ABNT NBR 5101:2018, será necessário um tempo de transição a ser fixado pelo órgão regulamentador entre o documento anterior e esta versão de 2024, para especificamente adequar e atender aos requisitos relativos às novas certificações da Tcp desta versão atual pelas partes interessadas. “Isto não significa, entretanto, impedimento ao atendimento a esta Norma Brasileira na sua íntegra por quaisquer partes interessadas que se sintam aptas a utilizá-la a qualquer momento durante este período.” Isto demonstra que houve um “pacto” e entendimento sobre a publicação da norma e não havia nenhum obstáculo para sua publicação da maneira que tinha sido aprovada e revisada pela ABNT.

Passados cinco meses da publicação, sob demanda do MME – Ministério de Minas e Energia e do PROCEL que faz parte da

ENBPar, foi solicitada a ABNT:

Por parte da ENBPar: “a suspensão ou não obrigatoriedade da NBR 5101:2024 referente especificamente ao item de redução da temperatura de cor correlata (TCC ou Tcp) de iluminação viária entre 1.800K e 3.000K para vias públicas, até que sejam realizados os trâmites necessários com as autoridades reguladoras competentes.” Sendo que a ABNT NBR 5101 trata de projeto e não de produtos que estão sob certificação. E que o motivo do pleito são trâmites das autoridades regulatórias competentes que já poderiam ter sido realizados. A resposta da ABNT não deveria ser no sentido de “encaminhe a demanda para o órgão regulador e não para a ABNT”?

Por parte do MME – Ministério de Minas e Energia “solicitamos reavaliação da ABNT sobre a norma NBR 5101:2024, especialmente para que o item referente a TCC (sic) não se torne um empecilho à implementação das iniciativas de políticas públicas vigentes no país.”. Há indícios interferência quanto a interferência justificando políticas públicas em uma norma técnica de projetos de iluminação? Por qual motivo a política pública não quer estar aderente a Norma. Sendo a Norma voluntária por qual motivo não poderia ser desconsiderada?

Vivemos momentos tristes porque não dizer consternadores em que uma comissão técnica de estudos tem sua soberania submetida a outros interesses que não técnicos e que levem em conta a saúde humana, o meio ambiente e as boas práticas no projeto de iluminação viária. Durante os próximos meses iremos saber se esta alteração irá ou não ser feita, pois certamente há participantes da comissão e entidade que não estarão de acordo da forma com está querendo ser feita a referida “errata”.



Pedro Henrique Jacinto,  
engenheiro da Telbra Ex.

## HIDROGÊNIO VERDE & telbra

Temos a solução para seu projeto



Luminária TLEXE de Embutir



Luminária TLLCEX Linear LED



Caixa e Painel de Passagem Ex db/ Ex tb

A busca por soluções sustentáveis que assegurem o futuro do planeta tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias de energia limpa. Entre essas, o hidrogênio verde surge como uma alternativa promissora, sendo produzido a partir de fontes renováveis e representando uma peça-chave na transição para um mundo mais sustentável.

Na Telbra Ex, nossa visão está totalmente alinhada com o compromisso de inovar e promover a sustentabilidade. Entendemos que a preservação do meio ambiente é uma prioridade, e por isso, estamos continuamente investindo em equipamentos para áreas classificadas que atendem as demandas mais exigentes das indústrias que utilizam hidrogênio (H<sub>2</sub>) como fonte de energia limpa. O hidrogênio verde é um componente essencial para o futuro da energia, e a segurança em seu manuseio é fundamental. A Telbra Ex oferece uma ampla gama de soluções robustas e seguras, aprovadas para uso em atmosferas explosivas com hidrogênio. Entre nossos produtos, destacam-se:

**Painéis Ex d:** Concebidos para suportar as condições mais severas, com proteção à prova de explosão para ambientes com presença de H<sub>2</sub> (modelos TMX-22R, TMX-27R, TMX-35R, TMX-70GR).

**Conduletes Ex d & Conduletes Ex e:** Soluções versáteis que garantem proteção e flexibilidade em instalações elétricas em áreas classificadas.

**Conexões Ex:** Uma linha completa de conexões que assegura a integridade dos sistemas elétricos em atmosferas potencialmente explosivas para uso com hidrogênio.

**Luminárias TLWL Ex d/Ex e e TLLCEX Tuboled Ex e:** Iluminação eficiente, segura e durável, ideal para áreas classificadas onde o hidrogênio está presente.

**TLEXE Ex e:** Luminária de embutir em aço inoxidável 316, desenvolvida para proporcionar segurança aumentada em áreas classificadas onde o hidrogênio está presente.

**Painel redondo TRW11 Ex d:** Versatilidade e segurança combinadas em um design compacto e eficiente.

**Sinalizador TSEXT Ex d:** Equipamento confiável para sinalização em áreas classificadas, com garantia de alta performance.

Todos os nossos produtos são fabricados com os mais altos padrões de qualidade, confiança e garantia de entrega, características que fazem da Telbra Ex um parceiro confiável para indústrias que buscam segurança e eficiência em suas operações, sempre alinhadas com os princípios da energia verde e melhor prazo do mercado.

Na Telbra Ex, acreditamos que o futuro da energia está diretamente ligado à sustentabilidade e inovação. Ao desenvolvermos soluções que suportam o uso do hidrogênio verde em áreas classificadas, reafirmamos nosso compromisso com o futuro do planeta, oferecendo produtos que proporcionam segurança, confiabilidade e qualidade superior. Estamos preparados para os desafios que o futuro nos reserva, e continuaremos sendo pioneiros em soluções para áreas classificadas, pensando sempre no bem-estar das próximas gerações.

# Novo Laboratório Brasileiro acreditado para ensaios de equipamentos elétricos e mecânicos “Ex”



*Roberval Bulgarelli é engenheiro electricista e consultor sobre equipamentos e instalações em atmosferas explosivas.*

Foi acreditado pelo Inmetro, em 16/07/2024, um novo Laboratório brasileiro para Ensaios de Equipamentos de instrumentação, automação, telecomunicações, elétricos e mecânicos “Ex”, o MULTITESTE TELECOM SERVIÇOS DE TELECOMUNICAÇÕES LTDA - TECHLAB, localizado na cidade de Santa Rita do Sapucaí, no Estado de Minas Gerais.

De acordo com o ESCOPO de acreditação publicado pelo Inmetro, este Laboratório de Ensaios de Equipamentos “Ex” foi aprovado para executar ensaios para equipamentos com os seguintes tipos de proteção “Ex”:

- Ex “d”: Invólucros à prova de explosão (Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-1)
- Ex “e”: Segurança aumentada (Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-7)
- Ex “i”: Segurança intrínseca (Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-11)
- Ex “m”: Encapsulamento (Norma Técnica Brasileira adotada ABNT

NBR IEC 60079-18)

- Ex “n”: Não centelhante (Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-15)
- Ex “op”: Proteção óptica (Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-28)
- Ex “p”: Invólucros pressurizados (Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-2)
- Ex “t”: Proteção por invólucro contra ignição de poeiras combustíveis (Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-31)
- Ex “h”: Métodos e requisitos básicos para avaliação de equipamentos não elétricos para atmosferas explosivas (Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR ISO 80079-36)
- Ex “c” (Segurança construtiva), Ex “b” (Controle de fontes de ignição) e Ex “k” (Imersão em líquido) para equipamentos não elétricos para atmosferas explosivas (Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR ISO 80079-37)
- Ensaios sobre requisitos gerais para equipamentos para atmosferas explosivas (Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-0)



**Exemplos de tipos de proteção “Ex” aplicáveis para a certificação de equipamentos de instrumentação, automação, telecomunicações, elétricos ou mecânicos “Ex”, para instalação em áreas classificadas contendo a presença de atmosferas explosivas formadas por gases inflamáveis ou poeiras combustíveis**

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



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

**(31) 3317-5150**  
**(31) 3331-1333**

Rua Agenério Araújo 366 - Camargos - BH/MG  
vendas@exponencialmg.com.br

 **exponencialmg**

**www.exponencialmg.com.br**

Produtos Homologados **CEMIG**

Compre com seu cartão  
**BNDES**

Além da possibilidade de execução de ensaios nas instalações do próprio Laboratório "Ex", o escopo de acreditação pelo Inmetro incluiu também a possibilidade da execução de alguns ensaios nas instalações dos clientes, como por exemplo, nas instalações de fabricantes de equipamentos elétricos ou mecânicos "Ex", ou nas instalações de empresas proprietárias de equipamentos "Ex" ou empresas usuárias de instalações "Ex".

Sob o escopo destas Normas Técnicas podem ser certificados equipamentos "Ex" adequados para instalação em todas as zonas de áreas classificadas (Zonas 0, 1, 2, 20, 21 ou 22), bem como em todos os grupos, para minas subterrâneas de carvão, gases inflamáveis ou poeiras combustíveis (Grupos I, IIA, IIB, IIC, IIIA, IIIB ou IIIC).

Sob o ponto de vista histórico, podem ser citados, por exemplo, os seguintes laboratórios de ensaios de equipamentos "Ex" que já estiveram em operação ou foram acreditados pelo Inmetro, desde a década de 1950: Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da USP (1958), Laboratório de Ensaios de Equipamentos "Ex" (LABEx) do Centro Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) da Eletrobras (1986), União Certificadora da Indústria Eletroeletrônica (UCIEE) (1990), incorporado pela TÜV Rheinland do Brasil (2022), LABELO (Laboratórios Especializados em Eletroeletrônica) (2003), TECHMULTLAB ENSAIOS (2009), DEKRA Brasil (2022), CPEx (Centro de Pesquisa "Ex") (2023) e TECHLAB (2024).

Como exemplo da "evolução" do sistema de certificação de equipamentos "Ex" no Brasil, pode ser lembrado que o primeiro RAC (Requisitos de Avaliação da Conformidade) para equipamentos "Ex" foi publicado pela Portaria Inmetro 164/1991, em 16/07/1991. No entanto, de acordo com o Artigo 1º da Portaria Inmetro 84, de 30/07/1997, o Inmetro autorizava, pelo prazo de seis meses, contados da data da publicação daquela Portaria, "a comercialização dos equipamentos elétricos para atmosferas explosivas, além daqueles com Certificados de Conformidade "Ex" emitidos por Organismos de Certificação acreditados pelo INMETRO, aqueles equipamentos "Ex" que possuísem somente Relatórios de Ensaios "Ex", desde que tivessem sido emitidos pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), pela União Certificadora da Indústria Eletro Eletrônica (UCIEE), ou pelo Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE/USP) da Universidade de São Paulo".



**Exemplo de instalação de conjunto motor + acoplamento + caixa de engrenagens, contendo equipamentos elétricos e mecânicos "Ex" em áreas classificadas, contendo a presença de atmosferas explosivas formadas por gases inflamáveis ou poeiras combustíveis**

Mais informações sobre o escopo de acreditação do Laboratório de Ensaios de Equipamentos de instrumentação, automação, telecomunicações, elétricos e mecânicos "Ex" do TECHLAB estão disponíveis na página do Inmetro: <http://inmetro.gov.br/laboratorios/rble/docs/CRL0253.pdf>

# Métodos de seleção de EPI para proteção contra arcos elétricos segundo a NFPA 70E - Parte 2/3



*Aginaldo 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 CREA-SP.*

**A**s indicações de seleção nessa metodologia têm como base o ATPV ou EBT, e são apresentadas em duas tabelas que estabelecem duas faixas de trabalho dentro da NFPA 70E, baseadas na tabela 130.5 (G):

## Energias incidentes iguais a 1,2 cal/cm<sup>2</sup> até 12 cal/cm<sup>2</sup>

Vestimenta de proteção com resistência ao arco elétrico igual ou superior a energia incidente estimada

Camisa de manga comprida e calças, ou macacão ou traje de manobra

Protetor facial e balaclava ou capuz

Vestimenta de sobreposição (ex.: jaqueta, casaco, capa de chuva, capacete)

Luvas de couro resistentes, luvas com resistência ao arco elétrico, ou luvas isolantes de borracha com proteção de couro (sobreposição)

Capacete

Óculos de segurança (com haste ou tiras - goggles)

Protetores auriculares

Calçados de couro

## Energias incidentes superiores a 12 cal/cm<sup>2</sup>

Vestimenta de proteção com resistência ao arco elétrico igual ou superior a energia incidente estimada

Camisa de manga comprida e calças, ou macacão ou traje de manobra

Capuz Carrasco

Vestimenta de sobreposição (ex.: jaqueta, casaco, capa de chuva, capacete)

Luvas com resistência ao arco elétrico, ou luvas isolantes de borracha com proteção de couro (sobreposição)

Capacete

Óculos de segurança (com haste ou tiras - goggles)

Protetores auriculares

Calçados de couro

Um ponto importante é que não existem aí duas categorias de EPIs, para energias de até 12 cal/cm<sup>2</sup> ou superiores, existem indicações específicas para esses casos, e não podemos cair no erro de achar que essa metodologia exige uma resistência ao arco mínima de 12 cal/cm<sup>2</sup>. A única limitação de um EPI de proteção térmica é de 4 cal/cm<sup>2</sup> para que o mesmo possa ser qualificado para os trabalhos com energia elétrica onde esse perigo está presente.

O processo é concluído aqui. Todas as estimativas e critérios de seleção devem ser documentados. Obviamente que o processo é mais complexo e deve levar em conta diversos fatores ocupacionais, considerando aspectos ergonômicos, de conforto, bem-estar e liberdade de movimentos para execução das atividades, além de interação com outros EPIs que possam ser necessários no processo, mas o fundamento da proteção térmica se ampara na estimativa de energia incidente.

Não há razão ou fundamento para que se utilize uma categoria de EPI nesse caso, o importante é a RA adequada à energia incidente, e marcações no equipamento ou circuito elétrico, bem como no EPI, vão fornecer mais informações que garantam os trabalhos de forma adequada em casos de acidentes, impossibilitando os agravamentos dos efeitos térmicos dos arcos elétricos.

## MÉTODO DE SELEÇÃO PELA CATEGORIA DE EPI

A seleção de EPI por categoria de risco configura um processo simplificado, mas que, como mencionado anteriormente, não dispensa o processo de análise de riscos acerca dos perigos provenientes dos arcos elétricos. Como não envolve o processo de estimativa de energia incidente por meio de cálculos ou simulações, ele adota critérios diferentes, levando em conta características muito específicas de equipamentos e condições de trabalho, incluindo as características da rede elétrica, em corrente alternada ou corrente contínua.

O método traz duas tabelas principais para esse objetivo: a tabela para circuitos e equipamentos em corrente alternada, 130.7 (C) (15) (a); e a tabela para circuitos e equipamentos em corrente contínua,

# BLACK BOX G4400 Classe A



## ANÁLISE DA QUALIDADE DE ENERGIA DE FORMA DIRETA

- ▶ Log contínuo ciclo a ciclo de todas as variáveis elétricas;
- ▶ Resolução de até 1.024 amostras por ciclo;
- ▶ Funciona com pequenos ajustes e parametrizações;
- ▶ Memória interna para gravação completa dos dados por até um ano;
- ▶ Instrumento para instalação em painéis.

 ação engenharia  
e instalações®

REPRESENTANTE EXCLUSIVO

### MAIS INFORMAÇÕES

[www.acaoengenharia.com.br/produtos](http://www.acaoengenharia.com.br/produtos)  
[orcamento@acaoengenharia.com.br](mailto:orcamento@acaoengenharia.com.br)

(11) 3883-6050

130.7 (C) (15) (b). Cada tabela inclui equipamentos específicos, com correntes máximas de falha consideradas, bem como tempos máximos de proteção e tensões máximas de operação, e finalmente, distâncias mínimas ou limítrofes de posição de trabalho.

É evidente que tais informações possuem estimativas de energia incidente estabelecidas por processos que fundamentam as tabelas, mas que não são explicitados na norma, pois o intuito é orientar uma seleção sem a necessidade da análise de energia incidente, ou seja, orientar minimamente aqueles que não possuem condições de realizar tais estimativas. Dessa forma, as tabelas também trazem as Distâncias ou Limites de Aproximação Segura para cada configuração.

Se qualquer um dos seguintes critérios for extrapolado, é necessário recorrer ao método de análise de energia incidente, neste caso, a seleção por categoria não tem mais lugar no processo de análise de riscos:

- Sistemas de potência com correntes de falha superiores às indicadas para cada equipamento nas tabelas indicadas;
- Tempo das proteções superiores aos limites máximos apresentados para cada equipamento nas tabelas indicadas (corrente alternada, tabela 130.7 (C) (15) (a));
- Tempo de duração do arco elétrico superiores aos limites máximos apresentados para cada equipamento nas tabelas indicadas (corrente contínua, tabela 130.7 (C) (15) (b));
- Distâncias de trabalho inferiores aos limites mínimos apresentados para cada equipamento nas tabelas indicadas.

As tensões de operação também devem ser observadas nesses casos, pois pode haver contribuição no incremento de energia incidente.

Um ponto interessante a ser observado é que não identificamos na tabela 130.7 (C) (15) (a), para circuitos em corrente alternada, a categoria de EPI 3. Da mesma forma, não identificamos na tabela 130.7 (C) (15) (b), para circuitos em corrente contínua, a categoria de EPI 1.

Isso se deve à filosofia do processo, que em suas origens, foi fundamentado em camadas de tecidos de um material específico, informação que infelizmente não é detalhada na norma, mas é de conhecimento dos colegas que trabalharam nos primeiros documentos da NFPA.

Após a seleção da categoria de EPI, deve-se selecionar o equipamento com base em critérios de energia mínima por categoria, que tais EPIs devem demonstrar por meio de ensaios laboratoriais. É importante lembrar que esses valores mínimos de RA têm como base o ATPV ou o EBT.

# O método da esfera rolante, suas vantagens e cuidados



José Barbosa é engenheiro eletricista, relator do GT-3 da Comissão de Estudos CE: 03:064.010 - Proteção contra descargas atmosféricas da ABNT / Cobei responsável pela NBR5419. | [www.eletrica.app.br](http://www.eletrica.app.br)

Os métodos de captação reconhecidos pela comunidade científica e adotados pelas normas NBR 5419 e IEC 62305 são o método das malhas e o da esfera rolante. O método do ângulo de proteção, também mencionado nessas normas, é uma simplificação do método da esfera rolante, de modo que, na prática, contamos com apenas dois métodos principais. O método das malhas é amplamente utilizado, principalmente por sua simplicidade no dimensionamento e pelo baixo impacto no projeto arquitetônico. No entanto, o método da esfera rolante oferece a vantagem de permitir o uso de elementos naturais na proteção, superando obstáculos e reduzindo os custos da solução.

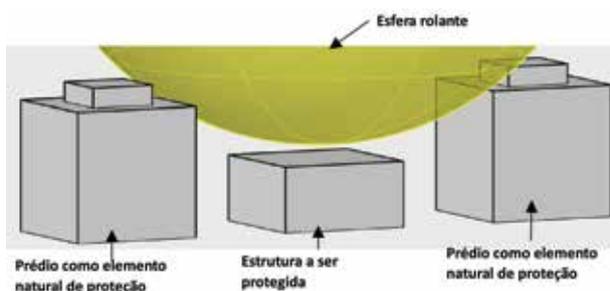


Figura 1 - Exemplo de utilização do método da esfera rolante

O método da esfera rolante envolve uma análise tridimensional, exigindo um estudo em 3D para contemplar todas as possibilidades de aproximação da descarga atmosférica. Esse método delimita o alcance do último salto entre os líderes descendente e ascendente. Assim, qualquer ponto onde a esfera tocar está suscetível a uma possível conexão com a descarga atmosférica.

Na figura 1, a esfera não entra em contato com a estrutura central, que deve ser protegida, sugerindo que uma aproximação vertical dos líderes não conseguiria estabelecer conexão com essa estrutura, mas sim com um dos prédios adjacentes. Já na figura 2, a esfera rolante é posicionada lateralmente, simulando uma aproximação inclinada

dos líderes, oriunda de uma nuvem que não se encontra diretamente sobre o conjunto de estruturas, mas se aproxima pela lateral. Nessa condição, mesmo tocando os prédios adjacentes, a esfera também toca a estrutura a ser protegida, indicando que a área destacada em cinza no zoom pode ser atingida nessa situação de aproximação lateral.

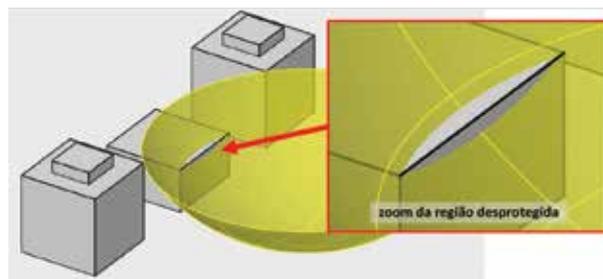


Figura 2 – Identificação de região desprotegida

Um exemplo clássico da aplicação do método da esfera rolante é ilustrado na figura 3, onde há guarda-corpos metálicos. A figura 4 mostra o resultado da proteção proporcionada pela esfera ao longo de toda a extensão da cobertura. Observa-se que a esfera não toca diretamente o prédio, apenas os guarda-corpos, evidenciando que eles atuam como elementos naturais e suficientes de captação.

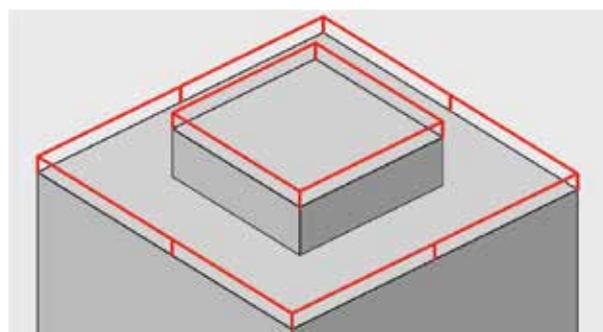
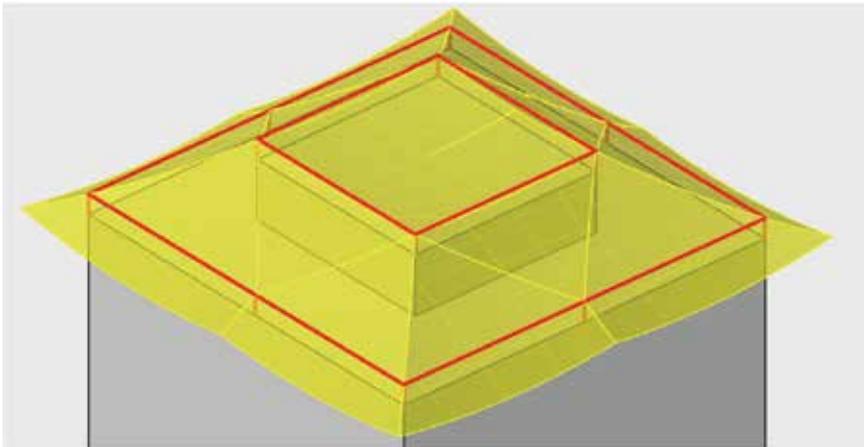


Figura 3 – Guarda-corpo como elemento natural

## Treinamento Inspeção UV para **Descargas Parciais** (Efeito Corona)



**Figura 4 – Método da esfera rolante em guarda corpo como elemento natural**

A utilização de elementos naturais de captação, por meio do método da esfera rolante, em combinação com elementos naturais de descida e aterramento, como a armadura de aço contínua de pilares, vigas e fundações em estruturas de concreto armado, possibilita uma solução de proteção contra descargas atmosféricas de baixíssimo custo. Isso é especialmente vantajoso quando o elemento natural de captação, como os guarda-corpos mencionados, já possui continuidade elétrica natural com as armaduras de aço da estrutura.



**Figura 5 – Medição de continuidade elétrica em guarda-corpo**

Lembrando que, conforme a NBR 5419:2015, as armaduras de aço de estruturas em concreto armado só podem ser utilizadas como elementos naturais de proteção se apresentarem continuidade elétrica ao longo de toda sua extensão, o que pode ser verificado visualmente ou por meio de medições de continuidade elétrica. Além disso, especialmente no caso dos elementos naturais de captação, é fundamental que eles sejam capazes de suportar os efeitos eletromecânicos provocados pela descarga atmosférica.

**2ª Edição**



### Quando Acontecerá?

## **OUTUBRO**

O treinamento será  
realizado nos dias  
**15, 16 e 17** em Belo  
Horizonte - MG



**Inscrições  
Abertas**



# A transição energética e a confiabilidade



Nunziante Graziano é engenheiro electricista, e diretor da Gimi Pogliano Blindosbarra Barramentos Blindados e da GIMI Quadros elétricos. | [nunziante@gimipogliano.com.br](mailto:nunziante@gimipogliano.com.br)

Os desafios de continuar o desenvolvimento econômico global, disseminar conforto e bem-estar com todas as benesses da tecnologia, tem um custo altíssimo, mas que nós, seres humanos, estamos absolutamente dispostos a pagar. Entretanto, a confiabilidade dos equipamentos elétricos tem sido cada vez mais exigida, visto que os sistemas são todos interconectados e a informação precisa estar disponível em tempo real.

Como falamos na edição anterior, a classificação TIER é um tipo de certificação que visa atestar o desempenho e a confiabilidade de infraestruturas de data centers. O conjunto de normas (ANSI/TIA/EIA-942) define parâmetros mecânicos, elétricos, arquitetônicos e de comunicação para a melhor execução de data centers. A classificação TIER é independente de porte (variando de 1 a 4, em ordem crescente de performance), atestando pontos como disponibilidade e desempenho para nortear os investimentos das empresas. Naturalmente, quanto mais alto o TIER, mais robusta a infraestrutura dos data centers, o que demanda instalações elétricas muito mais sofisticadas.

Entretanto, interrupções e falhas técnicas importam mais do que nunca. Falhas e tempo de inatividade têm consequências reais. É por esse motivo que é importante que as empresas quantifiquem e monitorem métricas relacionadas ao tempo de atividade, ao tempo de inatividade e à rapidez e à eficácia com que as equipes resolvem os itens.

As formas mais comuns de avaliação são MTBF (tempo médio antes da falha), MTTR (tempo médio para recuperação, para reparos, de resposta ou para a resolução), MTTF (tempo médio sem falhas) e MTTA (tempo médio para confirmação), que são índices concebidos para entender quantas, com que frequência, magnitude e nível de comprometimento da disponibilidade os incidentes ocorrem e são solucionadas. Com base no critério da disponibilidade e qual a contingência e redundância necessárias para cada sistema, escolhe-se a topologia da instalação.

Ainda assim, do ponto de vista dos quadros elétricos, estes são submetidos aos ensaios de tipo previstos nas normas NBR-IEC-62271-200 (para conjuntos de manobra e comando acima de 1kV) e na NBR-IEC-61439-1 (para conjuntos de manobra e comando em baixa tensão). Estes ensaios pretendem avaliar o projeto e a fabricação dos conjuntos para maximizar sua disponibilidade. Através de métodos estatísticos, as normas estabelecem ensaios que garantem altos níveis de probabilidade de falhas não ocorrerem.

Somados os conceitos de redundância, contingência, tempo de reparo, tempo médio entre falhas e probabilidades de falhas não ocorrerem, podemos estabelecer os melhores projetos com os custos mais adequados a cada instalação, não entregando aos sistemas, nem mais nem menos do que o necessário para uma operação adequada.





# Queimadas no Brasil: o que podemos aprender com o mundo?

*Daniel Bento, PMP®, é Eng. Eletricista e atua com redes isoladas de MT. Coordenou o Comitê de Estudos B1 do CIGRE, sendo coautor das Brochuras Técnicas 773 e 924. Foi responsável técnico da rede de distribuição subterrânea de SP. Atualmente, é CEO da BAUR do Brasil.*

**N**o momento em que escrevo este artigo, São Paulo atravessa o terceiro dia consecutivo como a metrópole com a pior qualidade do ar do mundo. Em agosto de 2024, o Brasil registrou o maior número de queimadas em 14 anos. Nos sete primeiros meses de 2024, mais de 5 milhões e 700 mil hectares foram queimados, um aumento de 92% em relação a 2023. As queimadas na Amazônia alcançaram o nível mais alto para o período em quase duas décadas. Nesse ritmo, corremos o risco de perder o Pantanal até 2070.

Certamente, as queimadas não poupam ninguém, e uma das consequências mais imediatas deste fenômeno para o setor elétrico é a interrupção no fornecimento de energia. Segundo o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), a fuligem e a fumaça dos incêndios são responsáveis por uma parcela significativa dos apagões no Brasil, ficando atrás apenas de condições meteorológicas adversas.

Enquanto o Brasil adota estratégias para lidar com as consequências imediatas desses desastres ambientais, outros países, como os Estados Unidos, vão além e já têm se preparado preventivamente para lidar com a questão. A comissão de serviços públicos da Califórnia aprovou recentemente um programa que exige que as concessionárias submetam planos para o enterramento de suas redes ao gabinete de segurança de infraestrutura energética do estado. A proposta visa não apenas mitigar os riscos de incêndios florestais, mas também reduzir os custos de implementação em projetos dessa natureza, com o ganho de escala.

Nesta direção, a Pacific Gas and Electric Company (PG&E) iniciou em 2021 um projeto ambicioso para enterrar 10 mil milhas de cabos em condados da Califórnia. O objetivo é

aumentar a resiliência das linhas de transmissão e distribuição elétrica em áreas de alto risco de incêndio.

Entretanto, quando o enterramento de cabos não é viável — seja por questões de custo ou por limitações técnicas —, novas abordagens são necessárias. Um projeto piloto da concessionária no Condado de San Mateo, Califórnia, adotou a instalação de cabos ao nível do solo no circuito Woodside 1101, através de um sistema inovador chamado Ground-Level Distribution System (GLDS).

O GLDS utiliza bandejas de polímero moldadas que mantêm os condutores dos cabos fixos enquanto o concreto geopolimérico, especialmente desenvolvido para este fim, é aplicado. Esses materiais são não metálicos, e são retardantes de chamas, garantindo proteção contra eventos como incêndios florestais, além de oferecerem resistência contra danos mecânicos, o que é crucial para um sistema instalado na superfície do solo.

As experiências de outros países, como os Estados Unidos, mostram que existem caminhos possíveis para mitigar esses impactos. O enterramento de cabos, embora custoso, tem se mostrado eficaz em regiões de alto risco. E quando essa alternativa não é viável, soluções inovadoras, como o GLDS, podem ser adaptadas ao contexto brasileiro.

O Brasil tem um longo caminho a percorrer para proteger suas florestas e, simultaneamente, garantir a segurança do seu sistema elétrico. A inovação tecnológica e as políticas públicas de longo prazo devem andar de mãos dadas. Aprender com os erros e acertos de outras nações é essencial para que possamos construir uma infraestrutura mais resiliente e sustentável, capaz de resistir aos desafios climáticos e ambientais, que só tendem a se intensificar.

# Aspectos técnicos não podem conviver com extremismos e conformismos



Por: Eng José Starosta – Diretor da Ação Engenharia e Instalações Ltda  
jstarosta@acaoenge.com.br

**N**ão pretendemos tratar diretamente sobre os aspectos sectários, religiosos, futebolísticos, político-partidários ou quaisquer outros fanatismos do cotidiano, mas sim, daqueles que permeiam os aspectos técnicos do nosso complexo setor elétrico brasileiro.

Não bastasse a recente tragédia no Rio Grande do Sul, neste 11 de setembro (ops!), assistimos impotentes o Brasil em chamas, com altos impactos no meio ambiente e na saúde pública. As notícias dos fatos são sempre relacionadas às “mudanças climáticas”.

Assistimos também a ANEEL, nesse mesmo período, anunciando a tarifa vermelha na conta de luz, decisão técnica devido ao baixo nível dos reservatórios das hidrelétricas. Decorrente dessa redução da capacidade das hidrelétricas, se faz necessário o aumento da produção das usinas térmicas, com uso de combustíveis fósseis, o que representa, automaticamente, maiores impactos no custo da energia gerada.

Os mais desatentos podem se perguntar: “mas por que o contínuo aumento da produção de energia proveniente das fontes eólica e solar não estão compensando o esvaziamento das hidráulicas, tornando a energia mais barata?”

Assunto já bastante discutido, este é, na verdade, o espiral da “morte” das distribuidoras de energia, considerando que quanto maior for o número de GD’s instaladas em consumidores, menor será a energia distribuída pelas distribuidoras/concessionárias.

Cabe ressaltar que, de forma tragicômica, são justamente as distribuidoras, as responsáveis pelo fornecimento da infraestrutura para receber a energia gerada pelos consumidores e suas GD’s, que, inclusive, provocam impactos negativos na qualidade da energia elétrica. Os consumidores que não possuem GD irão dividir a conta da manutenção da rede elétrica.

A necessária robustez do sistema elétrico nacional (e qualquer outro sistema elétrico) depende, dentre outras variáveis, da potência de curto-circuito e alta disponibilidade, características não presentes, por enquanto, nas fotovoltaicas e eólicas. A equação não possui solução imediata e requer avaliação de múltiplas variáveis, tratadas pelo planejamento energético nacional, com investimentos públicos, constantemente protelados e prazos não cumpridos.

Consumidores já não toleram as condições impostas pelo lado do fornecimento e arcam com custos adicionais para manterem suas atividades produtivas.

Os impactos ambientais são sentidos dramaticamente em todas as esferas, ano após ano, sem políticas de Estado para a solução dessas questões. Merecíamos ter um esforço de guerra para combater esses já conhecidos efeitos. Gestores públicos que qualificam a situação de inesperada e apontam o dedo a outrem, não são, definitivamente, o esperado pela sociedade. Talvez apontá-los para seus próprios espelhos, possa ser a melhor saída.





Conheça nossa  
linha de  
Baixa Tensão

## Solução completa em dispositivos de proteção, comando e medição elétrica

Referência mundial em automação industrial, a Mitsubishi Electric fornece também produtos e soluções para proteção elétrica de instalações, que podem ser aplicados em diversos segmentos, de grandes indústrias e edifícios a painéis e residências, inclusive no canteiro de obras.

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

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

Conheça a Mitsubishi Electric nos seguintes canais:

Escaneie  
para mais  
informações:



# Minerais estratégicos para a transição energética – o caso do cobalto



*Danilo de Souza 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. Danilo também é Pesquisador no Instituto de Energia e Ambiente da USP | [www.profdanilo.com](http://www.profdanilo.com)*

O cobalto é um dos minerais críticos para a transição energética, desempenhando um papel fundamental na produção de baterias de íons de lítio, utilizadas em veículos elétricos (EVs) e sistemas de armazenamento de energia, como smartphones, notebooks e outros eletrônicos portáteis com baterias. Com o avanço da transição para fontes e usos finais em tecnologias de baixo carbono, o cobalto teve uma resignificação como um dos principais componentes na transformação global do setor energético. A demanda por esse mineral está crescendo rapidamente, impulsionada pela necessidade de eletrificação de setores que anteriormente dependiam de combustíveis fósseis, especialmente o transporte e a geração de energia elétrica.

De acordo com o relatório da Agência Internacional de Energia (IEA), as baterias de íons de lítio (já discutimos anteriormente nesta coluna) são amplamente utilizadas devido à sua alta densidade de energia, longevidade e desempenho, características fortemente influenciadas pelo cobalto. Ele é fundamental para melhorar a estabilidade térmica e a capacidade das baterias, o que permite o armazenamento eficiente de grandes quantidades de energia. As baterias que utilizam cobalto como elemento principal, como aquelas com química NMC (níquel, manganês e cobalto), são consideradas essenciais para sustentar a transição energética global.

Vale lembrar que o aumento da produção de veículos elétricos é um dos maiores responsáveis pelo crescimento da demanda por cobalto. Conforme o mercado de EVs cresce, as expectativas são de que a demanda por cobalto se amplie de forma significativa nas próximas décadas. A IEA destaca que, até 2040, a demanda por cobalto pode ser até 25 vezes maior que os níveis atuais, dependendo do cenário de transição energética adotado. Além disso, o cobalto é essencial não apenas para o setor de transportes, mas também para o armazenamento de energia em larga escala, que se torna cada vez mais necessário à

medida que fontes intermitentes de energia, como solar e eólica, se expandem.

Os números indicam que, para atender às metas climáticas (o que vem se desenhando como um grande desafio), a demanda por minerais como o cobalto deverá crescer exponencialmente. A transição energética para um futuro de baixa emissão (emissões líquidas zero é cenário que, conforme já discutimos, está bastante distante do que temos atualmente) requer o uso maciço de baterias e tecnologias de armazenamento de energia, que dependem de cobalto, níquel e outros minerais críticos.

De se destacar que um dos maiores desafios em torno do uso do cobalto é sua produção altamente concentrada. Mais de 60% do cobalto global é extraído na República Democrática do



Congo (RDC), o que gera preocupações em termos de segurança de fornecimento, transparência e condições de trabalho. Ademais, o processamento do cobalto é amplamente dominado pela China, que controla mais de 70% da capacidade global de refino do mineral. Essa concentração suscita incertezas, pois crises políticas, sanções econômicas ou barreiras comerciais podem facilmente interromper a cadeia de fornecimento.

A extração de cobalto na RDC está profundamente enraizada em abusos dos direitos humanos, incluindo trabalho infantil, mortes não declaradas, e condições desumanas para os trabalhadores, como exposto no livro *Cobalt Red*, do pesquisador Siddharth Kara. Trabalhadores artesanais, incluindo crianças, escavam o mineral essencial para baterias de dispositivos eletrônicos portáteis, muitas vezes com as mãos nuas, sem equipamentos de proteção adequados e expostos a toxinas perigosas. O impacto na saúde é devastador, com relatos de abortos espontâneos, doenças respiratórias e até mortes, frequentemente não documentadas. As grandes empresas de tecnologia, embora afirmem adotar práticas responsáveis, são involuntariamente cúmplices desse sistema, já que o cobalto extraído sob tais condições flui para as cadeias de suprimento globais.

Apesar de esforços como a Global Battery Alliance e a Responsible Minerals Initiative, as condições de mineração permanecem perigosas, com mineradores enfrentando colapsos de túneis, agressões físicas e sexuais, e vivendo em extrema pobreza. Kara destaca que, sem uma ação urgente para melhorar as condições de trabalho e a formalização do setor de mineração artesanal, a exploração e destruição ambiental continuarão a prejudicar o povo congolês.

O mercado global de cobalto também está sujeito a grandes variações de preço, o que pode afetar o custo de produção de baterias. Nos últimos anos, o preço do cobalto tem mostrado volatilidade significativa, impulsionado principalmente por flutuações na oferta e por incertezas em relação ao controle das reservas no Congo e nas políticas de exportação chinesas. Portanto, é fundamental que países importadores, como Estados Unidos e membros da União Europeia, bem como os países em desenvolvimento do BRICS, invistam em estratégias para mitigar essa dependência, incluindo pesquisas para descobertas de novas reservas e a reciclagem de baterias usadas.

Atualmente, a taxa de reciclagem do cobalto ainda é baixa em comparação a outros metais como o alumínio e o cobre. No entanto, com a crescente quantidade de baterias de veículos elétricos que atingem o final de sua vida útil, a reciclagem de cobalto deverá se tornar um componente fundamental para atender à demanda futura de forma sustentável. A reciclagem de cobalto no contexto da economia circular e outros minerais essenciais pode reduzir a necessidade de novas explorações em até 10% até 2040, aliviando parte da pressão sobre os recursos naturais e mitigando o impacto ambiental da mineração. Além disso, as pesquisas sobre novas tecnologias de baterias estão



explorando maneiras de reduzir a quantidade de cobalto necessária sem comprometer o desempenho. Químicas alternativas, como o desenvolvimento de baterias com maior proporção de níquel ou que utilizam outros materiais, estão em fase de desenvolvimento, mas ainda não são viáveis em larga escala.

Outro aspecto importante do cobalto é o impacto ambiental de sua extração e processamento. Sua mineração tem sido associada a uma série de problemas ambientais, incluindo contaminação da água, desmatamento e altos níveis de emissões de carbono devido aos métodos de processamento. À medida que a demanda por cobalto aumenta, cresce também a pressão para que o setor se torne mais sustentável e adote práticas de processamento de baixo carbono. Iniciativas nas operações de mineração para reduzir o consumo de água e minimizar os resíduos devem ser o foco nos próximos anos.

Nessa perspectiva, o cobalto desempenha um papel central na transição para um sistema energético de baixo carbono. Sua importância no armazenamento de energia e na eletrificação do transporte o coloca como um mineral estratégico para a mitigação das mudanças climáticas. No entanto, a dependência de fontes concentradas de fornecimento, os desafios ambientais e as limitações tecnológicas sugerem que serão necessárias grandes mudanças tanto no fornecimento quanto no consumo de cobalto. A reciclagem e a inovação tecnológica serão fundamentais para garantir que o cobalto continue a contribuir para a transição energética para uma matriz primária e usos finais de baixo carbono no ciclo de vida completo, ao mesmo tempo que a governança e os cuidados com o ambiente devem ser intensificados para reduzir os impactos negativos associados à extração e processamento desse mineral.

# Gerenciamento de riscos operacionais e regulatórios em contingências climáticas no setor elétrico



*Caio Huais é engenheiro industrial, especialista em Engenharia Elétrica e Automação com MBA em engenharia de manutenção e gestão de negócios. Atualmente, ocupa posição de gerente corporativo de manutenção no Grupo Equatorial, respondendo pelo desempenho da Alta Tensão de 7 concessionárias do Brasil.*

**A**s mudanças climáticas têm se tornado uma das maiores preocupações globais, impactando diversos setores da economia.

O setor elétrico, segmento fundamental para o desenvolvimento e a manutenção da infraestrutura moderna e vital para o desenvolvimento econômico e social de um país, vem enfrentando desafios crescentes devido às mudanças climáticas. Situações como tempestades, enchentes e secas não apenas impactam a operação das empresas do setor, como também trazem à tona questões regulatórias e de conformidade.

As mudanças climáticas podem gerar uma série de riscos operacionais para as empresas de energia, que devem realizar o gerenciamento dos riscos em situações como:

**-Riscos físicos:** danos à infraestrutura, interrupção no fornecimento de energia e aumento da demanda durante eventos climáticos extremos;

**- Riscos de conformidade:** alterações nas regulamentações que visam mitigar os impactos climáticos, exigindo adaptações nas operações das empresas; e

**-Riscos de reputação:** aumenta a pressão social sobre as empresas para que adotem práticas sustentáveis e se preparem para eventos climáticos.

Para lidar com esses desafios, as empresas do setor elétrico devem implementar uma estrutura robusta de gerenciamento de riscos que inclua: identificação de riscos; avaliação e priorização; desenvolvimento de planos de contingência e mitigação; conformidade regulatória e monitoramento contínuo; e comunicação.

**Identificação de riscos** - O primeiro passo é a identificação dos riscos operacionais e regulatórios. Isso pode ser feito através de:

**Análise de cenários:** simulações de diferentes eventos climáticos e seus impactos na operação, isso inclui tempestades, inundações e queimadas;

**Mapeamento de ativos:** identificação de infraestrutura vulnerável e sua localização em áreas propensas a desastres. (Essa coluna já trouxe uma abordagem do risco operacional, uma ferramenta que mede vulnerabilidade, impacto e risco dos ativos em operação).

Após a identificação, é crucial avaliar a probabilidade e o impacto de cada risco, priorizando aqueles que podem causar maiores danos

à operação e à conformidade regulatória. Em seguida, planos de mitigação devem ser elaborados para cada risco identificado, abrangendo ações como:

**- Investimentos em infraestrutura resiliente:** fortalecimento de redes elétricas e proteção de subestações.

**Treinamento e capacitação:** preparar as equipes para responder rapidamente a emergências.

**Parcerias estratégicas:** colaborar com órgãos governamentais e ONGs para desenvolver iniciativas de prevenção e resposta.

**Conformidade regulatória** - As empresas devem estar atentas às mudanças nas regulamentações que podem surgir em resposta a eventos climáticos. Isso inclui temas como normas ambientais, que são requisitos para a redução das emissões de gases de efeito estufa e o uso de energias renováveis. Também devem ser observadas as regulamentações de segurança, com diretrizes para garantir a operação segura durante eventos extremos.

Um sistema de monitoramento contínuo é fundamental para garantir que as empresas estejam em conformidade com as regulamentações e possam se adaptar rapidamente a novas exigências. Além disso, uma comunicação eficaz é essencial durante a gestão de crise. As empresas devem manter uma linha aberta de comunicação com seus stakeholders, clientes, investidores e órgãos reguladores, que devem ser informados sobre os riscos e as ações tomadas. Havendo danos, as empresas devem engajar-se com as comunidades afetadas, garantindo uma resposta coordenada e eficaz.

Portanto, o gerenciamento de riscos operacionais e regulatórios no setor elétrico, especialmente em face de contingências climáticas, é uma tarefa complexa, mas vital. As empresas que adotam uma abordagem proativa na identificação, avaliação e mitigação desses riscos, estarão mais bem posicionadas para enfrentar os desafios futuros e contribuir para um setor elétrico mais sustentável e resiliente. Os investimentos em infraestrutura, capacitação e comunicação, são fundamentais para garantir, não apenas a continuidade dos serviços, mas também a proteção do meio ambiente e das comunidades envolvidas.



**cigre**  
Brasil

# Seja sócio

## do CIGRE-Brasil

e faça parte da mais importante  
comunidade global do setor elétrico!

Saiba mais em [cigre.org.br/associacao](http://cigre.org.br/associacao)  
ou através do QR Code:





# IOSE

INSTITUTO O SETOR ELÉTRICO  
EDUCAÇÃO E NEGÓCIOS

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

Automação de subestações • Aterramento de SE e LTs • Aterramento e PDA em UFV • Energia incidente • OpenDSS • O&M de subestações • O&M de parques eólicos • Projeto de subestações • Proteção de SEP • Proteção e seletividade de cabines MT • Qualidade de Energia e a Geração Distribuída • Transformadores de potência



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

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

### Índice de anunciantes

AÇÃO ENGENHARIA	71
APS	19
BRVAL	27
Cigre	81
CLAMPER	23
COBRECOM	15
CONDUMAX	39
DOMINIK	3ª capa
ELGIN	5
EMBRASSTEC	55
EXPONENCIAL	69
GONZAGA	73
GRUPO GIMI	2ª capa e 37
INTELLI	4ª capa
ITAIPU	53
KRJ	59
MAXBAR	13
MCI	63
MINUZZI	25
MITSUBISHI	77
NEOCABLE	51
ORECON	49
PEXTRON	31
ROMAGNOLE	47
SIL	9
STHRAL	11
TELBRA EX	67
TRAEAL	43
VARIXX	29
VINCE ENERGIE	35
WL ATACADISTA	45

SIGA-NOS:



GRUPO  
**DOMINIK** 70

# **BOBINADOR TM 1250**

## **FRACIONA ROLOS E BOBINAS DE FIOS E CABOS**

- **BAIXO CUSTO OPERACIONAL**
- **VENDA E LOCAÇÃO**



+55 (48) 33813333

+55 (48) 98403-9291

VISITE NOSSO SITE:

[dominikindtech.com.br](http://dominikindtech.com.br)

**DOMINIK**  
TECNOLOGIA INDUSTRIAL

# TBTA

## TERMINAL BIMETÁLICO À COMPRESSÃO

A solução para conexões entre cabos de alumínio e barramentos de cobre.

**Os terminais TBTA acomodam condutores de 16 a 500mm<sup>2</sup>.**

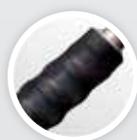
### CONHEÇA TAMBÉM:



**TBBD**  
TERMINAL BIMETÁLICO  
PARA DISJUNTOR



**TBPC**  
TERMINAL BIMETÁLICO  
TIPO PINO CHATO



Todos os TERMINAIS BIMETÁLICOS do GRUPO INTELLI acompanham tubo termocontrátil.

**FABRICADOS NO BRASIL**

Siga-nos nas redes sociais.

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



**VISITE-NOS NO  
CINASE**  
CONGRESSO & EXPOSIÇÃO  
BRASÍLIA/DF  
06 E 07 DE NOVEMBRO DE 2024

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