

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ITUMBIARA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

Maike Alex Kobayashi

**NORMAS TÉCNICAS E REGULAMENTAÇÕES DO SETOR ENERGÉTICO:
Um estudo acerca das alterações normativas da empresa Equatorial Energia
Goiás**

**ITUMBIARA-GO
2026**



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Maike Alex Kobayashi

Matrícula: 20161040070368

Título do Trabalho: Normas Técnicas e Regulamentações do Setor Energético: Um estudo acerca das alterações normativas da empresa Equatorial Energia Goiás

Autorização - Marque uma das opções

1. (X) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Itumbiara-GO, 16/07/2026.

Local

Data



Documento assinado digitalmente

MAIKE ALEX KOBAYASHI

Data: 16/07/2026 11:40:44-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Maike Alex Kobayashi

**NORMAS TÉCNICAS E REGULAMENTAÇÕES DO SETOR ENERGÉTICO:
Um estudo acerca das alterações normativas da empresa Equatorial Energia
Goiás**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), Câmpus Itumbiara, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Engenharias; Engenharia Elétrica; Sistemas Elétricos de Potência.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Arantes de Frietas.

**ITUMBIARA-GO
2026**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

K75n Kobayashi, Maike Alex
Normas técnicas e regulamentações do setor energético: um estudo acerca das alterações normativas da empresa Equatorial Energia Goiás. / Maike Alex Kpbayashi. – Itumbiara, 2026.
38 p. : il.

Trabalho de conclusão do curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Itumbiara, 2026.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Arantes de Freitas.

1. Concessionárias de energia. 2. Energia elétrica. 3. Normas técnicas (Engenharia). I. Título. II. Freitas, Marcos Antônio Arantes de. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

CDD 621.319

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Biblioteca Maria Gabriela Pacheco Pardey / Câmpus Itumbiara
Bibliotecário: Rosiane Gonçalves de Lima CRB1/1684



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ITUMBIARA

Maike Alex Kobayashi

**NORMAS TÉCNICAS E REGULAMENTAÇÕES DO SETOR ENERGÉTICO: UM ESTUDO ACERCA DAS ALTERAÇÕES
NORMATIVAS DA EMPRESA EQUATORIAL ENERGIA GOIÁS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Itumbiara, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovado em 30 de Junho de 2026.

(Assinado Eletronicamente)

Prof. Dr. Marcos Antônio Arantes de Freitas
Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara
Orientador

(Assinado Eletronicamente).

Prof. Dr. Diogo Soares Resende
Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara
Coorientador e Avaliador

(Assinado Eletronicamente).

Prof. Dr. Victor Régis Bernardeli
Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara
Avaliador

Documento assinado eletronicamente por:

- **Diogo Soares Resende**, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC1 - ITU-CCBEEL, em 16/07/2026 10:03:58.
- **Victor Regis Bernardeli**, CHEFE - CD4 - ITU-DAA, em 16/07/2026 10:03:16.
- **Marcos Antonio Arantes de Freitas**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 16/07/2026 09:59:36.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 16/07/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 800775

Código de Autenticação: ef3cd8123c



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Avenida Furnas, nº 55, 55, Bairro Village Imperial, ITUMBIARA / GO, CEP 75524-010
(64) 2103-5604 (ramal: 5604)

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcos Antônio Arantes de Freitas, pela orientação, pelos ensinamentos compartilhados e pelo apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Diogo Soares Resende, pela disponibilidade, pelas contribuições técnicas e pelo suporte oferecido ao longo da pesquisa.

Ao Prof. Victor Regis Bernardeli, coordenador do Curso de Engenharia Elétrica, pelo incentivo e dedicação ao desenvolvimento acadêmico dos alunos.

À minha mãe, Ilma Izildinha Terra, por todo amor, apoio, incentivo e confiança, sendo uma fonte constante de motivação em todos os momentos.

À minha família, pelo carinho, compreensão e suporte incondicional durante toda a trajetória acadêmica.

RESUMO

A energia elétrica desempenha papel fundamental no desenvolvimento econômico e social, sendo indispensável para o funcionamento de atividades industriais, comerciais e residenciais. Nesse contexto, as normas técnicas adotadas pelas concessionárias de energia são instrumentos essenciais para garantir a padronização, segurança e eficiência das instalações elétricas. O presente trabalho teve como objetivo comparar as normas técnicas de fornecimento de energia elétrica aplicadas pela antiga concessionária Enel Goiás e pela atual Equatorial Energia Goiás, analisando diferenças em requisitos técnicos, padrões construtivos e critérios de instalação em sistemas de média tensão. A pesquisa foi caracterizada como documental e comparativa, baseada na análise de normas técnicas oficiais das concessionárias, complementada por registros fotográficos obtidos em campo. Os resultados evidenciaram mudanças significativas em diversos aspectos técnicos, incluindo restrições na instalação de transformadores monofásicos, atualização dos critérios de proteção com elos fusíveis, alterações na configuração das redes rurais com a flexibilização do uso do condutor neutro, aumento das exigências na malha de aterramento e modificações na padronização de cabos e estruturas de rede. Também foram identificadas mudanças nos critérios para apresentação de projetos técnicos e na padronização de postes e dispositivos de conexão em redes de baixa tensão. De modo geral, as normas da Equatorial apresentam maior nível de detalhamento técnico e padronização, buscando aumentar a segurança e a confiabilidade da rede de distribuição. Entretanto, algumas alterações podem resultar em aumento de custos de instalação e em limitações técnicas para determinados proprietários, especialmente em áreas rurais. Conclui-se que a modernização normativa contribui para a melhoria da infraestrutura elétrica, mas também evidencia a necessidade de equilíbrio entre rigor técnico, viabilidade econômica e acessibilidade do serviço.

Palavras-chave: energia elétrica; normas técnicas; transformadores; concessionárias de energia.

ABSTRACT

Electric energy plays a fundamental role in economic and social development, being essential for the operation of industrial, commercial, and residential activities. In this context, technical standards adopted by power distribution companies are essential instruments to ensure the standardization, safety, and efficiency of electrical installations. This study aimed to compare the technical standards for electricity supply applied by the former concessionaire Enel Goiás and the current distributor Equatorial Energia Goiás, analyzing differences in technical requirements, construction standards, and installation criteria in medium-voltage systems. The research was characterized as documentary and comparative, based on the analysis of official technical standards issued by the concessionaires and complemented by field photographs obtained during technical visits. The results revealed significant changes in several technical aspects, including restrictions on the installation of single-phase transformers, updates to protection criteria using fuse links, changes in rural network configurations with the flexibilization of the neutral conductor requirement, increased grounding system requirements, and modifications in the standardization of cables and network structures. Changes were also identified in the criteria for submitting technical projects and in the standardization of poles and connection devices in low-voltage networks. Overall, the standards adopted by Equatorial present a higher level of technical specification and standardization, aiming to improve the safety and reliability of the distribution network. However, some modifications may lead to increased installation costs and technical limitations for certain consumers, especially in rural areas. It is concluded that normative modernization contributes to improvements in electrical infrastructure but also highlights the need to balance technical rigor, economic feasibility, and service accessibility.

Keywords: *electric energy; technical standards; transformers; power utilities.*

SUMÁRIO

1. Introdução.....	8
2. Objetivos.....	11
2.1 Objetivo Geral.....	11
2.2 Objetivos específicos.....	11
3. Materiais e Métodos.....	12
4. Resultados.....	13
4.1 Alterações nas condições de instalação de transformadores monofásico.....	13
4.2 Configuração da rede rural e uso do condutor neutro.....	15
4.3 Exigências para apresentação de projetos de subestações.....	17
4.4 Padronização e especificações de transformadores.....	17
4.5 Critérios de proteção e dimensionamento de elos fusíveis.....	19
4.6 Descontinuação do cabo neutro em redes de média tensão.....	21
4.7 Desburocratização na apresentação de projetos técnicos.....	22
4.8 Alterações na instalação de transformadores monofásicos.....	22
4.9 Padronização dos postes de distribuição.....	24
4.10 Aprimoramento da malha de aterramento.....	25
4.11 Alterações nas especificações de cabos de média tensão.....	26
5. Discussão.....	28
6. Conclusão.....	35
7. Referências.....	36

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica constitui um dos pilares fundamentais para o desenvolvimento das sociedades modernas, sendo responsável por impulsionar atividades industriais, comerciais, residenciais e de serviços essenciais, além de desempenhar papel determinante na melhoria da qualidade de vida das populações. Desde a sua descoberta e consolidação como fonte de energia utilizável em larga escala no final do século XIX, a eletricidade passou a ser indispensável para a evolução tecnológica e econômica dos países (BARBOSA et al, 2021). Sua utilização contribuiu para a mecanização da indústria, expansão da infraestrutura urbana, desenvolvimento de transportes e consolidação de sistemas de comunicação, sendo considerada até hoje um insumo estratégico para a competitividade e soberania nacional (BORGES et al, 2022).

No Brasil, o processo de expansão da energia elétrica teve início ainda no final do século XIX, com destaque para a instalação de pequenas centrais hidrelétricas voltadas ao atendimento de demandas urbanas e industriais. Com o crescimento populacional e o aumento da industrialização no século XX, houve a necessidade de organizar o setor por meio da criação de órgãos reguladores e estatais responsáveis pela geração, transmissão e distribuição da energia, como a Eletrobras, criada em 1962, que desempenhou papel central na expansão do sistema elétrico brasileiro (GOULART, 2021). Atualmente, o Brasil possui uma das maiores matrizes energéticas renováveis do mundo, com predominância da geração hidrelétrica, embora enfrente desafios relacionados à diversificação de fontes, modernização da rede e universalização do acesso à eletricidade em áreas remotas (EPE, 2022).

A energia elétrica é, portanto, elemento essencial não apenas para o crescimento econômico, mas também para o desenvolvimento social, visto que garante condições básicas para saúde, educação, saneamento e inclusão digital. Nesse contexto, as concessionárias de energia elétrica assumem papel estratégico, uma vez que são responsáveis pela operação da rede de distribuição e pelo atendimento direto a unidade consumidora. Essas empresas devem não apenas assegurar o fornecimento contínuo e seguro, mas também adotar práticas de gestão voltadas à eficiência, sustentabilidade e qualidade do serviço, obedecendo às diretrizes estabelecidas pelos órgãos reguladores, como a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (ANEEL, 2024).

Em Goiás, a distribuição de energia elétrica foi historicamente responsabilidade da Companhia Energética de Goiás (CELG). Em 2017, no contexto do processo de

desestatização, o controle da companhia foi transferido para a iniciativa privada, sendo adquirido pela empresa Enel Brasil, que passou a administrar a concessão no estado. Posteriormente, em 2022, o controle da distribuidora foi novamente transferido, desta vez para o grupo Equatorial Energia, que assumiu a responsabilidade pela operação, manutenção e expansão do sistema de distribuição de energia elétrica em Goiás (TCU, 2021). A mudança representou uma transição significativa no setor elétrico goiano, marcando o fim de um período de gestão estatal e o início de uma fase de administração privada, pautada em novas estratégias de investimento, modernização da infraestrutura e melhoria dos indicadores de qualidade (AYASTUY, 2025).

Antes de sua privatização e transferência de controle para a iniciativa privada, a concessionária CELG-D enfrentava uma série de desafios econômico-financeiros e operacionais que comprometiam sua capacidade de investimento e qualidade de serviço. Documentos técnicos apontam que a empresa estava em situação financeira desafiadora, com desequilíbrio econômico-financeiro devido ao aumento dos gastos com compra de energia e restrições no reajuste tarifário, o que impactou suas atividades de manutenção e expansão da rede, sobretudo em relação à continuidade do fornecimento. (AGR, 2024).

Com base nesse cenário, a CELG-D foi incluída no Programa Nacional de Desestatização (PND), e o processo de privatização foi formalizado em leilão realizado em 30 de novembro de 2016, quando a italiana Enel Brasil S.A. apresentou a melhor oferta pelo controle acionário da distribuidora (TCU, 2021). A concretização da transferência ocorreu em fevereiro de 2017, após aprovação pelos órgãos reguladores competentes, como a Agência Nacional de Energia Elétrica e o Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE), consolidando a mudança de gestão e abrindo espaço para novos investimentos na infraestrutura de distribuição em Goiás (ANEEL, 2023).

A Equatorial Energia, atualmente responsável pela distribuição em Goiás, é uma das maiores empresas do setor elétrico nacional, operando em diferentes estados brasileiros (ANEEL, 2023). A companhia tem como valores institucionais a inovação, a eficiência e a busca pela excelência no atendimento, priorizando a confiabilidade no fornecimento e a satisfação do usuário. A mudança de gestão, entretanto, gerou impactos tanto para os consumidores, que passaram a vivenciar alterações nos processos de atendimento e nos padrões de fornecimento, quanto para o setor regulador, que precisou acompanhar e fiscalizar

a implementação das novas diretrizes técnicas e comerciais adotadas pela empresa (AGR, 2024).

As normas técnicas aplicáveis ao setor elétrico desempenham papel essencial na padronização, segurança e eficiência do fornecimento de energia, representando um elo direto entre concessionárias, proprietários e órgãos reguladores. Elas funcionam como instrumentos que garantem não apenas a qualidade do serviço prestado, mas também a confiabilidade da rede elétrica, assegurando que os usuários tenham acesso a um fornecimento contínuo e adequado às necessidades de cada região (Equatorial Energia Goiás, 2023). No Brasil, tais regulamentações são elaboradas e fiscalizadas em consonância com ANEEL, que estabelece as diretrizes para a regulação do setor, além de determinar parâmetros de qualidade, segurança e atendimento que as concessionárias devem seguir (ANEEL, 2024).

A atualização periódica dos documentos acompanha a evolução tecnológica, o crescimento da demanda energética e as mudanças no perfil de consumo, evitando que o sistema elétrico se torne obsoleto diante de novas exigências sociais e econômicas (KURTZ, 2025). Dessa forma, analisar comparativamente as normas utilizadas pela antiga ENEL e as atualmente aplicadas pela Equatorial Energia Goiás permite não apenas compreender o impacto técnico dessas alterações, mas também refletir sobre os efeitos práticos na vida dos consumidores, na rotina das concessionárias e na própria dinâmica regulatória do setor elétrico

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Comparar as alterações normativas referentes ao fornecimento de energia elétrica implementadas pela Equatorial Energia em relação às normas adotadas pela antiga concessionária ENEL Goiás no estado

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as principais normas técnicas adotadas pelas concessionárias de energia elétrica no estado de Goiás.
- Identificar e descrever as diferenças nos requisitos, parâmetros técnicos e representações gráficas.
- Verificar alterações relevantes nos dispositivos, equipamentos e sistemas de proteção elétrica exigidos.
- Avaliar o impacto das diferenças normativas na execução, segurança e custos das instalações elétricas.
- Discutir a adequação de cada norma às necessidades técnicas e operacionais da rede elétrica

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa caracteriza-se como documental e comparativa, empregando uma abordagem de análise crítica e sistemática das normas técnicas de fornecimento de energia elétrica aplicáveis no Estado de Goiás, com ênfase nas mudanças introduzidas durante a transição da concessionária ENEL Goiás para a Equatorial Energia Goiás. O estudo busca não apenas identificar diferenças normativas, mas também avaliar suas implicações técnicas, operacionais e regulatórias, contribuindo para o aprimoramento do conhecimento sobre práticas de distribuição de energia elétrica em contextos urbanos e rurais.

Como principais fontes de dados, serão utilizadas as Normas Técnicas de Critérios de Projetos e Padrões Construtivos disponibilizadas oficialmente pelas concessionárias e complementadas, quando necessário, por regulamentações e documentos técnicos emitidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), garantindo a confiabilidade e a abrangência da análise.

A seleção das regulamentações será realizada de forma direcionada, considerando a relevância dos tópicos para a comparação e análise das alterações técnicas e procedimentais, não sendo necessária a inclusão integral de todos os documentos disponíveis, permitindo enfoque mais detalhado nos aspectos críticos.

A metodologia de análise foi estruturada em duas etapas complementares. Inicialmente, foi realizada uma avaliação geral das especificações técnicas, contemplando a organização, a estrutura, a abrangência e os critérios estabelecidos para o fornecimento de energia elétrica, incluindo padrões construtivos, requisitos de segurança e diretrizes de operação. Posteriormente, a análise foi aprofundada em pontos específicos de divergência, considerando alterações em dimensionamento, proteções, equipamentos, desenhos técnicos e demais procedimentos normativos que evidenciem diferenças relevantes entre as concessionárias.

Para a apresentação e sistematização dos resultados são utilizadas imagens extraídas diretamente das normas e fotografias de campo, obtidas em visitas técnicas às instalações das concessionárias, a fim de ilustrar a aplicação prática das documentações e reforçar a validade da análise. A investigação foi conduzida predominantemente de forma descritiva, permitindo uma exposição detalhada das diferenças normativas, enquanto a interpretação crítica foi

desenvolvida na seção de discussão, considerando os impactos regulatórios, técnicos e operacionais decorrentes das alterações analisadas.

4. RESULTADOS

4.1 Alterações nas condições de instalação de transformadores monofásico

Ao comparar as normas referentes ao fornecimento de energia elétrica em média tensão, observa-se uma alteração importante nas condições para instalação de transformadores monofásicos. A regulamentação anterior, NTC-05, embora estabelecesse padrões construtivos para instalação de transformadores, apresentava menor nível de detalhamento quanto às restrições específicas para diferentes faixas de potência. Essa abordagem permitia maior flexibilidade nos arranjos de instalação quando comparada à norma atual (Figura 1).

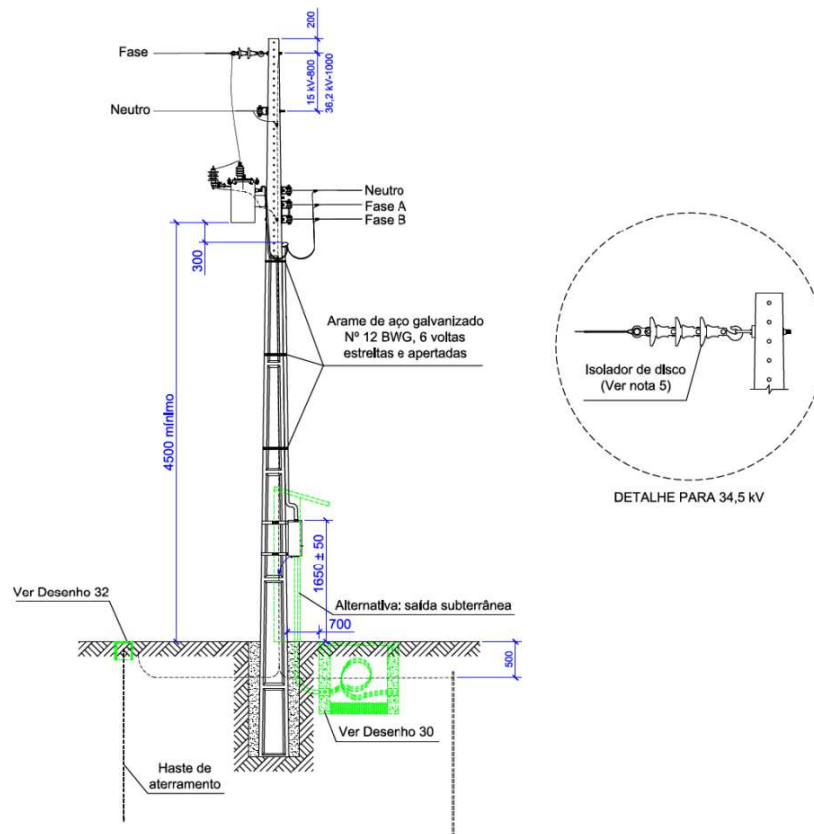
Essa diferença normativa também foi verificada em registros fotográficos de campo. Observa-se, por exemplo, a placa de identificação do transformador monofásico com secundário 440–220 V, característica associada ao padrão anteriormente permitido pela documentação da CELG (Figura 3B). Em contraste, instalações associadas ao padrão atual apresentam transformadores identificados com secundário apenas com disponibilidade de 220 V, conforme estabelecido pela regulamentação vigente (Figura 3A).

Da mesma forma, foram registrados elementos do sistema de medição e proteção utilizados nessas instalações, incluindo medidor monofásico (Figura 3C) e transformador de corrente com relação 200–5 (Figura 3D), mostrando a configuração de medição empregada conforme as condições de fornecimento estabelecidas pela concessionária. Ressalta-se que o medidor monofásico é um componente presente em diferentes normativas, sendo apresentado neste contexto para evidenciar sua limitação de corrente nominal, tipicamente de até 100 A. Considerando que um transformador de 37,5 kVA operando em 220 V pode demandar correntes da ordem de 170 A, com proteção associada por disjuntor de 175 A, torna-se necessária a utilização de transformadores de corrente para adequar os níveis de corrente à faixa de medição do equipamento.

Por sua vez, a norma atual da Equatorial (NT.00002, Revisão 09 - 2024) delimita de forma clara as condições para a instalação destes transformadores. Para transformadores monofásicos com potência de até 25 kVA, é admitida a instalação no poste sem a necessidade da mureta. Já para transformadores de 37,5 kVA, a nova especificação exige a obrigatoriedade da construção da mureta em alvenaria para instalação dos TC's, acompanhada de caixa de

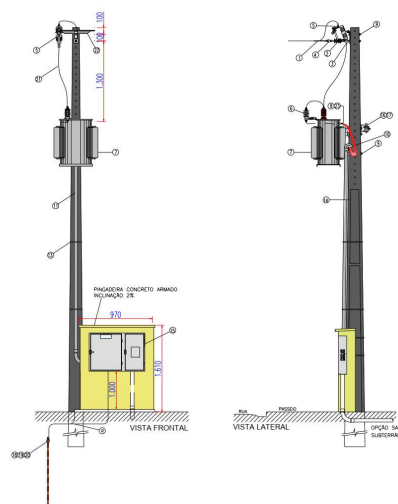
medição, transformadores de correntes (TC's) e disjuntor de proteção, garantindo condições de se realizar a medição, maior segurança e organização do sistema de medição e proteção do cliente (Figura 2).

Figura 1. Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de distribuição

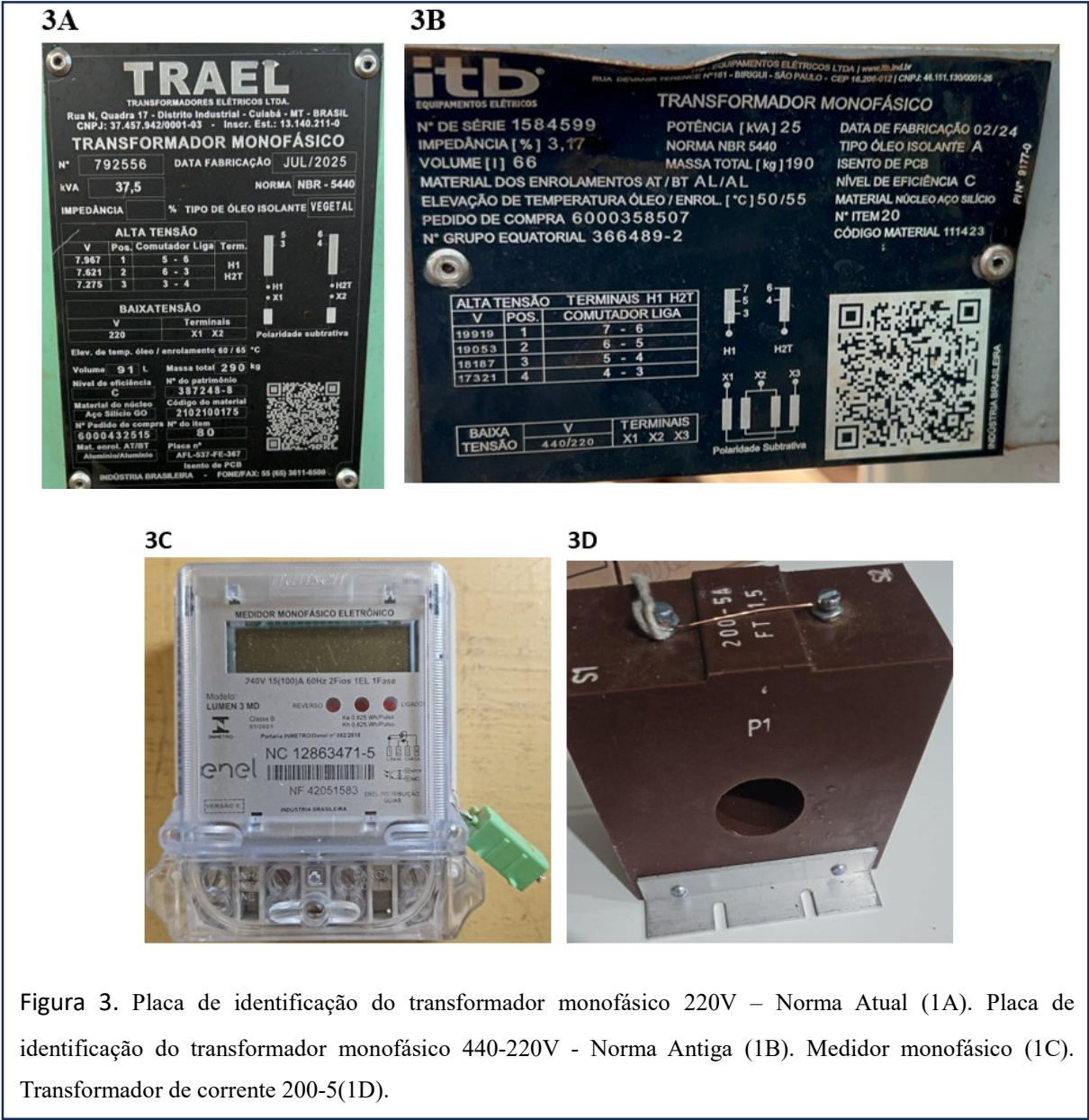


Fonte: Norma NTC-05

Figura 2. Fornecimento de energia elétrica em média tensão (13,8kV, 23,1kV e 34,5kV)



Fonte: Norma NT-0002



4.2 Configuração da rede rural e uso do condutor neutro

Além das alterações referentes à instalação de transformadores monofásicos, a nova norma da Equatorial também estabelece mudanças na configuração da rede elétrica em áreas rurais. Enquanto a antiga diretriz da ENEL admitia a presença de condutor neutro na rede rural, a diretriz atual não possui o neutro, conforme os critérios técnicos de implantação da rede.

Essa diferença pode ser observada em registros de campo e medições de aterramento realizadas em diferentes configurações de rede. Nas situações em que há presença do condutor neutro, observa-se a leitura da medição de aterramento associada ao sistema (Figura 4A), bem como o procedimento de medição propriamente dito (Figura 4B) e o ponto de conexão utilizado para a realização da leitura (Figura 4C). A configuração da rede monofásica com condutor neutro também pode ser visualizada diretamente na estrutura da rede rural (Figura 4D).

Por outro lado, também foram registrados exemplos de medições realizadas em redes sem a presença do condutor neutro. Nesses casos, observa-se a leitura do aterramento sem neutro (Figura 4E), o procedimento de medição correspondente (Figura 4F) e o ponto de conexão utilizado para a obtenção dos valores (Figura 4G). A configuração física dessas redes pode ser observada tanto em instalações associadas ao padrão anteriormente adotado (Figura 4H) quanto em estruturas compatíveis com o padrão estabelecido pela norma atual (Figura 4I). Os resultados obtidos a partir das leituras indicam que a rede com neutro multiaterrado apresenta valores de resistência ôhmica inferiores quando comparada à malha de aterramento associada à rede sem neutro.

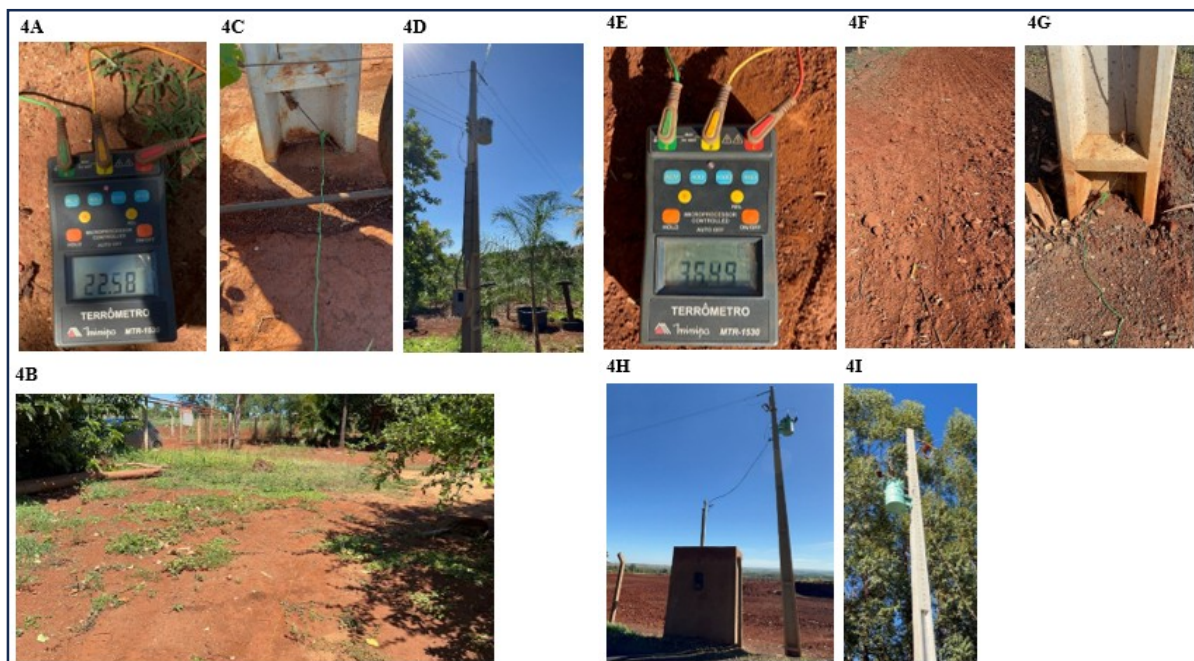


Figura 4. Leitura da medição de aterramento com neutro (4A). Medição de aterramento (4B). Ponto de conexão da leitura (4C). Rede monofásica com neutro (4D). Leitura de medição de aterramento sem neutro (4E). Medição do aterramento (4F). Ponto de conexão da leitura (4G). Rede monofásica sem neutro – Norma Antiga (4H). Rede monofásica sem neutro – Norma Nova (4I).

4.3 Exigências para apresentação de projetos de subestações

Ademais, destaca-se a exigência por parte da Equatorial quanto à apresentação de projetos técnicos detalhados para subestações com potência superior a 300 kVA, ou ainda para aquelas com configurações não padronizadas. Esta obrigatoriedade, descrita no item 5.4.3.1 da NT.00002, compreende situações de nova conexão, religação, aumento ou redução de carga, bem como a construção de subestações em desacordo com os desenhos técnicos estabelecidos pela concessionária. Nesses casos, o proprietário deve apresentar documentação adicional, incluindo memorial técnico descritivo, planta planialtimétrica, lista de materiais especificando e quantificando os itens necessários, licenças ambientais e termo de autorização de passagem, quando aplicável. Uma possível vantagem dessa atualização foi a desburocratização de apresentar projetos para subestações até 300kVA, visto que, os projetos são idênticos e são alterados apenas itens básicos conforme tabelas.

Por outro lado, a norma NT05 da ENEL possuía um caráter mais geral e orientativo, priorizando a adequação às diretrizes da ABNT, especialmente à NBR 14039, e às exigências internas da própria concessionária. Nessa normativa, a responsabilidade pelas instalações internas era integralmente do usuário, cabendo à ENEL apenas a vistoria da entrada de serviço e da subestação, sem detalhamento específico sobre a obrigatoriedade de apresentação de projeto técnico para subestações de determinada potência. A ENEL ainda mantinha a prerrogativa de alterar a documentação a qualquer momento, sem aviso prévio, o que conferia certa instabilidade normativa ao processo.

4.4 Padronização e especificações de transformadores

A análise da especificação técnica atual da Equatorial evidencia mudanças relevantes na padronização, instalação e proteção de transformadores utilizados em redes rurais. Uma das alterações mais importantes é a proibição do uso de transformadores com secundário 220/440 V (Tabela 2), anteriormente permitidos pela norma da CELG (Tabela 1). A NT.00002 passa a admitir apenas transformadores com secundário de 220 V.

Tabela 1. Dimensionamento dos condutores e proteção geral em baixa tensão

Potência (kVA)	Disjuntor Bipolar (A)	Condutores (mm²)		Diâmetro Interno Nominal do Eletroduto de Aço (mm)
		440/220 V		
		PVC (70°C)		
	Embutido	Aéreo		
10	440/220 V	6	10	25
15	30	10	10	32
25	50	16	10	32
37,5	70	25	16	40
	100			

Tabela 2. Dimensionamento dos circuitos de baixa tensão – 380/220V

Transformadores Monofásicos - 220V							
Potência (kVA)	Tensão Secundária de Fase (V)	Corrente Nominal Secundária (A)	Cabo de Cobre XLPE ou HEPR 0,6/1kV (mm ²)	Diâmetro do Eletroduto mm (pol)	Corrente Nominal do Disjuntor (A)	Seção do Condutor de Aterramento (Cobre) em mm ²	Seção do Condutor de Aterramento (Aço-Cobreado) AWG
5	220	23	1#6 (6)	20 (3/4")	25	25	2
10	220	45	1#6 (6)	20 (3/4")	50	25	2
15	220	68	1#10 (10)	20 (3/4")	70	25	2
25	220	114	1#25 (25)	25 (1")	125	25	2
37,5	220	170	1#50 (25)	50 (2")	175	25	2
Transformadores Trifásicos - 380/220V							
Potência (kVA)	Tensão Secundária de Linha (V)	Corrente Nominal Secundária (A)	Cabo de Cobre XLPE ou HEPR 0,6/1kV (mm ²)	Diâmetro do Eletroduto (pol)	Corrente Nominal do Disjuntor (A)	Seção do Condutor de Aterramento (Cobre) em mm ²	Seção do Condutor de Aterramento (Aço-Cobreado) AWG
75	380	114	3#35 (25)	50 (2")	125	25	2
112,5	380	171	3#70 (35)	65 (2 ½")	175	25	2
150	380	228	3#95 (50)	65 (2 ½")	250	50	1/0
225	380	342	3#150 (70)	80 (3")	350	50	1/0
300	380	456	(2x3#95) (1#95)	2 x 65 (2 ½")	500	50	1/0
			(2x3#150) (1#150)	100"			

A nova norma também traz a inclusão do transformador de 5 kVA como alternativa padronizada, não prevista na norma anterior. Observa-se que a adoção ou não de determinadas potências e configurações de transformadores varia entre distribuidoras do setor elétrico brasileiro, uma vez que cada concessionária estabelece seus próprios padrões técnicos

internos para atendimento em média tensão, conforme suas diretrizes operacionais e critérios de padronização. Como exemplo, a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) realizou revisões em seus padrões técnicos ao longo dos anos, descontinuando determinadas potências de transformadores anteriormente utilizadas em redes rurais, evidenciando que as definições quanto às potências nominais e configurações secundárias adotadas não são uniformes entre as distribuidoras.

4.5 Critérios de proteção e dimensionamento de elos fusíveis

No que diz respeito à proteção dos transformadores, a NT.0002 apresenta um conjunto de exigências mais rigorosas e específicas. Os critérios de proteção variam conforme a potência e o tipo de instalação, o que reflete uma maior preocupação com a segurança, a confiabilidade e a integridade da rede. Outra modificação importante observada foi a atualização dos elos fusíveis recomendados, inclusive para transformadores de mesma potência em relação à norma anterior (Tabelas 4, 5 e 6). O elo fusível consiste no elemento de proteção instalado no interior da chave fusível de média tensão, responsável por interromper o circuito quando a corrente ultrapassa o valor nominal especificado, protegendo o transformador contra sobrecargas e curtos-circuitos. As designações adotadas, como por exemplo “elo 1H” nas tabelas abaixo, correspondem à corrente nominal do elemento fusível e à sua característica de atuação, sendo o sufixo “H” indicativo de curva de atuação retardada, adequada para suportar correntes transitórias de energização típicas de transformadores.

A comparação entre as tabelas de dimensionamento dos elos fusíveis evidencia alterações nos critérios de proteção adotados pela Equatorial Energia em relação à antiga NTC-05. Observa-se que a norma atual passou a estabelecer especificações distintas conforme a potência do transformador e a tensão de operação da rede, abrangendo tanto transformadores monofásicos quanto trifásicos. Em diversos níveis de potência, foram verificadas mudanças nos valores nominais dos elos fusíveis recomendados, refletindo uma revisão dos critérios de proteção primária empregados pela concessionária. Essas modificações indicam uma busca por maior seletividade e coordenação dos dispositivos de proteção, adequando a atuação dos elos às características operacionais dos transformadores e às correntes de energização do sistema.

Tabela 4. Dimensionamento de Elos Fusíveis – Transformadores Monofásicos – Fonte: NT.00002

Transformadores Monofásicos						
Potência (kVA)	$\frac{13,8 \text{ kV}}{\sqrt{3}}$ ou FN	13,8 kV ou FF	$\frac{34,5 \text{ kV}}{\sqrt{3}}$ ou FN	34,5 kV ou FF	$\frac{23,1 \text{ kV}}{\sqrt{3}}$ ou FN	23,1 kV ou FF
5	0,5H	0,5H	0,5H	0,5H	0,5H	0,5H
10	1H	1H	0,5H	0,5H	1H	0,5H
Potência (kVA)	$\frac{13,8 \text{ kV}}{\sqrt{3}}$ ou FN	13,8 kV ou FF	$\frac{34,5 \text{ kV}}{\sqrt{3}}$ ou FN	34,5 kV ou FF	$\frac{23,1 \text{ kV}}{\sqrt{3}}$ ou FN	23,1 kV ou FF
15	2H	1H	1H	0,5H	1H	0,5H
25	3H	2H	1H	1H	2H	1H
37,5	5H	3H	2H	1H	3H	1H

Tabela 5. Dimensionamento de Elos Fusíveis – Transformadores Trifásicos - Fonte: NT.00002

Transformadores Trifásicos			
Potência (kVA)	13,8 kV ou FFF	23,1 kV ou FFF	34,5 kV ou FFF
75	3H	2H	1H
112,5	5H	3H	2H
150	8K	5H	3H
225	10K	6K	5H
300	12K	8K	5H
500	25K	15K	12K
750	40K	25K	15K
1.000	40K	30K	25K
1.500	65K	40K	30K
2.000	100K	50K	50K
2.500	100K	65K	65K

Tabela 6. Dimensionamento de Elos Fusíveis – Fonte: NTC-05

	Potência (kVA)	Elo	
		13,8 kV	34,5 kV
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO	15	1 H	0,5 H
	30	2 H	0,5 H
	45	2 H	1 H
	75	5 H	2 H
	112,5	6 K	
	150	8 K	3 H
	225	10 K	5 H
	300	12 K	6 K
	500	25 K	8 K
	750	40 K	15 K
	1000	40 K	15 K
	1500	65 K	30 K
	2000	100 K	50 K
TRANSFORMADOR MONOFÁSICO	5	1 H	0,5 H
	10	2H	0,5 H
	15	2 H	1 H
	25	5 H	2 H
	37,5	5 H	2 H

Outro ponto de destaque refere-se às modificações nas exigências de proteção dos transformadores, que passaram a ser mais aprofundadas. A nova norma especifica os tipos de proteção aplicáveis conforme a potência e o tipo de instalação, promovendo maior segurança operacional e facilitando a fiscalização por parte da concessionária. Essa estruturação mais detalhada aproxima o padrão adotado pela concessionária das práticas observadas em outras distribuidoras do setor elétrico brasileiro, como a CEMIG, que também adota critérios de proteção escalonados conforme a potência e configuração da subestação. Com isso, a especificação atual apresenta maior nível de especificação técnica em comparação à especificação anterior, mostrando evolução no detalhamento dos requisitos de proteção aplicáveis aos transformadores de média tensão.

4.6 Descontinuação do cabo neutro em redes de média tensão

Além disso, a análise comparativa revelou uma modificação técnica de grande impacto na infraestrutura de distribuição: a descontinuação da exigência do cabo neutro em redes de média tensão. Enquanto a diretriz anterior, a NTC-05, exigia a instalação do cabo neutro em redes de 13,8 (Figura 5), garantindo seu aterramento múltiplo para estabilização de tensão e segurança do sistema, a nova Norma Técnica NT.0002 da Equatorial removeu essa exigência (Figura 6).

Figura 5: Fornecimento da instalação do cabo neutro

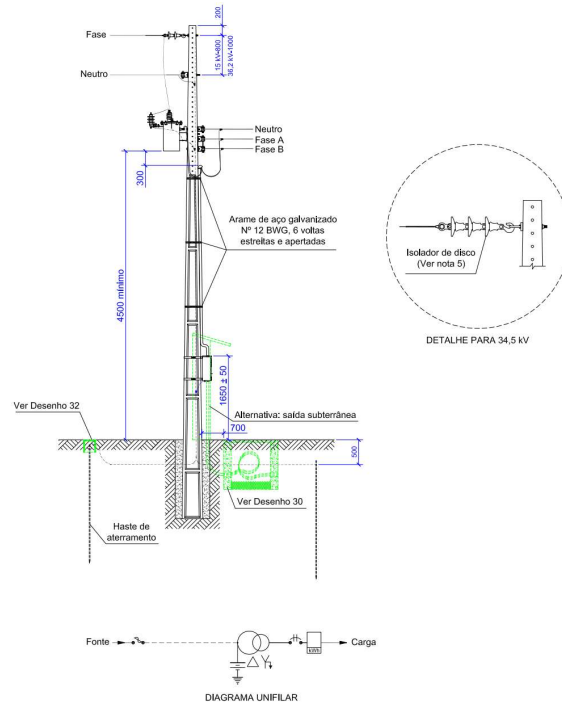
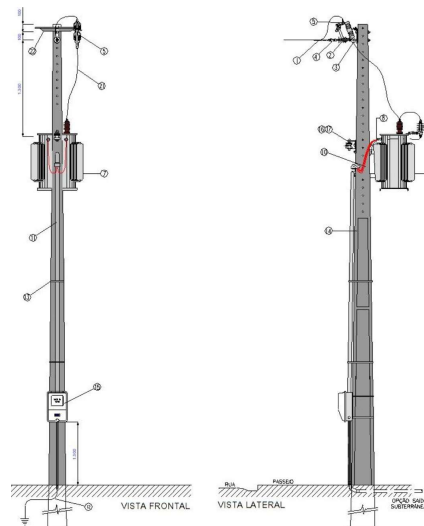


Figura 6. Subestação em poste para transformadores monofásicos até 15kVa e 25kVa



4.7 Desburocratização na apresentação de projetos técnicos

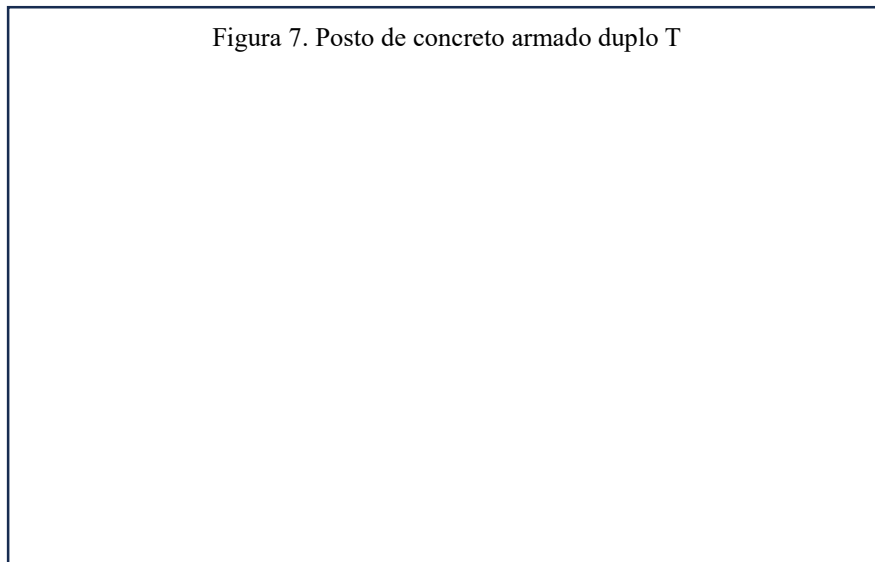
A análise revela outra alteração importante no processo de conexão de novas unidades consumidoras, que é a desburocratização na apresentação de projetos para subestações de menor porte.

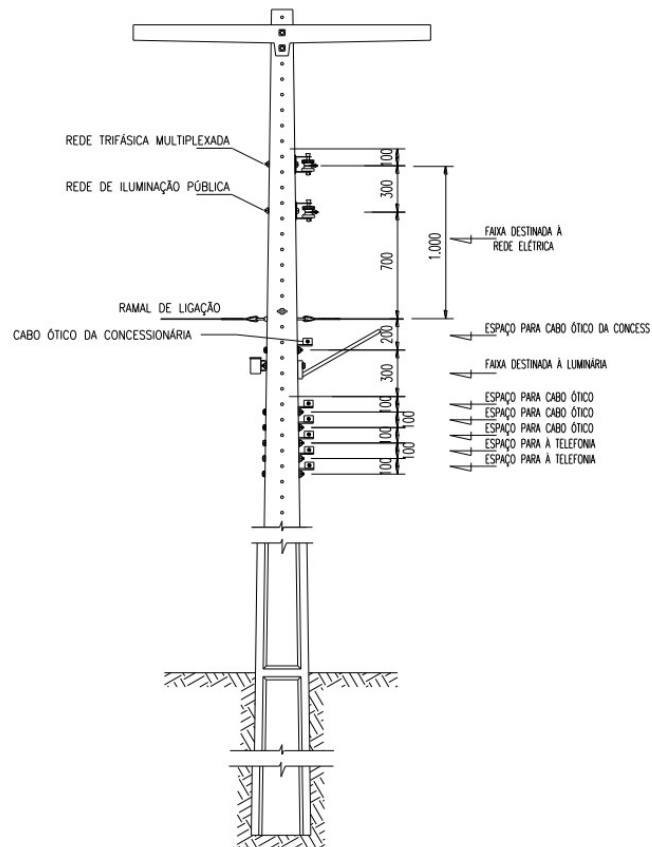
Enquanto a NTC-05 (pág. 51) exigia a apresentação de um projeto técnico para todas as potências de transformadores, a nova norma da Equatorial (pág. 20) simplifica esse processo. Ela define critérios específicos para a obrigatoriedade da apresentação de projetos, restringindo-a a subestações individuais acima de 300 kVA, instalações não unitárias (com mais de um transformador), ou aquelas que não seguem os padrões técnicos e desenhos de referência da concessionária. Para as subestações padronizadas abaixo de 300 kVA, a necessidade de projeto foi eliminada.

4.8 Alterações na instalação de transformadores monofásicos

A análise das diretrizes também mostra uma importante mudança na padronização da instalação de transformadores monofásicos, o que impacta diretamente os custos e as opções técnicas para a unidade consumidora. A NTC-05, norma anterior da Enel Goiás, admitia a instalação do transformador monofásico de 37,5 kVA em poste com medição direta e proteção por disjuntor bipolar de 100 A. Esta configuração era a mesma para todos os transformadores monofásicos, simplificando a padronização das instalações. Em contraste, a nova Norma Técnica NT.00002 da Equatorial Goiás alterou esse padrão, permitindo a instalação em poste apenas para transformadores monofásicos de até 25 kVA (Figura 7). Para o transformador de 37,5 kVA, a documentação exige a instalação em mureta de alvenaria com caixa de medição e proteção, devido à necessidade de medição indireta por meio de Transformadores de Corrente (TCs). Além disso, a norma da Equatorial não prevê a instalação de transformadores monofásicos para a tensão de 440 V, limitando a tensão de saída a 220 V e utilizando um disjuntor de proteção de 175 A.

Figura 7. Posto de concreto armado duplo T



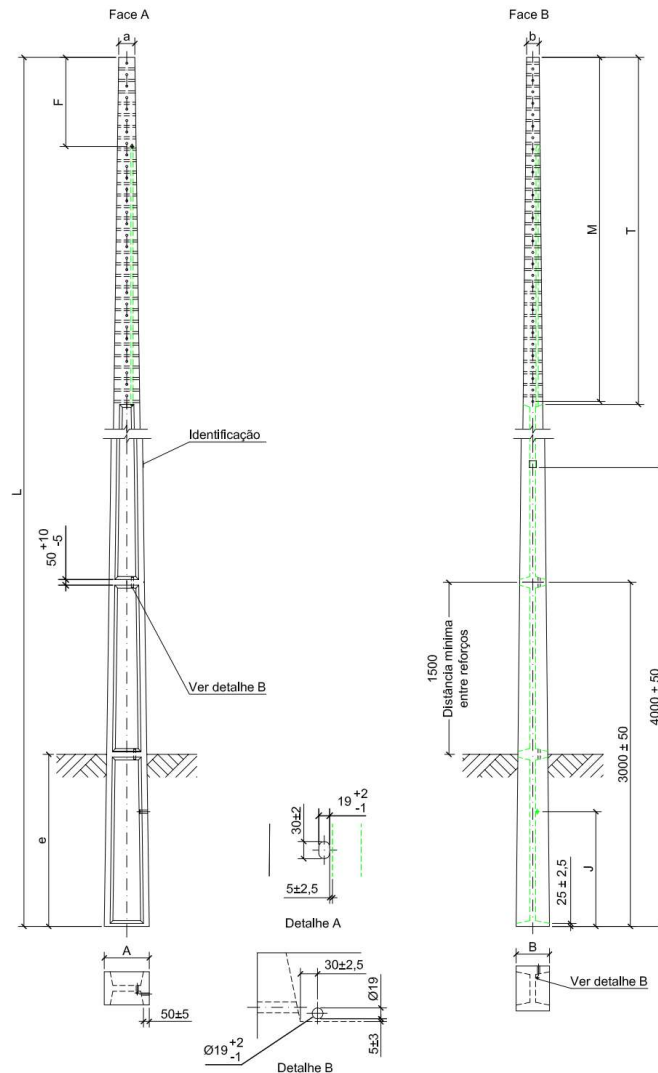


Fonte: NT.00002

4.9 Padronização dos postes de distribuição

Outra diferença identificada na análise das normas diz respeito à padronização dos postes utilizados nas redes de distribuição. A NTC-01, da antiga concessionária, permitia a utilização tanto de postes circulares quanto de postes do tipo Duplo T (DT) (Figura 8). Essa flexibilidade oferecia mais opções para a construção e manutenção da rede. Em contrapartida, a nova Especificação Técnica ET.140 da Equatorial restringe o uso a apenas postes Duplo T, como visto anteriormente.

Figura 8. Poste de concreto seção duplo T

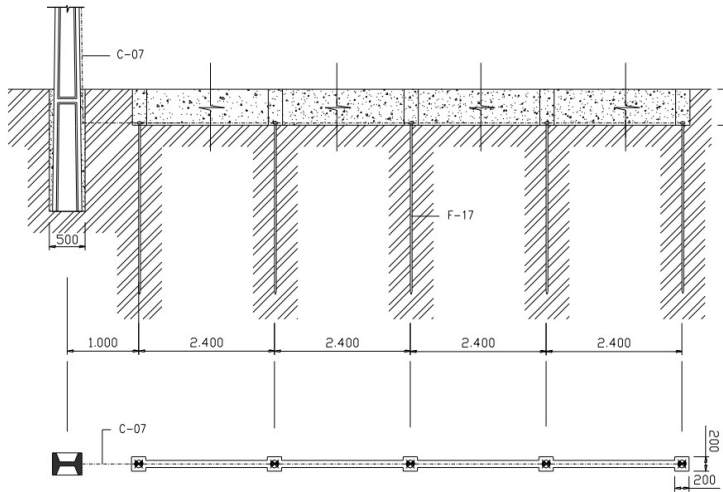


Fonte: NTC-01

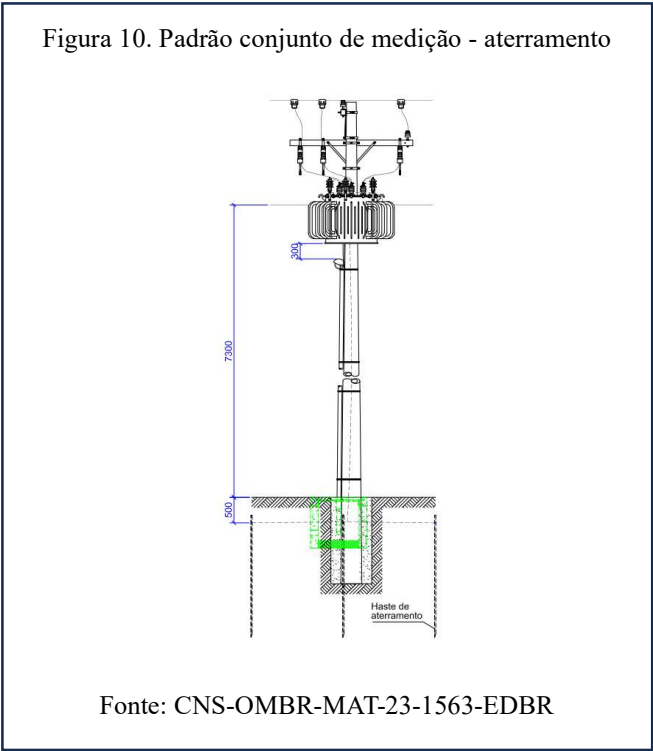
4.10 Aprimoramento da malha de aterramento

Também foi observada outra técnica relevante na análise das regulamentações, o aprimoramento na especificação da malha de aterramento de equipamentos. A NTC-07, norma anterior, exigia a instalação de três hastes para a malha de aterramento de equipamentos, um padrão que buscava garantir a segurança das instalações (Figura 10). Em contraste, a nova Norma Técnica NT.00005. EQTL-04 da Equatorial eleva esse requisito, passando a exigir a instalação de cinco hastes (Figura 9).

Figura 9. Dimensionamento do sistema de aterramento longitudinal



Fonte: NT.00005



4.11 Alterações nas especificações de cabos de média tensão

A análise das normativas também revela uma mudança significativa na padronização dos cabos utilizados nas redes de média tensão, tanto em redes convencionais quanto em compactas. A NTC-07 e a NTD-17 (Tabela 4), normas anteriores, definiam o cabeamento utilizado para as redes convencionais e compactas, respectivamente. A nova Norma Técnica NT.00005 da Equatorial, por sua vez, traz alterações substanciais nas bitolas desses cabos.

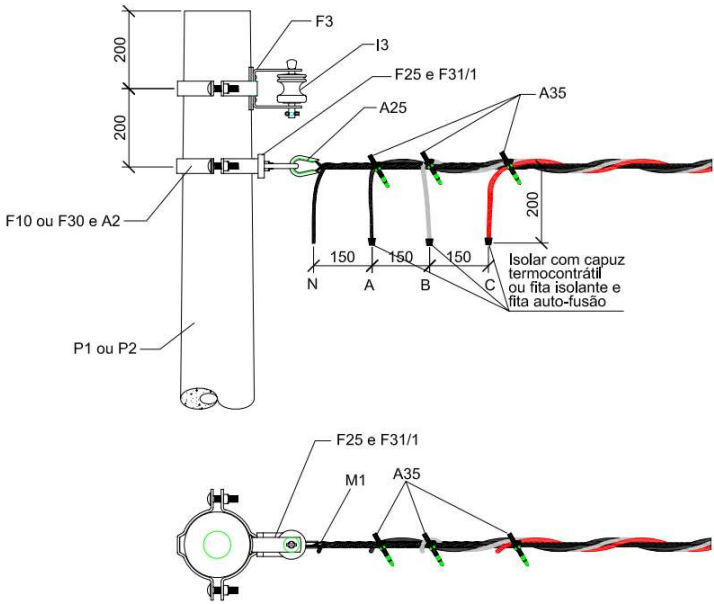
Tabela 7. Características físicas – cabos cobertos XLPE 15kV

Seção	Formação	Espessura da Cobertura	Diâmetro		Peso Unitário	Carga de Ruptura
			Do Condutor	Sobre a Isolação		
mm ²	Fios	mm	mm		daN/km	daN
50	6 compactado	3,0	8,2	14,2	260	830
95	15 compactado		11,4	17,4	455	1529
150	15 compactado		14,2	20,2	585	2459

A análise das diretrizes também revela uma adequação significativa e controversa na padronização da estrutura S3I para redes aéreas de baixa tensão. A NTC-18, da concessionária anterior, utilizava um método mais simples e direto, onde a própria malha do cabo era usada para a conexão dos ramais de serviço (Figura 11). Em contrapartida, a nova norma NT.00006. EQTL-03 da Equatorial exige a utilização de um conector estribo para o neutro e rabichos para as fases (Figura 12). Fotos em campo foram utilizadas para mostrar as alterações entre as duas concessionárias (Figura 13A e Figura 13B).

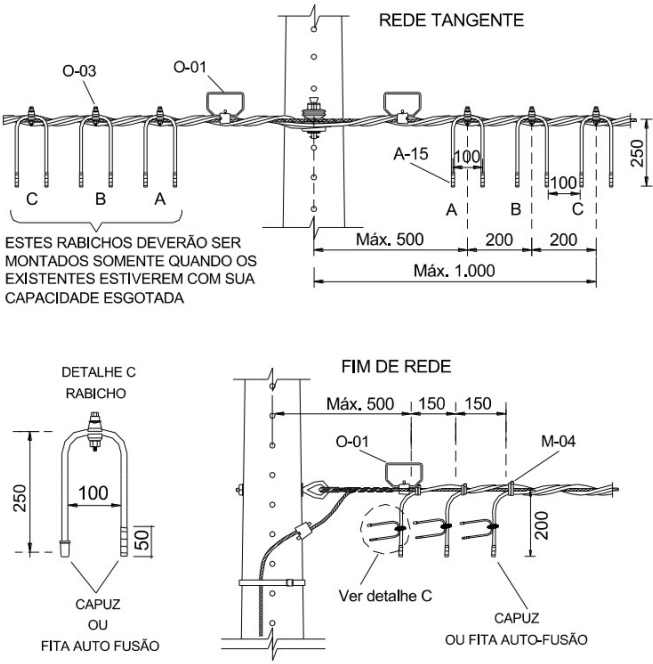
Essa redefinição limita a quantidade de no máximo 3 ramais nos postes em fim de rede, visto que, o conector estribo limita a quantidade de 3 conectores cunha conforme figura 12 B, na norma antiga era possível a instalação de até 6 ramais conforme pode ser vista na figura 12 A sendo instalados 6 conectores cunha. Ademais, identificam-se aspectos relacionados à instalação de rabichos em finais de rede que podem impactar os custos e a execução da montagem, uma vez que essa prática implica aumento nos custos de materiais e de mão de obra. Soma-se a isso a dificuldade operacional de instalação, considerando que o espaçamento entre fases é de 150 mm, enquanto o comprimento do rabicho é de 250 mm, o que compromete a adequação e a organização da montagem.

Figura 11. Estrutura S3I - Encabeçamento simples – fim de rede



Fonte: NTC-18

Figura 12. Rede de baixa tensão – instalação de rabichos



Fonte: NT.00006

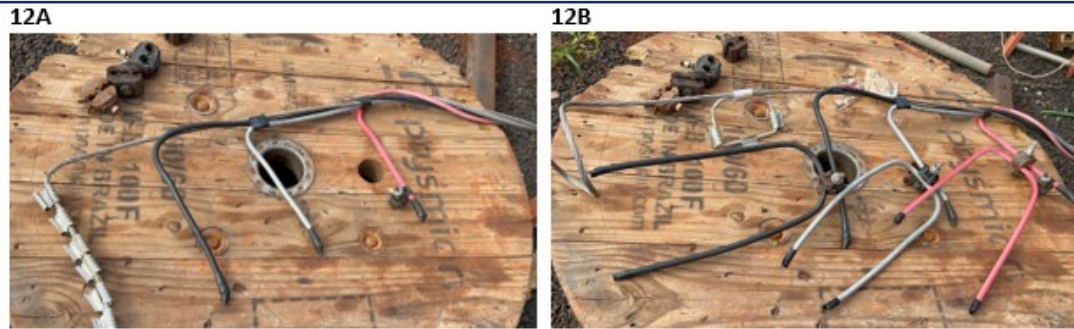


Figura 13. Estrutura de rede trifásica baixa tensão – Norma Antiga (13A). Estrutura de rede trifásica baixa tensão – Norma Nova (13B).

5. DISCUSSÃO

A análise comparativa entre as normas técnicas vigentes da antiga concessionária ENEL e da atual Equatorial Energia Goiás evidenciou mudanças significativas no processo de padronização, instalação e exigências documentais para o fornecimento de energia elétrica em baixa e média tensão (ANEEL, 2021; ABNT, 2004). De modo geral, as alterações introduzidas pela nova concessionária demonstram maior formalização e detalhamento dos requisitos técnicos, em consonância com as diretrizes regulatórias e com as práticas de fiscalização de projetos elétricos (ABNT, 2025). Essas mudanças foram implementadas no contexto da revisão dos padrões técnicos promovida pela Equatorial após assumir a concessão de distribuição de energia em Goiás. Entre seus principais objetivos destacam-se a padronização dos procedimentos, o aumento da segurança das instalações, a elevação da confiabilidade do sistema elétrico, a redução de falhas operacionais e a adequação dos critérios técnicos às exigências regulatórias vigentes e às necessidades operacionais da distribuidora.

Por outro lado, o aumento das exigências técnicas e documentais pode ampliar o tempo necessário para aprovação de projetos e execução das obras, além de demandar maior capacitação dos profissionais responsáveis pelo desenvolvimento e acompanhamento das instalações (ABNT, 2021; ANEEL, 2021). Essa abordagem também é adotada por outras distribuidoras brasileiras, como CEMIG, CPFL Energia, Neoenergia e Energisa, que possuem normas técnicas próprias para padronizar projetos, instalações e sistemas de proteção. Embora observem as diretrizes estabelecidas pela ANEEL e pelas diretrizes da ABNT, essas concessionárias adaptam seus critérios às características operacionais e às particularidades de suas respectivas áreas de concessão.

Nesse contexto, destaca-se a alteração nos critérios para a obrigatoriedade de apresentação de projetos técnicos. Enquanto a NTC-05 exigia a elaboração de projetos para instalações associadas a transformadores de diferentes potências, a norma atual da Equatorial restringe essa exigência às subestações individuais com potência superior a 300 kVA e às instalações não padronizadas (EQUATORIAL ENERGIA, 2024). Essa mudança pode ser interpretada como uma estratégia para simplificar o processo de conexão de unidades consumidoras de menor complexidade técnica. Sob a perspectiva operacional, essa flexibilização tende a reduzir etapas burocráticas, diminuir os custos associados à elaboração de projetos e tornar mais ágil o atendimento às novas solicitações de ligação. Por outro lado, a

dispensa da apresentação de projetos em determinadas situações pode representar desafios para a fiscalização técnica, uma vez que parte da verificação do correto dimensionamento das instalações passa a depender, em maior medida, das inspeções realizadas pela concessionária.

No âmbito da instalação de transformadores monofásicos, as alterações normativas apresentam impactos técnicos e econômicos para os proprietários. A obrigatoriedade da instalação em mureta para transformadores de 37,5 kVA aumenta os custos de implantação das unidades consumidoras. Adicionalmente, a padronização da tensão secundária exclusivamente em 220 V restringe o atendimento aos usuários que utilizam equipamentos alimentados em 440 V. Essa mudança também gera implicações operacionais para a concessionária, que precisa manter transformadores com secundário 220/440 V em estoque, mesmo fora do padrão normativo vigente, para substituição de equipamentos existentes em caso de falhas ou queima, uma vez que parte dos consumidores ainda possui cargas projetadas para essa tensão.

Portanto, essa mudança impacta diretamente as áreas rurais que utilizavam equipamentos na tensão de 220/440 V. A nova especificação também estabelece a inclusão do transformador de 5 kVA como alternativa padronizada. Entretanto, sua aplicação pode representar uma limitação em determinadas instalações, uma vez que a demanda de carga em propriedades rurais frequentemente supera essa potência, aumentando a probabilidade de substituição futura do equipamento. Ressalta-se que transformadores de 5 kVA haviam sido descontinuados pela antiga concessionária CELG, o que evidencia uma mudança nos critérios de padronização adotados pela distribuidora. Nesse contexto, sua utilização mostra-se mais apropriada para aplicações específicas, como a alimentação de circuitos de serviços auxiliares de subestações ou de unidades com baixa demanda e sem perspectiva de expansão da carga (BERTOLO et al., 2011).

Outra modificação relevante refere-se à atualização dos elos fusíveis recomendados, evidenciando uma reavaliação dos critérios de proteção com o objetivo de adequar a atuação desses dispositivos às características da carga e da rede de distribuição. O elo fusível é um componente fundamental para a proteção de transformadores contra sobrecorrentes e curtos-circuitos, sendo dimensionado conforme a potência do equipamento e as condições operacionais da rede (IEEE, 2016; IEC, 2008). A utilização de elos com características específicas de atuação, como aqueles de curva retardada, permite suportar as correntes transitórias decorrentes da energização dos transformadores sem ocasionar desligamentos

indevidos (KINDERMANN, 2019; MAMEDE FILHO, 2023). Dessa forma, a revisão desses parâmetros tende a aumentar a seletividade e a confiabilidade do sistema de proteção. Por outro lado, a revisão normativa dos valores padronizados exige a adaptação das equipes de manutenção, bem como a atualização dos estoques de materiais e dos procedimentos operacionais.

Nesse contexto, a realização de medições em campo torna-se uma etapa essencial para validar as alterações propostas e verificar sua compatibilidade com as condições reais das instalações elétricas. A pesquisa de campo constitui etapa importante pois garante que os dados coletados representem a realidade do objeto de estudo. Isso permite obter informações precisas e atualizadas, reduzindo a dependência de dados secundários que podem estar desatualizados ou não refletir as condições reais da área pesquisada.

Por fim, a realização de atividades de campo possibilitou a obtenção de informações complementares às análises documentais, permitindo confrontar os requisitos normativos com as condições observadas nas instalações. Essa abordagem contribuiu para uma compreensão mais abrangente dos impactos das alterações normativas e para uma análise mais consistente dos resultados obtidos.

A análise comparativa das normas, associada às observações realizadas em campo, evidenciou uma alteração técnica relevante na configuração das redes rurais de média tensão, especialmente quanto à eliminação do condutor neutro. Essa modificação pode proporcionar vantagens operacionais, como a redução dos custos de implantação e manutenção da rede, além de diminuir a exposição ao furto de condutores, problema recorrente em áreas rurais (IEEE, 2013). Os impactos econômicos dessa atualização também são expressivos. Na configuração anteriormente adotada, com neutro multiaterrado, o custo aproximado de implantação era de R\$ 20.224,02 por quilômetro de rede. Na configuração atualmente utilizada pela Equatorial, sem o condutor neutro, esse valor é reduzido para cerca de R\$ 12.596,74/km, correspondendo a uma redução aproximada de 37,7% nos custos de implantação.

Entretanto, apesar do expressivo ganho econômico, a eliminação do neutro multiaterrado (MRT) pode representar desafios técnicos para o sistema elétrico, especialmente em situações de desequilíbrio de carga (ABNT, 2013). A principal diferença entre as duas configurações está relacionada à influência do condutor neutro sobre o comportamento do sistema de aterramento. Nas redes com neutro multiaterrado, a existência de múltiplos pontos

de aterramento interligados ao condutor neutro reduz a resistência aparente da malha de terra, uma vez que estabelece caminhos paralelos para a dissipação das correntes de falta, diminuindo a impedância global do sistema (ABNT, 2021; FUCHS, 2015).

Por outro lado, na configuração sem condutor neutro, a ausência de uma referência à terra faz com que a dissipação das correntes dependa exclusivamente da malha de aterramento local. Como não há caminhos paralelos para o escoamento dessas correntes, a resistência de aterramento tende a ser mais elevada. Além disso, as correntes de falta à terra tornam-se naturalmente mais limitadas, o que pode dificultar sua detecção pelos sistemas convencionais de proteção (ABNT, 2013; ABNT, 2021). Dessa forma, embora a eliminação do neutro proporcione vantagens econômicas relevantes, sua adoção exige maior rigor no dimensionamento do sistema de aterramento e na definição das estratégias de proteção, de modo a preservar a confiabilidade e a segurança operacional da rede.

Outra diferença observada refere-se à padronização dos postes empregados nas redes de distribuição. A norma da antiga concessionária permitia a utilização de postes circulares e do tipo Duplo T, proporcionando maior flexibilidade na seleção das estruturas utilizadas na rede (Fuchs, 2015). Em contrapartida, a especificação técnica da Equatorial restringe a adoção aos postes do tipo Duplo T (IEEE, 2016). Essa adequação pode estar relacionada à busca por maior uniformização da infraestrutura, simplificação dos processos logísticos e redução de custos, uma vez que os postes circulares, em geral, apresentam custos de fabricação e aquisição superiores aos dos postes Duplo T. Além dos aspectos econômicos, essa padronização tende a facilitar as atividades de manutenção, a reposição de componentes e a capacitação das equipes técnicas.

Entretanto, a adoção exclusiva de postes do tipo Duplo T exige maior rigor na definição dos critérios de instalação, especialmente em trechos com mudança de direção da rede. Em diversas situações observadas em campo, a instalação desses postes em ângulos é realizada sem a utilização de equipamentos específicos para a determinação da bissetriz, procedimento fundamental para assegurar a correta distribuição dos esforços mecânicos na estrutura. Assim, embora essa padronização contribua para a redução de custos e para a uniformização da rede de distribuição, sua implantação requer maior atenção aos aspectos construtivos e aos procedimentos técnicos de montagem, de modo a garantir o desempenho estrutural e a confiabilidade do sistema (MAMEDE FILHO, 2023).

Também foi observado a mudança entre as normativas refere-se aos critérios de dimensionamento da malha de aterramento para transformadores de até 300 kVA. Enquanto a regulamentação anterior exigia a instalação de três hastes de aterramento, a norma atual da Equatorial passou a requerer cinco hastes, ampliando os requisitos para a dissipação das correntes elétricas no solo (EQUATORIAL ENERGIA, 2024). Embora essa alteração implique aumento dos custos de implantação e maior tempo de execução das obras, ela pode proporcionar benefícios técnicos importantes. O acréscimo no número de hastes amplia a área de dissipação das correntes de falta e tende a reduzir a resistência do sistema de aterramento, favorecendo a atuação dos dispositivos de proteção e aumentando a segurança operacional das instalações (ABNT, 2021; IEEE, 2013; KINDERMANN, 1998).

Entretanto, os efeitos dessa medida podem variar conforme as características geológicas e a resistividade do solo. Assim, torna-se necessária a realização de estudos complementares que contemplem diferentes tipos de solo, métodos de medição e configurações de aterramento, permitindo uma avaliação mais abrangente dos impactos técnicos e econômicos decorrentes dessa mudança normativa.

Em conjunto, a padronização dos cabos utilizados nas redes de média tensão gera uma consequência dupla, com aspectos positivos e negativos. Do lado positivo, o aumento da bitola dos cabos eleva o fluxo de potência disponível na rede, resultando em um sistema mais robusto (ABNT, 2012). No entanto, essa melhoria técnica está associada ao aumento dos custos de materiais e mão de obra, elevando o investimento necessário para implantação e manutenção da infraestrutura. Além disso, a utilização de cabos de maior seção transversal pode exigir adequações estruturais em postes e cruzetas, contribuindo para a ampliação do custo global das obras (MAMEDE FILHO, 2023).

Em cenários de expansão acelerada da rede, essas exigências podem representar maior dificuldade de investimento inicial para consumidores e empreendedores, gerando um ponto de atenção na análise técnico-econômica da diretriz.

Por fim, a análise da documentação revela alteração controversa na padronização da estrutura S3I para redes aéreas de baixa tensão. A NTC-18 da concessionária anterior utilizava um método mais simples, em que a própria malha do cabo era empregada para a conexão dos ramais de serviço. Em contrapartida, a nova norma NT.00006 exige a utilização de conector estribo para o neutro e rabichos para as fases (IEEE, 2016). Essa mudança técnica implica aumento dos custos de materiais e mão de obra, além de introduzir dificuldades operacionais

durante a montagem das estruturas. Um dos principais aspectos observados refere-se à incompatibilidade dimensional entre o espaçamento das fases da estrutura S3I, de aproximadamente 150 mm, e o comprimento dos rabichos especificados, de cerca de 250 mm, o que pode comprometer a organização da montagem e dificultar sua instalação em campo.

Adicionalmente, a nova configuração impõe limitações sobre a expansão dos atendimentos em finais de rede. Enquanto o padrão anteriormente adotado permitia a instalação de até seis ramais de serviço por meio da utilização de conectores cunha distribuídos diretamente na estrutura, a configuração atual restringe essa quantidade a, no máximo, três ramais, em função das limitações físicas associadas ao conector estribo utilizado no neutro. Essa redução da capacidade de conexão pode representar uma desvantagem operacional em regiões com maior concentração de usuários, exigindo adaptações futuras da rede para atender à expansão da demanda.

6. CONCLUSÃO

A análise comparativa entre as normas técnicas da antiga concessionária ENEL Goiás e da atual Equatorial Energia Goiás permitiu identificar mudanças nos critérios de projeto, instalação e proteção dos sistemas de distribuição de energia elétrica. De modo geral, as alterações implementadas demonstram uma busca por maior padronização, segurança operacional e confiabilidade da rede elétrica.

Entre os principais avanços observados destacam-se a simplificação dos processos para aprovação de projetos de subestações de menor porte, a atualização dos critérios de proteção dos transformadores, a padronização dos postes utilizados nas redes de distribuição e o aprimoramento dos sistemas de aterramento. Essas mudanças contribuem para a modernização da infraestrutura elétrica e para a melhoria da qualidade do fornecimento de energia.

Por outro lado, algumas alterações acarretaram impactos econômicos e operacionais relevantes, como o aumento dos custos de instalação de determinados padrões de entrada, a limitação do uso de transformadores com secundário 220/440 V, as dificuldades relacionadas à disponibilidade de equipamentos sem padronização e as adaptações exigidas pelas novas estruturas de baixa tensão. Além disso, modificações como a eliminação do condutor neutro em redes rurais e o aumento do número de hastes de aterramento mostram a necessidade de estudos complementares para avaliação de seus efeitos em diferentes condições de operação.

Dessa forma, conclui-se que a modernização normativa promovida pela Equatorial representa um avanço técnico para o setor elétrico. Entretanto, alterações com impactos significativos sobre consumidores, profissionais e concessionária devem ser acompanhadas de estudos técnicos, capacitação das equipes envolvidas e ampla divulgação das mudanças, de modo a garantir um equilíbrio entre segurança, eficiência operacional e viabilidade econômica.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14039: Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV**. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15688: Redes de distribuição aérea de energia elétrica com condutores nus**. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15751: Sistemas de aterramento de subestações – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2004. Errata 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8451-1: Postes de concreto armado e protendido para redes de distribuição e de transmissão de energia elétrica – Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro, 2021.
- AGÊNCIA GOIANA DE REGULAÇÃO, CONTROLE E FISCALIZAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS (AGR). **Relatório Técnico EM-001/2024-AGR-SFT: Avaliação da Transição de Concessão em Goiás**. Goiânia: AGR, 2024.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (BRASIL). **Relatório de Gestão 2023**. Brasília: ANEEL, 2024.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (BRASIL). **Resolução Autorizativa nº 13.333, de 14 de fevereiro de 2023: Transfere o controle societário da Enel Distribuição Goiás para a Equatorial Energia**. Brasília: ANEEL, 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 1.000/2021: Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica**. Brasília: ANEEL, 2021.
- AYASTUY, A. C. A participação do grupo Equatorial Energia nos setores de saneamento e energia elétrica no Brasil. **Contexto Geográfico**, v. 10, n. 20, 2025.
- BARBOSA, P. A. M. et al. A relação entre consumo de energia elétrica e crescimento econômico no Brasil: uma análise de causalidade. In: **Anais do Encontro de Economia da Região Sul**, 2021.
- BERTOLO, H. C. et al. Projeto de aterramento para sistema monofilar com retorno pelo terra (MRT). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2011.
- BORGES, F. Q. et al. O papel do setor elétrico na redução da vulnerabilidade social: uma análise da região amazônica. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, 2022.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031**. Brasília: MME/EPE, 2022.

EQUATORIAL ENERGIA. **NT.00002: Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão**. Revisão 09, 2024.

EQUATORIAL ENERGIA. **NT.00006: Padrão de Estruturas de Rede de Distribuição Aérea**. Revisão 04, 2025.

EQUATORIAL ENERGIA GOIÁS. **NT-01: Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição**. Goiânia: Equatorial, 2023.

FUCHS, R. D. **Transmissão de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

GOULART, M. G. **A agenda regulatória da ANEEL e sua contribuição para a governança do setor elétrico brasileiro**. Monografia (Especialização) – Escola Nacional de Administração Pública (ENAP), Brasília, 2021.

IEC – INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 60282-2: High-voltage fuses – Part 2: Expulsion fuses**. 2008.

IEEE – INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. **IEEE Std 80-2013: IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding**. 2013.

IEEE – INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. **IEEE Std C37.41-2016: IEEE Standard Design Tests for High-Voltage (>1000 V) Fuses, Fuse Resistors, and Disconnecting Switches**. 2016.

KINDERMANN, G. **Proteção de Sistemas Elétricos de Potência**. 2019.

KURTZ, C. R. **Os impactos da regulação no setor elétrico brasileiro: um estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**. Rio de Janeiro: LTC, 2023.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (TCU). **Acórdão 015.174/2020-4: Acompanhamento da prestação do serviço de distribuição de energia elétrica em Goiás**. Brasília: TCU, 2021.