ANÁLISE DA FORMAÇÃO TÉCNICA DE NÍVEL MÉDIO EM ELETROTÉCNICA E DO BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA:

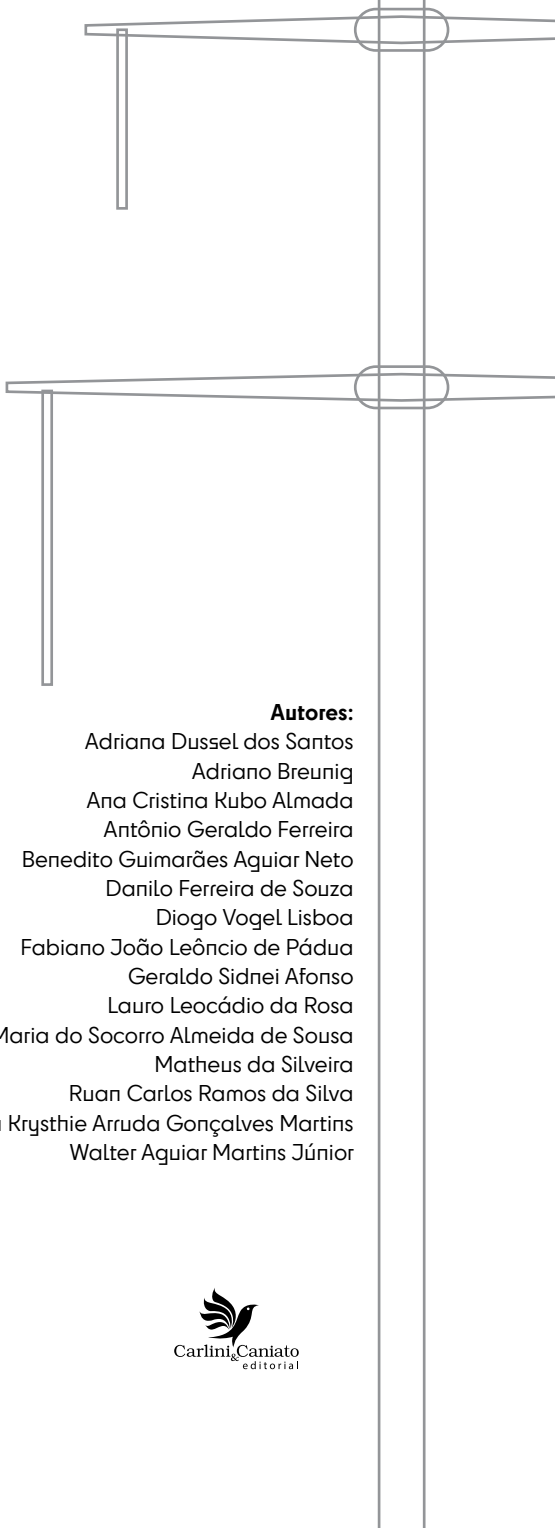
PERSPECTIVAS PARA CONSTRUÇÃO DAS ATRIBUIÇÕES PROFISSIONAIS

Organizadores:
Danilo Ferreira de Souza
Lauro Leocádio da Rosa
Ruan Carlos Ramos da Silva
Walter Aguiar Martins Júnior

Carlini & Caniato editorial

ANÁLISE DA FORMAÇÃO TÉCNICA DE NÍVEL MÉDIO EM ELETROTÉCNICA E DO BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA:

PERSPECTIVAS PARA CONSTRUÇÃO DAS ATRIBUIÇÕES PROFISSIONAIS



Autores:
Adriana Dussel dos Santos
Adriano Breunig
Ana Cristina Kubo Almada
Antônio Geraldo Ferreira
Benedito Guimarães Aguiar Neto
Danilo Ferreira de Souza
Diogo Vogel Lisboa
Fabiano João Leôncio de Pádua
Geraldo Sidnei Afonso
Lauro Leocádio da Rosa
Maria do Socorro Almeida de Sousa
Matheus da Silveira
Ruan Carlos Ramos da Silva
Walkyria Krysthie Arruda Gonçalves Martins
Walter Aguiar Martins Júnior

Organizadores:
Danilo Ferreira de Souza
Lauro Leocádio da Rosa
Ruan Carlos Ramos da Silva
Walter Aguiar Martins Júnior

Carlini&Caniato editorial

© Danilo Ferreira de Souza, Lauro Leocádio da Rosa, Ruan Carlos Ramos da Silva e Walter Aguiar Martins Júnior, 2022.

Todos os direitos reservados.
Proibida a reprodução de partes ou do todo desta obra sem autorização expressa do autor e da editora (art. 184 do Código Penal e Lei n.º 9.610, de 19 de fevereiro de 1998).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Douglas Rios – Bibliotecário – CRB1/1610)

A532
Análise da Formação Técnica de Nível Médio em Eletrotécnica e do Bacharelado em Engenharia Elétrica: Perspectivas para Construção das Atividades Profissionais [e-book] / Danilo Ferreira de Souza, Lauro Leocádio da Rosa, Ruan Carlos Ramos da Silva, Walter Aguiar Martins Júnior (Organizadores). 1.ed. - - Cuiabá-MT: Carlini & Caniato Editorial, 2022.
189 p.

ISBN 978-85-8009-306-3

1. Educação – Formação Técnica de Nível Médio - Eletrotécnica.
2. Ensino Superior – Engenharia Elétrica. I. Souza, D.F. (org.). II. Rosa, L. L. (org.)
III. Silva, R.C.R. (org.). IV. Martins Júnior, W. A. (org.).

CDU 37:621.3

Índice para catálogo sistemático:
1. Educação – Formação Técnica de Nível Médio – 37:621.3
2. Ensino Superior – Engenharia Elétrica – 37:621.3

Editores
Elaine Caniato
Doriane Miloch
Ramon Carlini

Projeto Gráfico e Diagramação
Doriane Miloch

Capa
Naiza Brito

Revisão Textual e Normalização
Doralice Jacomazi

Carlini & Caniato editorial

Carlini & Caniato Editorial (nome fantasia da Editora TantaTinta Ltda.)
Rua Nossa Senhora de Santana, 139 – sl. 03 – Centro-Sul – CEP: 78.020-122
Cuiabá-MT – (65) 3023-5714
www.carliniecaniato.com.br - contato@tantatinta.com.br

Agradecimentos

Aos nossos familiares e amigos que incentivaram o desenvolvimento desta obra.

À Associação Mato-Grossense de Engenheiros (as) Eletricistas (AMEE), que prontamente apoiou o desenvolvimento do nosso livro.

Aos Engenheiros e Engenheiras Eletricistas de todo o nosso grande e diverso Brasil que, atuando nas mais diversas áreas profissionais que lhes cabem, sentem, o tempo todo, a necessidade de pacificar e esclarecer sobre as competências profissionais de algumas áreas afins.

Ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Mato Grosso (Crea-MT), sempre comprometido com a defesa dos profissionais e da sociedade.

À Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea - Mútua-MT, entidade que acolhe e auxilia os profissionais do sistema Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea/Crea) do Estado de Mato Grosso, com muita atenção e competência.

À Associação Brasileira de Engenheiros Eletricistas (ABEE), sempre lutando pelas demandas da Engenharia Elétrica.

Ao Confea, que encampou não só esta bandeira, mas tantas outras, integrando, orientando nas lides profissionais a ela ligados.

À sociedade brasileira, que, com tantos potenciais e possibilidades de desenvolvimento, deve sempre ser respeitada.

Sumário

Apresentação 7

1. Considerações Iniciais 9

2. Atribuições Profissionais 14
2.1. CONFEA/CREA 14
2.2. CFT/CRT 19

3. A formação em Engenharia 21
3.1. A Engenharia e os desafios da formação 21
3.2. A formação e o Projeto Pedagógico Institucional 24
3.3. Motivações para atualização das Diretrizes Curriculares Nacionais 30
3.4. As Novas Diretrizes Curriculares Nacionais e seus desafios 33
3.5. Sistemas de avaliação 41
3.6. Considerações finais 42

4. A Educação Profissional Técnica de Nível Médio 44

5. Metodologia de Escolha dos Cursos 52
5.1. Escolha do CBEE para análise 52
5.2. Escolha do CTNME para análise 54

6. Análise do Ementário 55
6.1. Matemática 55
6.2. Física 59
6.3. Química 64
6.4. Desenho Técnico 66
6.5. Computação 68
6.6. Circuitos Elétricos 73
6.7. Máquinas Elétricas 80
6.8. Instalações Elétricas 83
6.9. Eletrônica 88
6.10. Comunicação 92

6.11. Geração, Transmissão, Distribuição e Qualidade de Energia Elétrica - GTDQ 96
6.12. Manutenção de Sistemas Elétricos 104
6.13. Conteúdos Multidisciplinares 106
6.14. Atividades de Integração Teoria/Prática 111

7. Estudos de Caso 116
7.1. Dimensionamento de Dispositivo de Proteção 116
7.2. Correção do Fator de Potência em Redes com Distorções Harmônicas 131

8. Resolução n.º 074/2019 do CFT e a demanda de 800 kVA 148
8.1. Projetos 148
8.2. Laudos e Perícias 149
8.3. Erro técnico histórico dos 800 kVA 154

9. Liberdade profissional e exigência de formação acadêmica 160

10. Considerações Finais 169

Agradecimentos 172

Referências 173

Autores 181

Apresentação

Por décadas os representantes no Conselho Federal de Engenharia e Agronomia dos Engenheiros Eletricistas e Técnicos Industriais em Eletrotécnica conviveram com conflitos ligados aos limites profissionais, principalmente, em nossa visão, pelo que foi determinado no Decreto n.º 90.922/1985, art. 4°, § 2º, que regulamenta a Lei 5.524/1968, que será discutido amplamente mais à frente.

Com a criação, em 2018, do Conselho Federal dos Técnicos Industriais, os conflitos se intensificaram, uma vez que o diálogo para a resolução dos limites profissionais saiu da área acadêmico-profissional e passaram a ser eminentemente na esfera jurídica.

Tem-se gastado muita energia e tempo, assim como aumentada a deterioração profissional (em ambas as formações), o que é possível observar já que, até o momento, não houve avanços significativos na pacificação e no estabelecimento desses limites profissionais.

As duas formações profissionais, aqui analisadas (Curso Bacharelado em Engenharia Elétrica e Curso Técnico de Nível Médio em Eletrotécnica), são de extrema importância social, podendo inclusive ser consideradas áreas profissionais afins, correlatas e complementares, sendo, portanto, fundamentais para o desenvolvimento do Brasil.

As formações profissionais precisam ser valorizadas, a partir do estabelecimento dos seus limites profissionais, utilizando-se metodologia que contemple a formação acadêmica a partir da sua matriz curricular pedagógica, e da formação complementar, considerando o grau de conhecimento técnico. A atribuição profissional a partir da análise de um conselho de classe deve se pautar na legislação vigente, e quando houver conflito, o estabelecimento de um fórum que contemple os conselhos profissionais envolvidos.

Este livro apresenta uma discussão aprofundada da atuação profissional do Técnico (a) em Eletrotécnica e do Engenheiro (a) Eletricista a partir do confrontamento pedagógico-técnico de suas formações acadêmicas, do

estudo fundamentado das orientações das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Técnico, dos recursos técnico-científicos de que cada profissão dispõe na resolução de problemas reais que são encontrados nas demandas profissionais e de estudos de caso e análise das legislações vigentes. Tudo isso desenvolvido por um método científico e com análises de diversos profissionais, cada qual em sua área de conhecimento, reunindo diversos saberes técnicos, pedagógicos, profissionais e legais.

A leitura aqui é esclarecedora e importante para aquele que quer elucidar a questão do limite profissional entre as duas áreas profissionais abordadas, sem deméritos, com imparcialidade e com método claro e específico, feita por autores que têm largo conhecimento para explanar as questões aqui levantadas e analisadas.

Por fim, seu objetivo consiste, em última instância, em evidenciar os limites impostos às atribuições profissionais de duas categorias, não pretendendo esgotar o debate, pressupondo que o acúmulo teórico de outras ciências, tais como a pedagogia, por exemplo, venha a reforçar a tese exarada neste livro.

Uma análise detalhada, sob a luz das matrizes curriculares dos dois cursos, foi realizada nas seções subsequentes, buscando resolver o impasse acerca das atribuições profissionais, dando ênfase às disciplinas de cunho técnico.

Por fim, espera-se que a leitura enseje inspiração para novos livros e ações que possam tratar de outros conflitos profissionais existentes entre outras formações profissionais, mas também que outros limites entre outras profissões sejam incentivados a serem esclarecidos, relatados, analisados, estabelecidos, reestabelecidos e respeitados.

Boa leitura.

Equipe Organizadora.

1. Considerações Iniciais

As formações de técnico de nível médio em eletrotécnica e de bacharelado em engenharia elétrica são tradicionais e já consolidadas, tanto no cenário brasileiro quanto internacionalmente. Com a publicação da Resolução n.º 074/2019 pelo Conselho Federal dos Técnicos Industriais (CFT), o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea) e seções do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (Crea) emitiram manifestação na qual afirmam ser a referida resolução uma explícita invasão de atribuições dos profissionais com formação do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica (CBEE), o que se evidencia em razão da complexidade e amplitude dos procedimentos permitidos aos profissionais com formação do Curso Técnico de Nível Médio em Eletrotécnica (CTNME), sem possuir a formação em nível de profundidade requerida para tais atribuições.

É importante destacar que, de acordo com a Declaração Universal dos Direitos Humanos, toda pessoa tem direito à vida, à liberdade e à segurança pessoal. Ainda, a Constituição da República afirma, no *caput* do art. 5º e inciso XIII, que:

> Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza, garantindo-se aos brasileiros e aos estrangeiros residentes no País a inviolabilidade do direito à vida, à liberdade, à igualdade, à segurança e à propriedade, nos termos seguintes: "XIII - é livre o exercício de qualquer trabalho, ofício ou profissão, atendidas as qualificações profissionais que a lei estabelecer;" (grifamos).

Observa-se a Lei n.º 13.639, de 26 de março de 2018, no art. 31 e § 1º:

> Somente serão consideradas privativas de profissional especializado as áreas de atuação nas quais a ausência de formação específica exponha a risco ou a dano material o meio ambiente ou a segurança e a saúde do usuário do serviço.

É notório que os serviços relacionados à área da eletricidade, em qualquer nível de complexidade, requerem profissionais qualificados, tendo em vista que a falta desses põe em risco a sociedade.

Diante disso, o conflito existente se alicerça na amplitude das atribuições que cada profissional pode exercer, sobretudo a partir das resoluções normativas emitidas pelos respectivos conselhos de suas categorias. Sobre isso, o art. 31, § 2º da Lei n.º 13.639, de 26 de março de 2018 afirma:

> Na hipótese de as normas do Conselho Federal dos Técnicos Industriais ou do Conselho Federal dos Técnicos Agrícolas sobre área de atuação estarem em conflito com normas de outro conselho profissional, a controvérsia será resolvida por meio de resolução conjunta de ambos os conselhos.

Com isso a Resolução n.º 074/2019, de 05 de julho de 2019, de autoria do CFT, contrapõe-se ao teor da Lei n.º 13.639/2018, pois amplia o alcance da atuação do profissional com formação no CTNME, atingindo atribuições de complexidade superior à sua formação técnica, ou seja, adentrando as atribuições dos profissionais com formação no CBEE, conforme será explicitado mais à frente neste livro.

O Decreto n.º 90.922/1985, que regulamenta a Lei n.º 5.524, de 5 de novembro de 1968, a qual dispõe sobre o exercício da profissão de técnico industrial e técnico agrícola de nível médio ou de 2º grau afirma, em seus artigos 4º e 5º, que:

> **Art. 4º** As atribuições dos técnicos industriais de 2º grau, em suas diversas modalidades, para efeito do exercício profissional e de sua fiscalização, respeitados os limites de sua formação, consistem em: ...
> **V** - responsabilizar-se pela elaboração e execução de projetos compatíveis com a respectiva formação profissional;
> **Art. 5º** Além das atribuições mencionadas neste Decreto, fica assegurado aos técnicos industriais de 2º grau, o exercício de outras atribuições, desde que compatíveis com a sua formação curricular. (Grifos nossos).

Constata-se que o Decreto n.º 90.922/1985 associa atribuições aos técnicos industriais de 2º grau de acordo com sua formação profissional

e curricular. É justamente nesse ponto que a Resolução n.º 074/2019 do CFT inova e extrapola as atribuições dos profissionais com formação no CTNME, pois lhes garante execução de atividades que são contempladas exclusivamente à formação no CBEE. Essas atividades estão discriminadas na Resolução n.º 218 do Confea, prerrogativas dos profissionais da Engenharia, Arquitetura e Agronomia.

Portanto, o presente livro tem por objetivo expor a visão dos autores em relação às diferenças estruturais e conceituais existentes, do ponto de vista pedagógico, técnico e legal, na formação profissional dos Técnicos Industriais em Eletrotécnica e dos Engenheiros Eletricistas, evidenciando as condições de contorno que abrangem as atribuições técnicas de cada uma das profissões, a fim de assegurar o exercício legal de ambas em respeito ao princípio constitucional da razoabilidade e, enfim, garantir, em última instância, a proteção dos interesses da sociedade.

É importante observar que os riscos às pessoas, aos animais e aos patrimônios públicos e privados, provenientes dos serviços, equipamentos elétricos ou as instalações elétricas, desde a concepção em projeto, percorrendo a execução ou instalação, a operação e manutenção, finalizando com o descomissionamento dos infindáveis tipos de sistemas elétricos possíveis, motivaram a elaboração deste livro, fundamentado na diversidade e profundo acúmulo técnico, pedagógico e científico de seus autores.

Por fim, seu objetivo também consiste em evidenciar os limites impostos às atribuições profissionais de duas categorias, não pretendendo esgotar o debate, pressupondo que o acúmulo teórico de outras ciências, tais como a pedagogia, por exemplo, venha a reforçar a tese exarada neste livro.

Uma análise detalhada foi realizada nas seções subsequentes, sob a luz das matrizes curriculares dos dois cursos, buscando resolver o impasse acerca das atribuições profissionais, dando ênfase às disciplinas de cunho técnico, contendo a seguinte estrutura:

- **Capítulo 2 - Atribuições profissionais**

Apresenta a discussão do histórico das atribuições profissionais segundo o sistema Confea/Crea e CFT, demonstrando como a designação da amplitude de atuação profissional, de acordo com cada formação, se deu ao longo do tempo por meio das diversas portarias e resoluções.

- **Capítulo 3 - A formação em Engenharia**

Aborda a complexidade da estrutura político-pedagógica estabelecida dos CBEE. Isso ocorre porque existe a necessidade de se utilizar como base a política nacional estabelecida nas Diretrizes Nacionais Curriculares (DCNs), pelo Ministério da Educação (MEC). Apresenta também elementos da organização curricular dos cursos de engenharia, bem como as estratégias de flexibilização, visando à formação de um profissional com conhecimento holístico e alta capacidade de formação contínua.

- **Capítulo 4 - A Educação Profissional Técnica de Nível Médio**

O capítulo traz um histórico da educação profissional técnica de nível médio, explorando desde os dispositivos legais que balizam essa modalidade de formação profissional até a organização político-pedagógica, fundamentada na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) e do Catálogo Nacional de Cursos Técnicos (CNCT). Apresenta também as limitações do sistema de fiscalização da qualidade dos cursos técnicos de nível médio, bem como a simplicidade de abertura dessa modalidade de ensino por parte de instituições de educação.

- **Capítulo 5 - Metodologia**

O capítulo de metodologia explica como foram escolhidos os cursos para construir a análise entre as matrizes curriculares pedagógicas, avaliando a carga horária, o conteúdo programático e profundidade com que os conteúdos são ministrados no CTNME e no CBEE.

- **Capítulo 6 - Análise do ementário**

Inicia com a análise preliminar que consistiu em agrupar as 29 disciplinas do CTNME escolhido e as 74 disciplinas do CBEE escolhido em 14 áreas afins. Após a divisão foi apresentada a análise comparativa avaliando a carga horária, o conteúdo programático e a profundidade com que os conteúdos são ministrados no CTNME e no CBEE.

- **Capítulo 7 - Estudos de caso**

São apresentados e discutidos dois estudos de caso, que simulam a aplicação dos conhecimentos dos profissionais, comparando as soluções administradas pelos profissionais com formação no CTNME e CBEE, respectivamente, exibindo as diferentes soluções para situações reais, bem como as suas respectivas possíveis consequências. Os estudos de caso foram construídos a partir de situações tradicionais e cotidianas da vida profis-

sional de trabalhadores e trabalhadoras da área elétrica, que são altamente demandadas pelos setores comerciais e industriais.

O primeiro estudo de caso apresenta uma análise do dimensionamento de um dispositivo de proteção contra sobrecorrente para um circuito de serviço auxiliar realizado por profissional com formação no CTNME e, para a mesma situação, dimensionada por profissionais com formação no CBEE, em duas potências diferentes, evidenciando o limite de atuação segura do profissional egresso do CTNME. O segundo estudo de caso aborda a correção do fator de potência ante a presença de cargas lineares e não lineares. Em ambos os estudos de caso foram analisadas as ferramentas curriculares que os profissionais possuem para resolver a problemática colocada a partir das matrizes pedagógicas dos cursos realizadas.

- **Capítulo 8 - Resolução n.° 074/2019 do CFT e a demanda de 800 kVA**

O capítulo 8 se refere a três análises. Na primeira são avaliadas as limitações dos profissionais com formação no CTNME em relação aos projetos complexos de engenharia. A segunda análise demonstra os elementos que impossibilitam os profissionais com formação no CTNME a atuarem elaborando Laudos e Perícias, tanto por aspectos legais, quanto pelas limitações curriculares dos CTNME. A terceira análise está construída apresentando o erro histórico da atribuição de trabalho dos profissionais com formação no CTNME para demandas de até 800 kVA.

- **Capítulo 9 - Liberdade profissional e exigência de formação acadêmica**

Apresenta a reflexão sobre a relação entre a liberdade do exercício profissional e os limites da formação acadêmica em perspectiva da legalidade.

- **Capítulo 10 - Considerações finais**

O Capítulo 10 destaca algumas conclusões possíveis, a partir da análise de ementas realizadas no capítulo 6 e dos estudos de caso do capítulo 7, explorando as possíveis consequência pela manutenção da atual forma de disponibilização das atribuições profissionais dos profissionais com formação no CTNME pelo CFT.

2. Atribuições Profissionais

Por Antônio Geraldo Ferreira e Lauro Leocádio da Rosa

Este capítulo discute as atribuições profissionais e o seu contexto histórico segundo o sistema Confea/Crea e mais recentemente com o CFT, demonstrando como a designação da amplitude de atuação profissional, de acordo com cada formação, se deu ao longo do tempo por meio das diversas portarias e resoluções.

2.1. CONFEA/CREA

Os Conselhos de Classe são entidades que organizam funções e diretrizes específicas às classes profissionais, com repercussão na atividade profissional. Os Conselhos auxiliam seus filiados e editam diretrizes sobre a atuação e responsabilidades.

Conselhos tradicionais e bastante conhecidos pela sociedade são, por exemplo, a Ordem dos Advogados do Brasil (OAB), o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea), o Conselho Federal de Contabilidade (CFC) e o Conselho Federal de Medicina (CFM), entre tantos outros.

O Decreto Federal n.º 23.569, de 11 de dezembro de 1933, instituído pelo presidente da República Getúlio Dornelles Vargas, regulamentou o exercício das profissões de engenheiro, de arquiteto e de agrimensor. A partir da regulamentação dessas profissões, tornou-se possível organizar a abrangência da atribuição profissional com base na respectiva formação, de maneira que, associada às características curriculares dos cursos de graduação, as atribuições profissionais representam todas as atividades técnicas que um determinado profissional poderá desempenhar, no exercício ético-legal da sua profissão. Nesse sentido, o órgão responsável por tal definição das atribuições profissionais é o Conselho de Classe da respectiva área de formação.

No caso brasileiro da Engenharia, da Agronomia e da Geociências, o Confea, através de Resoluções específicas, trata as atribuições como um ato jurídico de concessão do título e das competências para o exercício legal da profissão. Dessa forma, em função do perfil do egresso dos cursos ofertados pelas Instituições de Ensino Superior (IES), expresso em exação curricular por meio de Histórico Escolar e Diploma, é atribuído pelo Sistema Confea/Crea o título profissional ao diplomado em qualquer dos diferentes cursos de formação nas áreas vinculadas ao âmbito de fiscalização, cujos diplomas, por força de lei, atestam a obtenção dos conhecimentos analíticos considerados necessários para o exercício da profissão. O título profissional atribuído obedece à sistematização estabelecida estatutariamente pelas Resoluções do Confea, independentemente de designação constante do diploma acadêmico expedido pela instituição de ensino, como assim prevê a Resolução n.º 473, de 26 de novembro de 2020, que institui Tabela de Títulos Profissionais do Sistema Confea/Crea e dá outras providências.

O Sistema Confea/Crea atribui ao profissional, a partir da análise documental de sua formação acadêmica, as competências profissionais, em harmonia com as habilidades desenvolvidas em sua trajetória acadêmica, para o respectivo exercício profissional.

Importante destacar que a regra adotada para a definição das atribuições profissionais sempre foi buscar na respectiva formação escolar adquirida a comprovação da obtenção de conhecimentos básicos, específicos e profissionalizantes, considerados necessários para a atuação nas diversas áreas da Engenharia, da Agronomia e da Geociências.

Tal comando legal encontra-se claramente expresso no art. 25 da Resolução n.º 218, de 29 de junho de 1973, do Confea, que discrimina as atividades das diferentes modalidades profissionais da Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Observa-se:

> **Art. 25** - Nenhum profissional poderá desempenhar atividades além daquelas que lhe competem, pelas características de seu currículo escolar, consideradas em cada caso, apenas, as disciplinas que contribuem para a graduação profissional, salvo outras que lhe sejam acrescidas em curso de pós-graduação, na mesma modalidade.

A Lei n.º 5.194, de 24 de dezembro de 1966, disciplinou de forma ampla as atribuições assegurando aos profissionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, já diplomados, e aos que se encontrassem matriculados nas IES, os direitos adquiridos.

Ainda, na Lei n° 5.194, de 1966, em seu artigo 1º, estão caracterizadas as profissões de Engenheiro, Arquiteto e Agrônomo por realizações as seguintes atividades profissionais:

a) Desempenho de cargos, funções e comissões em entidades estatais, paraestatais, autárquicas, de economia mista e privada;
b) Planejamento ou projeto, em geral, de regiões, zonas, cidades, obras, estruturas, transportes, explorações de recursos naturais e desenvolvimento da produção industrial e agropecuária;
c) Estudos, projetos, análises, avaliações, vistorias, perícias, pareceres e divulgação técnica;
d) Ensino, pesquisas, experimentação e ensaios;
e) Fiscalização de obras e serviços técnicos;
f) Direção de obras e serviços técnicos;
g) Execução de obras e serviços técnicos;
h) Produção técnica especializada, industrial ou agropecuária.

Por sua vez, no artigo 1º da Resolução n° 218, de 1973, do Confea, para efeito de fiscalização do exercício profissional correspondente às diferentes modalidades da Engenharia, Arquitetura e Agronomia em nível superior e em nível médio, estão designadas as seguintes atividades:

Atividade 01 - Supervisão, coordenação e orientação técnica;
Atividade 02 - Estudo, planejamento, projeto e especificação;
Atividade 03 - Estudo de viabilidade técnico-econômica;
Atividade 04 - Assistência, assessoria e consultoria;
Atividade 05 - Direção de obra e serviço técnico;
Atividade 06 - Vistoria, perícia, avaliação, arbitramento, laudo e parecer técnico;
Atividade 07 - Desempenho de cargo e função técnica;
Atividade 08 - Ensino, pesquisa, análise, experimentação, ensaio e divulgação técnica; extensão;

Atividade 09 - Elaboração de orçamento;
Atividade 10 - Padronização, mensuração e controle de qualidade;
Atividade 11 - Execução de obra e serviço técnico;
Atividade 12 - Fiscalização de obra e serviço técnico;
Atividade 13 - Produção técnica e especializada;
Atividade 14 - Condução de trabalho técnico;
Atividade 15 - Condução de equipe de instalação, montagem, operação, reparo ou manutenção;
Atividade 16 - Execução de instalação, montagem e reparo;
Atividade 17 - Operação e manutenção de equipamento e instalação;
Atividade 18 - Execução de desenho técnico.

A Resolução n.º 1.010/2005 do Confea dispõe sobre a regulamentação da atribuição de títulos profissionais, atividades, competências e caracterização do âmbito de atuação dos profissionais inseridos no Sistema Confea/Crea, para efeito de fiscalização do exercício profissional. Essa resolução entrou em vigor a partir de 1º de julho 2007 e é válida para os acadêmicos que fizeram a matrícula a partir dessa data. A referida resolução não retirou atribuições, apenas realizou a sistematização dos campos de atuação profissional, as atribuições de competências decorrendo da integralização curricular, dentro de uma matriz pedagógica.

O principal objetivo da Resolução n.º 1.010/2005 foi a flexibilização da concessão das atribuições em função da competência adquirida, por meio de currículo integralizado de acordo com o projeto político pedagógico do curso, no qual está definido pelo colegiado de curso e pelo núcleo docente estruturante da IES o perfil profissional do diplomado.

A Resolução n.º 1.010/2005, também, permitiu a extensão das atribuições inicialmente concedidas por meio de curso de pós-graduação *lato sensu* (especialização) e *stricto sensu* (mestrado e doutorado).

Em 2013, foi publicada no Diário Oficial da União (DOU) a Resolução n.º 1.048/2013, que amplia e consolida as áreas de atuação, as atribuições e as atividades profissionais relacionadas nas leis, nos decretos-lei e nos decretos que regulamentam as profissões de nível superior abrangidas pelo Sistema Confea/Crea, buscando a harmonização.

Nessa mesma esteira, a recente Resolução Confea n.º 1.073, de 19 de abril de 2016, traz o reconhecimento, seguindo a mesma linha da Resolução n.º 1.048, de 2013, de que os Decretos n.º 23.569 e 23.196, ambos de 1933, estão em vigor e ainda são aplicados na questão de atribuições àqueles profissionais que ainda possuem formação abrangida por tais instrumentos normativos, com a devida análise da matriz curricular pedagógica por meio do histórico acadêmico. A nova resolução estabelece, também, que devem ser aplicadas as leis específicas de profissões abrangidas pelo Sistema Confea/Crea (Engenharia, Agronomia e Geociências) e demais decretos (Técnicos Industriais e Agrícolas), previsão esta que já constava na Resolução n.º 1.010, de 2005. A Resolução n.º 1.073/2016 reforça, ainda, que profissões que não têm atribuições previstas em lei receberão atribuições contidas em normativo específico do Confea em vigor.

As atribuições técnicas de uma determinada categoria profissional devem ser determinadas a partir de uma matriz curricular integralizada em uma instituição de ensino. O Sistema Confea/Crea emite atribuição profissional a partir da análise dos conhecimentos desenvolvidos na forma de habilidades e competências organizados por meio de atividades, geralmente sistematizadas em disciplinas, contendo minimamente: uma ementa, exposta de forma detalhada em um conteúdo programático; carga horária teórica (em sala de aula ou em estudo dirigido); e de laboratório (prática ou simulação computacional); referências bibliográficas básicas e complementares; objetivos específicos; metodologias de ensino; e formas de avaliação.

Dessa forma, para identificar quais são as atribuições profissionais de cada formação, analisa-se o conteúdo programático das ementas de cada disciplina, juntamente com a carga horária para integralização do referido curso.

Vale destacar que o processo de análise da concessão de título e atribuição profissional decorre do cadastramento dos cursos junto aos Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia (Crea), sendo uma condição obrigatória a ser observada pelas instituições de ensino, para efeito de registro profissional dos egressos.

O procedimento de cadastramento dos cursos nos Creas visa atender ao disposto nos artigos 10 e 11 da Lei n.º 5.194/1966:

Art. 10 - Cabe às Congregações das escolas e faculdades de Engenharia, Arquitetura e Agronomia indicar ao Conselho Federal, em função dos títulos apreciados através da formação profissional, em termos genéricos, as características dos profissionais por elas diplomados.

Art. 11 - O Conselho Federal organizará e manterá atualizada a relação dos títulos concedidos pelas escolas e faculdades, bem como seus cursos e currículos, com a indicação das suas características.

A análise do cadastramento de cursos no Crea é feita pelas respectivas Câmaras Especializadas de Engenharia, às quais compete, com base no art. 46 da Lei n.º 5.194/1966, proceder ao estudo criterioso e aprofundado da formação escolar adquirida pelos egressos e definir o espectro de atribuições que será concedido, quando do registro deles no Crea, atribuições que permitirão registrar as atividades técnicas desenvolvidas, sob a forma de Anotação de Responsabilidade Técnica - ART, conforme termos da Lei n.º 6.496, de 07 de dezembro de 1977.

2.2. CFT/CRT

A profissão de Técnico Industrial e Técnico Agrícola de Nível Médio foi criada no Brasil pela Lei n.º 5.524/1968 e regulamentada pelo Decreto 90.922, de 1985. Desde então ficou vinculada ao sistema Confea/Crea, juntando-se às centenas de profissões. Tendo inclusive representação nos diversos órgãos do sistema.

Sob a organização, legislação, orientação e fiscalização do Confea/Crea, as atribuições profissionais de todos os profissionais vinculados ao referido sistema foram definidas, diferenciando-as em função das naturezas e características das profissões, bem como da formação técnica em nível de ensino técnico de 2º Grau (Ensino Médio), de graduação (Ensino Superior) e especializações. O que é óbvio e justo, uma vez que as profissões afins devem ser regidas pelas mesmas resoluções e normativas.

Ao longo das décadas seguintes, ocorreram movimentos e atos voltados para a criação de um conselho próprio, que agregasse somente os Técnicos Industriais e Agrícolas, desvinculando-os do sistema Confea/Crea. Assim,

em 26 de março de 2018, a sanção presidencial da Lei n.º 13.639/2018, com base na Lei n.º 5.524/1968 e no Decreto n.º 90.922/1985, atendendo à demanda do segmento dos Técnicos Industriais e Agrícolas, foi criado o Conselho Federal dos Técnicos (CFT).

Desde então, o CFT está se organizando, com uma estrutura parecida com a do Confea/Crea e tem criado legislações próprias que regulamentam, por exemplo, as atribuições profissionais nas diversas áreas de atuação profissional. Na modalidade Técnica em Elétrica, o CFT possui, até o momento, vinte títulos profissionais.

Especificamente, as atribuições profissionais do Técnico em Eletrotécnica, que são disciplinadas pela Resolução n.º 074/2019 e atualizada pela Resolução n.º 094/2020, que altera o art. 3º, inciso XII, e parágrafo único e art. 5º da Resolução n.º 074, de 05 de julho de 2019, e dá outras providências, como tantas outras em outras profissões regidas pelo CFT e que fogem do escopo deste livro, foram implementadas sem considerar o artigo 31º da Lei n.º 13.639/2018:

> **Art. 31.** O Conselho Federal dos Técnicos Industriais e o Conselho Federal dos Técnicos Agrícolas detalharão, observados os limites legais e regulamentares, as áreas de atuação privativas dos técnicos industriais ou dos técnicos agrícolas, conforme o caso, e as áreas de atuação compartilhadas com outras profissões regulamentadas.
>
> **§ 1°** Somente serão consideradas privativas de profissional especializado as áreas de atuação nas quais a ausência de formação específica exponha a risco ou a dano material o meio ambiente ou a segurança e a saúde do usuário do serviço.
>
> **§ 2°** Na hipótese de as normas do Conselho Federal dos Técnicos Industriais ou do Conselho Federal dos Técnicos Agrícolas sobre área de atuação estarem em conflito com normas de outro conselho profissional, a controvérsia será resolvida por meio de resolução conjunta de ambos os conselhos.

Da mesma forma, não foram observados o Decreto n.º 90.922/1985 e o Decreto n.º 4.560/2002, motivo pelo qual, em última análise, fortaleceram-se os conflitos discutidos amplamente neste livro.

3. A formação em Engenharia

Por Benedito Guimarães Aguiar Neto

Este capítulo apresenta a complexidade da estrutura político-pedagógica estabelecida dos CBEE. Isso ocorre pois existe necessidade de se utilizar como base a política nacional estabelecida nas Diretrizes Nacionais Curriculares (DCN), pelo Ministério da Educação (MEC). Neste capítulo também estão discutidos elementos da organização curricular dos cursos de engenharia, bem como as estratégias de flexibilização, visando à formação de um profissional com conhecimento holístico e alta capacidade de formação contínua.

3.1. A Engenharia e os desafios da formação

Os desafios atuais enfrentados na sociedade contemporânea, em qualquer país, quanto à busca por melhor qualidade de vida da sua população, desenvolvimento social e econômico sustentável, colocam a engenharia em posição de destaque, em razão do seu objetivo e atuação. As respostas da engenharia estão presentes em problemas nas áreas de infraestrutura, energia (incluindo a elétrica, nas fases de geração, transmissão, distribuição, qualidade e uso final), mineração comunicação, transporte, logística, saúde pública, produção agropecuária, alimentação, fármacos, transporte, habitação, segurança, lazer, dentre diversas outras, que vão da concepção ao desenvolvimento de produtos e processos de fabricação à gestão ou execução de serviços de base tecnológica.

A engenharia, portanto, deve ser vista como um vetor fundamental de desenvolvimento econômico e de transformação social que, em razão da sua abrangência de atuação, gera impactos significativos na economia e no modo de vida da sociedade. Por outro lado, esse papel catalizador da engenharia para com a economia se materializa à medida que são criadas as condições de contorno, necessárias e adequadas para a geração de conhecimento e

para a sua utilização na solução de demandas, dos mais diversos segmentos organizados da sociedade, públicos ou privados. Falar em desenvolvimento econômico e social é considerar o potencial da engenharia quanto à abertura de novos negócios e mercados, portanto, geração de emprego e renda, e alcance da sua capacidade transformadora na sociedade.

As formas de aproveitamento dos resultados da engenharia e o respectivo grau de impacto na sociedade, no modo de vida e bem-estar social, dependem da qualidade da educação em engenharia, com a quebra de paradigmas quanto à necessidade de visão holística do processo de ensino e aprendizagem. Em especial, quanto aos diversos atores envolvidos, sejam internos ou externos à instituição. Assim, faz-se necessária uma profunda reflexão quanto ao desenvolvimento de mecanismos que permitam, já no processo formativo, entender e identificar demandas e apontar soluções.

A Educação em Engenharia não pode mais se caracterizar como processo hermético no seu aspecto acadêmico, ao contrário, deve ser interativa e interconectar-se a ecossistemas de inovação, com o epicentro na ciência, de forma a poder irradiar um leque de resultados e soluções de aplicações. A engenharia não é ciência e não é também apenas uma ideia criativa, é o conhecimento científico e tecnológico aplicado a soluções, em atendimento a demandas da sociedade.

Uma boa formação em engenharia deve ser, portanto, um objetivo a ser perseguido no país. Deve ser levada a efeito de forma estruturada, como política de Estado, independente de ventos políticos, que sopram em direções muitas vezes díspares, e com visão estratégica de desenvolvimento, em razão das necessidades observadas, demandas reprimidas e, sobretudo, das perspectivas do crescimento econômico e social que o país almeja. Sem uma engenharia forte, consolidada e em constante ebulição quanto à inovação, não há como o país alcançar o seu desenvolvimento desejado.

A grande competitividade global e a demanda por novos produtos e processos despertam, cada vez mais, o sentimento comum quanto à importância da inovação. Ela passa a integrar dimensões diversas da economia, e não apenas como atuação e responsabilidade das grandes empresas de tecnologia, abrindo um grande espaço para iniciativas empreendedoras e inovadoras, incluindo setores não tecnológicos.

Os desafios da boa formação em engenharia passam pela busca do melhor desempenho possível dos insumos para a inovação, com destaque para o desenvolvimento da capacidade de promover o protagonismo estudantil no processo de ensino e aprendizagem. Significa inserir o estudante em atividades acadêmicas que vão além da sala de aula e que contribuam para o desenvolvimento da aprendizagem autônoma, em sintonia com a visão de que o futuro engenheiro deve ter a capacidade de criar, desenvolver soluções e entregar resultados. Nesse sentido, constitui-se grande desafio a utilização de critérios e mecanismos de avaliação e acompanhamento do aproveitamento acadêmico do estudante que permitam a verificação contínua do desenvolvimento das competências e habilidades necessárias à formação desejada.

Não há mais espaço para que os cursos de engenharia fiquem presos a formalidades burocráticas, estabelecidas por avaliações externas, anacrônicas e policialescas, que em nada contribuem para reduzir o fosso existente entre a formação e a capacidade de produzir inovação. Além disso, a inovação, em sentido amplo, deve estar presente como novos modelos de ensino e aprendizagem que valorizem resultados em contraposição aos modelos que apenas verificam condições. O papel a ser exercido pela educação em engenharia, a ser apresentado aos órgãos reguladores, quando da aferição da qualidade dos cursos, deveria ser na direção de resultados concretos ou mesmo potenciais obtidos nas atividades da formação acadêmica para o exercício profissional, quanto a impactos acadêmicos, sociais e econômicos. É inerente, portanto, a busca por mudanças de cultura que permitam reverter a preocupação institucional da ótica da verificação de condições formais, pelas avaliações externas, para a de acompanhamento contínuo da aferição de resultados.

De suma importância, no contexto em tela, quanto aos desafios institucionais internos da formação em engenharia, são a concepção pedagógica e seus aspectos conceituais e metodológicos aliados às condições de infraestrutura adequada, visão institucional e engajamento acadêmico. Esses aspectos, por sua vez, devem estar em linha com as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Engenharia e em sintonia com a dinâmica das demandas e políticas institucionais externas, por meio de trabalho cooperativo de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I).

3.2. A formação e o Projeto Pedagógico Institucional

O perfil profissional do egresso de cursos de engenharia deve ser fruto de esforço na direção de uma formação acadêmica consistente, que desenvolva competências e habilidades, e que permita ao futuro profissional adaptar-se à dinâmica do conhecimento científico e tecnológico, de forma que o processo formativo não se encerre na formatura. Ao longo das duas últimas décadas têm sido levadas a efeito significativas reflexões quanto à necessidade de mudanças no processo de ensino e aprendizagem, que permitam ao egresso compreender as atuais e desenvolver novas tecnologias, enfim, estar preparado para demandas da engenharia, ainda sequer concebidas, e ter capacidade empreendedora (ERKKILÄ, 2000; BAZZO; PEREIRA, 2005; PEREIRA, 2005; MORSELLI, 2019; HÄGG; GABRIELSSON, 2020).

Nesse contexto, a educação em engenharia deve agregar valor ao perfil profissional do egresso pela criação de condições para o desenvolvimento de uma consciência crítica da realidade que o cerca, mas com uma cosmovisão além dos horizontes locais, e focar em questões atitudinais e relacionais. Essas questões, para o desenvolvimento do perfil desejado do profissional do século XXI, ganharam grande importância uma vez que o domínio de conteúdos técnico-científicos não é mais suficiente, embora seja imprescindível. A formação deve considerar o desenvolvimento pessoal do educando com habilidades mais amplas, tais como iniciativa, criatividade, liderança, compromisso ético e visão holística da atuação profissional.

O ponto de partida para a devida abordagem foi a concepção didático-pedagógica estabelecida nas primeiras Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para cursos de graduação em engenharia, estabelecidas pela resolução CNE/CES n.º 11/2002 (BRASIL, 2002), que proporcionou grandes mudanças na direção de uma formação acadêmica mais adequada ao atendimento do perfil profissional desejado. A reflexão sobre a dinâmica do conhecimento científico e tecnológico e a percepção da grande importância da engenharia para o desenvolvimento econômico e social do país levaram a uma grande mobilização da comunidade acadêmica, liderada pela Associação Brasileira de Educação em Engenharia (Abenge), na direção de mudanças na educação em engenharia.

Na época, a Resolução n.º 48/1976 do Conselho Federal de Educação (CFE), (BRASIL, 1976), considerada uma camisa de força quanto à organização curricular, não permitia a desejada e necessária flexibilidade das instituições para com a reestruturação dos seus cursos de engenharia, especialmente por exigir um currículo mínimo para todos os currículos de engenharia do país. Nesse cenário, foram concebidas as primeiras DCNs, fruto de intensas discussões levadas a efeito entre o fim da década de 90 e início dos anos 2000, em seminários e diversos fóruns específicos, que envolveram todas as regiões do país, e contaram com o apoio e participação do Sistema Confea/Crea e do próprio MEC.

O ponto de inflexão foi o próprio conceito de currículo, abstraindo-se do conceito restrito de grade curricular. Ocorre, assim, uma mudança conceitual significativa à medida que o currículo passa a ser compreendido como todo o conjunto de atividades acadêmicas de aprendizado do estudante durante o processo de formação e não apenas o conceito restrito de conteúdos curriculares na forma de disciplinas que, como obstáculos, precisariam, de certo modo, apenas serem vencidos para que fosse alcançado o diploma (BORGES; AGUIAR NETO, 2000).

Portanto, uma nova concepção pedagógica passa a ser adotada na elaboração e reestruturação de projetos de cursos de engenharia, baseada na seguinte definição de currículo: "Todo o conjunto de experiências de aprendizado que o estudante incorpora durante o processo participativo de desenvolver, numa instituição educacional, um programa de estudos coerentemente agregado" (BANTOCK, 1980).

A implantação das DCNs exigiu, por consequência, o desenvolvimento de currículos com a visão institucional de articular de forma integrada o papel do ensino, da pesquisa e da extensão; que pense o currículo como um todo. Com a nova concepção, os conteúdos formais e atividades curriculares diversas passam a integrar componentes curriculares, e não necessariamente apenas disciplinas, e a respectiva distribuição irá a fazer parte de uma estrutura curricular ampla. Além disso, será dada ênfase especial à forma como o corpo docente vai atuar no novo processo de ensino e aprendizagem com a perspectiva de desenvolvimento de ações e atividades fundamentais complementares à sala de aula, além da importância que passa a ser dada às relações institucionais externas (AGUIAR NETO; VIEIRA, 2014).

Diante da flexibilidade proporcionada quanto à integralização curricular, por meio de atividades acadêmicas diversas, abre-se um leque de perspectivas para uma prática docente voltada à formação de profissionais com a capacidade de "aprender a pensar", de forma autônoma, e que se utilizem de um diálogo crítico para com a realidade social na qual se insere o processo de ensino e aprendizagem. O grande desafio, que ainda persiste, é o de fomentar uma consciência crítica do estudante aliada ao desenvolvimento de ações docentes que contribuam para o desenvolvimento humano, em sentido amplo, como um dos objetivos mais nobres na formação profissional.

Assim, o processo educacional de formação do engenheiro, no contexto em tela, deve proporcionar o desenvolvimento de competências, habilidades e atitudes que permitam enfrentar os desafios de um mundo de economias globalizadas.

É importante ser considerada uma cosmovisão ampla quanto ao contexto de desenvolvimento do perfil do futuro profissional que não pode mais ser restrita apenas às questões locais do contexto social no qual a instituição está inserida. Por outro lado, o novo engenheiro há de ser também preparado para as necessárias respostas ligadas ao contexto social e econômico no qual está inserido localmente, na perspectiva de atuar na direção de um desenvolvimento sustentável.

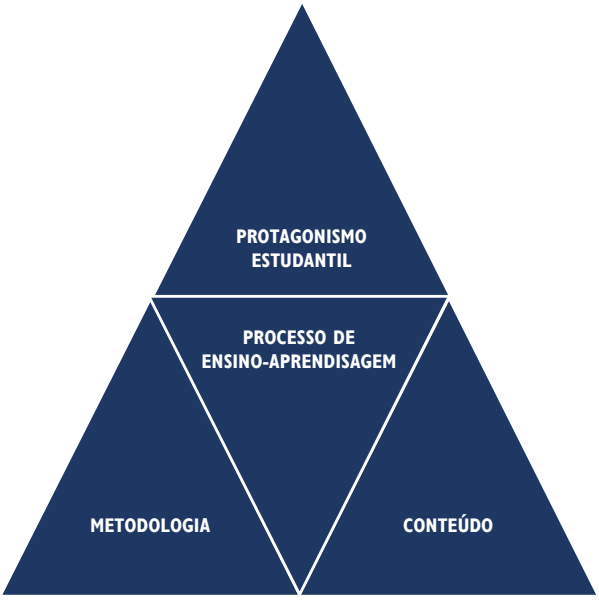
De acordo com El-Zein e Hedemann (2016) o foco da educação em engenharia unicamente na resolução de problemas traz consigo vieses epistemológicos e políticos que limitam a capacidade dos engenheiros de refletir sobre seus processos de aquisição de conhecimento, definição de problemas e, portanto, na capacidade de enfrentá-los de maneira eficaz. Conforme os referidos autores, para a engenharia manter a sua relevância no século 21 os engenheiros devem valorizar o que é considerado como "bem público" que são obrigados a construir, reforçar ou proteger.

Thurer *et. al.* (2018) apresentam um estudo de revisão sistemática das iniciativas de valorização das questões de sustentabilidade na educação em engenharia. A perspectiva da inserção de maior preocupação com o desenvolvimento sustentável é contribuir para que o engenheiro seja formado com maior preparo e engajamento nessa direção; enfim, capacitado para enfrentar as questões ambientais integradas aos desafios sociais e econômicos do século 21.

A busca de informações, de forma autônoma, diante da dinâmica do crescimento científico e tecnológico, leva ao grande desafio de ser fomentada, no processo de ensino e aprendizagem, a prática do "aprender a aprender", na percepção clara de que demandas ainda não conhecidas e problemas ainda não concebidos surgirão durante a vida profissional. Não mais apenas o conteúdo, mas sobretudo as questões metodológicas passam a exercer um papel fundamental na educação em engenharia.

Diante dos desafios colocados pela nova concepção didático-pedagógica, não mais centrada apenas no conteúdo, pois não basta para uma formação duradoura, também não simplesmente nas experiências dos estudantes, ou na figura do professor. Com esse objetivo surgem iniciativas diversas como a abordagem interacionista centrada em todo o processo de ensino e aprendizagem, proposta por Aguiar Neto, Rizo e Vieira (2014). Conforme ilustra a Figura 1 essa abordagem não é centrada no professor como o detentor único do conhecimento e nem no estudante, como tentativa de transferência de responsabilidade que este não pode assumir como educando.

Figura 1 - Princípios do modelo centrado no processo de ensino e aprendizagem



Fonte: do autor do capítulo

A abordagem interacionista exige uma exata compreensão do papel do professor e do estudante no processo de ensino e aprendizagem e está intimamente ligada à necessidade de mudanças na cultura institucional e em questões, tanto comportamentais quanto metodológicas dos atores envolvidos. O professor não pode ser visto meramente como moderador no processo de ensino e aprendizagem, mesmo quando da utilização de metodologias voltadas ao protagonismo estudantil.

O estudante passa a ser elemento ativo no processo, e esse aspecto não pode ser entendido como forma de reduzir a autoridade e responsabilidade do professor no desenvolvimento acadêmico do educando. Preservar e reconhecer a autoridade docente em sala de aula é essencial em qualquer processo de ensino e aprendizagem. Essa questão é motivo de importantes reflexões em Vasconcelos (2006). Em especial, a preocupação com a capacitação docente, quanto a essa nova concepção didático-pedagógica, é fundamental para a adoção de medidas que contribuam para a implementação de modernas práticas de ensino, aprendizagem e avaliação (VIEIRA; AGUIAR NETO, 2016).

Várias contribuições, ao longo das duas últimas décadas, propõem inserir o estudante com papel mais ativo em atividades de integração e síntese de conhecimentos, previstas desde as primeiras DCNs, contudo de uso bastante disseminado nos últimos anos (HERNANDEZ NETO, 2000; RIBEIRO, *et al.*, 2004; PASSOS *et al.*, 2010; ELMÔR-FILHO *et al.*, 2019; ARANHA, E.A. *et al.*, 2019; VILAS-BOAS, *et al.*, 2019; CAMPOS, *et al.*, 2019; FERLIN, 2021; MATA; LOPES, 2021; BENDER, 2021; JORGE; SANTOS, 2021).

O objetivo comum é o de capacitar o estudante com o desafio do "aprender fazendo", como forma de contribuir para que os conhecimentos técnico-científicos possam ser empregados em atividades práticas que envolvam situações próximas à realidade profissional, despertando a criatividade, a iniciativa, enfim, contribuindo com o desenvolvimento do protagonismo estudantil.

Na Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM), por experiência própria do autor deste capítulo, a implantação de um novo Projeto Pedagógico Institucional (PPI), com base na concepção didático-pedagógica em tela, proporcionou mudanças significativas nos Projetos Pedagógicos dos Cursos causando mudanças de paradigmas quanto ao papel do estudante

no processo de ensino e aprendizagem e, consequentemente, no perfil do egresso e na qualidade dos cursos. Como exemplo, são apresentadas a seguir as diretrizes que foram adotadas pela UPM (AGUIAR NETO; VIEIRA, 2014):

a) Formação mais geral do que específica, mediante a valorização da fundamentação científica sem, contudo, deixar de enfatizar adequadamente componentes curriculares aplicadas às demandas atuais da sociedade;
b) Valorização e incentivo ao protagonismo estudantil, no sentido de contribuir para que o estudante atue como agente ativo no processo de ensino-aprendizagem;
c) Valorização de uma formação empreendedora e de ações que desenvolvam o empreendedorismo;
d) Flexibilização da integralização curricular, considerando a inter e a multidisciplinaridade, tanto no âmbito do próprio curso ou entre cursos, otimizando-se a distribuição de componentes curriculares;
e) Flexibilização curricular pela valorização da mobilidade acadêmica internacional;
f) Ênfase na necessidade de se reduzir o tempo em sala de aula pela valorização de atividades curriculares de integração e síntese de conhecimentos, por meio da pesquisa, atividades complementares e estágios;
g) Utilização de metodologias de ensino inovadoras;
h) Valorização de um conjunto de conceitos que desenvolvam uma visão geral: social, política, econômica, ecológica e empreendedora;
i) Inserção da extensão universitária como parte integrante da pesquisa, com um olhar externo para as demandas da sociedade integrando-as ao processo de ensino-aprendizagem.

A integração e a síntese de conhecimentos devem permear as atividades acadêmicas, no conceito amplo de currículo considerado, de forma a haver maior interação da extensão com a pesquisa. Significa, portanto, buscar o fortalecimento das interações com os setores industrial, de serviços e cultural, quanto à cooperação técnico-científica, para facilitar a prestação de serviços e a transferência de tecnologia. Essa concepção didático-pedagógica encontra o seu ponto de destaque no conjunto de atividades complementares à sala de aula que podem ser implementadas. Mais que quaisquer outras ati-

vidades curriculares, as denominadas complementares podem contribuir de forma muito relevante para o desenvolvimento do protagonismo estudantil e, então, para a transformação do processo educacional em aprendizagem mais significativa para com os propósitos de transformação social.

Atividades desenvolvidas nesse contexto, adicionalmente, poderão potencializar a capacidade de captação de recursos com agências de fomento e a realização de parcerias estratégicas para um trabalho colaborativo de PD&I (VOM RAESFELD, 2012; FRANCO; HAASE, 2015; ARBA-SANCHEZ, V.; ATIENZA-SAHUQUIDO, C., 2018; BERTOLINI, 2019). Nesse contexto, a integração com a pós-graduação *stricto sensu* assume papel importante, pois possibilita que sejam ampliadas as atividades voltadas à pesquisa com maiores perspectivas de cooperação e financiamento.

3.3. Motivações para atualização das Diretrizes Curriculares Nacionais

Mais recentemente, foram levadas a efeito novas reflexões acerca da necessidade de aperfeiçoamentos quanto à reestruturação curricular dos cursos de engenharia do país, contudo, no mesmo contexto da concepção didático-pedagógica da resolução CNE/CES 11/2002. Para tanto, foi constituído um grupo de trabalho, formado pela Abenge e Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI) da Confederação Nacional da Indústria (CNI), com a participação da Secretaria de Educação Superior do Ministério da Educação SESu/MEC e da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação CES/CNE, que elaboraram o documento "**Recomendações para o Fortalecimento e Modernização do Ensino de Engenharia no Brasil, CNI, 2018**", que levantou a seguinte questão:

> A resolução CNE/CES 11/2002, que encontra-se em vigor atualmente, embora trate de competências e habilidades a serem desenvolvidas, tem sua base em núcleos de conteúdos, o que acabou por determinar currículos com foco principal no desenvolvimento de conteúdos e práticas muitas vezes restritas a laboratórios, em disciplinas estanques e geralmente descontextualizadas. Este formato curricular não mais atende ao que se de um recém-formado em Engenharia na atualidade.

> A fim de estabelecer-se diretrizes inovadoras, projetar e implementar novos currículos para os cursos de engenharia, é preciso pensar em um profissional que seja capaz de atuar em trajetórias muitas vezes imprevisíveis (ABENGE, MEI/CNI, 2018, p. 7).

A fundamental participação da CNI, por meio da MEI, permitiu abrir um novo e amplo debate da comunidade acadêmica com o setor empresarial em prol da modernização dos currículos de engenharia no Brasil, tendo como focos principais a definição e domínio das competências fundamentais a serem desenvolvidas no processo formativo para o exercício profissional. Foi ressaltada a necessidade de maior ênfase ao desenvolvimento de habilidades mais instrumentais como conhecimentos técnicos e capacidade de análise e síntese, bem como sistêmicas, a exemplo da gestão de projetos, do empreendedorismo e liderança ou de ordem atitudinal e relacional como iniciativa, aprendizagem autônoma, capacidade de trabalho em equipe e compromisso ético.

Na realidade, esses elementos citados, que fazem parte de um currículo baseado em competências, não são novidade nas novas DCNs. A motivação para as mudanças propostas vai na direção de que seja mais explicitado o desenvolvimento de competências, na perspectiva de uma maior valorização da atividade prática e de visão holística do escopo de atuação do engenheiro, bem como de uma ainda maior flexibilização na organização curricular.

As premissas para o início de novo processo de discussão para atualização das DCNs para os cursos de engenharia, colocadas pela Abenge e MEI/CNI, foram as seguintes:

> **I –** Elevar a qualidade do ensino em Engenharia no país;
> **II –** Permitir maior flexibilidade na estruturação dos cursos, de modo a induzir as instituições de ensino a inovar em seus modelos de formação;
> **III –** Reduzir a taxa de evasão nos cursos de Engenharia (ABENGE; MEI/CNI, 2018, p. 5).

Em MEI/CNI (2018), é apresentado um conjunto de reflexões e recomendações de como melhorar e proporcionar a modernização do ensino de engenharia no país, elaborado por integrantes da MEI e da comuni-

dade acadêmica, incluindo reitores, dirigentes acadêmicos de escolas de engenharia, professores e profissionais do setor empresarial, além de representantes do MEC e CNE. O referido trabalho chama a atenção para o uso de metodologias ativas, como o Ensino Baseado em Projeto (*Project Based Learning - PBL*), aliadas a um contexto em que seja explorada a aprendizagem colaborativa e interdisciplinar para o desenvolvimento de competências e habilidades. Chama ainda a atenção para o necessário empenho dos educadores que atuam em cursos de engenharia quanto à implementação de práticas relacionadas ao empreendedorismo e sugere o uso da combinação de metodologias baseadas em problemas com aquelas relacionadas ao ensino empreendedor.

Os autores destacam a tendência de adoção do ensino híbrido como uma combinação do ensino presencial e a distância, com o uso de tecnologias digitais e, nesse contexto, ressaltam o uso de metodologias tais como "Modelos de Sala de Aula Invertida", "Laboratório Rotacional" ou a chamada "Rotação Individual". Essas metodologias têm em comum o fato de fomentarem uma maior proatividade do estudante no processo de ensino e aprendizagem e de utilizarem recursos online para o desenvolvimento de atividades prévias aos momentos presenciais. Em síntese, os referidos autores propõem (MEI/CNI, 2018, p. 22-23):

> **I –** Em termos de revisão das diretrizes curriculares, que novas propostas priorizem a perspectiva dos cursos de engenharia como um processo (e não uma soma de conteúdos), enfatizem o desenvolvimento de competências e habilidades nos alunos e sejam capazes de comprometer as IES com o resultado das competências que pretendem desenvolver.
>
> **II –** Em termos de metodologias pedagógicas, a necessidade de incentivo ao ensino baseado em projetos/desafios das empresas, à adoção do modelo híbrido, combinando atividades presenciais e à distância. E à utilização de laboratórios e tecnologias conectando o mundo real e virtual, a fim de explorar ao máximo os desafios concretos/reais ao longo do processo de formação de alunos.

Por fim, considerando a premissa de currículo por competência e o respectivo perfil desejado, destacamos as propostas formalmente encaminhadas ao CNE (ABENGE; MEI/CNI, 2018, p. 7-8):

- Propõem-se que sejam definidos currículos para os cursos a partir de competências a serem desenvolvidas, ao invés de núcleos de conteúdos. Desta forma, os conteúdos são implementados dentro de contextos de desenvolvimento de competências e contextualizados em ambientes de Engenharia, e não apenas como um fim em si mesmo;
- O Curso de Graduação em Engenharia tem como perfil do egresso um engenheiro generalista, humanista, crítico, reflexivo, criativo, cooperativo, ético, apto a pesquisar, desenvolver e aplicar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora, capaz de identificar problemas, necessidades e oportunidades de melhorias para projetar soluções de Engenharia, com transversalidade em sua prática, considerando os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e capaz de atuar e adaptar- se às novas demandas da sociedade e do mundo do trabalho com postura isenta de qualquer tipo de discriminação e comprometido com a responsabilidade social e o desenvolvimento sustentável;
- Atuar em todo o "ciclo de vida" e contexto do projeto de produtos e de seus processos produtivos, inclusive inovando-os – **Engenheiro Projetista e Inovador**;
- Atuar em todo o "ciclo de vida" e contexto do empreendimento, inclusive na sua gestão e manutenção – **Engenheiro Empreendedor e Gestor**;
- Formação de outros engenheiros e profissionais que atuem na cadeia produtiva do projeto de produtos e do empreendimento, assim como atualizar-se constantemente – **Engenheiro Educador (Educação em Engenharia)**.

3.4. As Novas Diretrizes Curriculares Nacionais e seus desafios

As novas Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de engenharia foram instituídas pela Resolução CNE/CES 2/2019, de 24 de abril de 2019, com alteração dada pela Resolução n.º 1/2021, de 26 de março de 2021. Embora preserve a mesma base epistemológica, com os mesmos princípios norteadores quanto à concepção didático-pedagógica, fortalece o contexto na qual foi concebida, ao tratar do perfil desejado para o egresso de um curso de engenharia, ao explicitar algumas características adicionais (BRASIL, 2019):

a) ter forte formação técnica;

b) atuar de forma inovadora e empreendedora;

c) ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários; formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de Engenharia;

d) adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática;

e) considerar os aspectos globais de segurança e saúde no trabalho;

f) atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável.

Essas características desejadas para o egresso enfatizam a necessidade de uma forte formação técnica, mas também científica, no processo de ensino e aprendizagem para a solução de problemas, na perspectiva de abordagens práticas voltadas ao empreendedorismo e à inovação. A adoção de perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares reforçam a necessidade de desenvolvimento de atividades de integração e síntese de conhecimentos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) e a importância do trabalho cooperativo.

Da vasta lista de competências que descrevem o escopo de atuação do engenheiro apresentada no art. 40, destacamos alguns itens do inciso VI, que tratam do "trabalhar e liderar equipes multidisciplinares". Esses incisos demonstram uma maior preocupação das DCNs para com as atividades de gestão que podem ser exercidas pelo engenheiro, sejam voltadas a produtos, processos ou a pessoas que podem ser exercidas pelo engenheiro (BRASIL, 2019, art. 40, inciso VI):

c) gerenciar projetos e liderar, de forma proativa e colaborativa, definindo as estratégias e construindo o consenso nos grupos;

d) reconhecer e conviver com as diferenças socioculturais nos mais diversos níveis em todos os contextos em que atua (globais/locais);

e) preparar-se para liderar empreendimentos em todos os seus aspectos de produção, de finanças, de pessoal e de mercado.

Esses são, sem dúvidas, importantes desafios, pois dizem respeito ao desenvolvimento de habilidades específicas de caráter relacional e socioemocionais, além do imprescindível domínio dos aspectos técnicos envolvidos.

Importante ressaltar que nas DCNs, no seu art. 50, embora entendamos estar implícito no contexto do perfil, é destacada a necessidade de ser explicitado no PPC (Projeto Pedagógico do Curso) o desenvolvimento de competências para a atuação do engenheiro, de forma ampla, em campos da área ou correlatos. Essa atuação envolve, além de projetos de produtos e bens e serviços, a gestão e a manutenção de empreendimentos e a formação de futuros profissionais. Nesse contexto, há uma preocupação em ser ressaltada a importância do uso de metodologias ativas no desenvolvimento das competências e a implementação de projetos integradores entre a teoria e a prática, considerando a interdisciplinaridade.

3.4.1 A organização curricular e a flexibilização

A organização curricular deve permitir maior flexibilização na integralização do currículo do curso, sobretudo quanto à sua adequação à necessidade do uso de novas metodologias no processo de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, currículos mais flexíveis e estruturas acadêmico-administrativas adequadas são necessários para que a abordagem colocada se torne realidade.

A organização curricular do curso deve estar definida no seu Projeto Pedagógico e ter como principal referência o Projeto Pedagógico Institucional, no qual deve ficar clara e explicitada a concepção didático-pedagógica a ser utilizada. As DCNs não impõem organizações curriculares, mas apresentam direcionamentos e possibilidades, embora indiquem a filosofia geral a ser seguida em termos de uma educação em engenharia considerada hoje adequada. Às IES compete então definir o perfil de profissional a ser formado, seus propósitos, áreas e escopo de atuação e, portanto, a melhor forma de organização curricular a ser implementada, seja em termos de conteúdo ou metodológicos.

Há, todavia, que se ressaltar que algumas atividades são colocadas como obrigatórias, a exemplo da integralização dos componentes curriculares "Trabalho de Fim de Curso" e "Estágio Supervisionado", bem como a realização de atividades de laboratório, ao ser claramente explicitado o seguinte, nas DCNs:

> É obrigatória a existência de atividades de laboratório, tanto as necessárias para o desenvolvimento de competências gerais quanto das específicas, com o enfoque e a intensidade compatíveis com a habilitação ou a ênfase do curso (BRASIL, 2019, art. 6º, inciso VIII, § 1º).

Embora a importância das atividades práticas e de laboratório na formação em engenharia esteja implícita, no contexto em tela do perfil geral de engenheiro desejado, é ressaltada como imprescindível a presença dessas atividades nos componentes curriculares de física, química e informática.

No avanço alcançado quanto à maior flexibilização da organização curricular destacamos, em especial, o fato de não ser mais exigido o cumprimento de percentuais de carga horária: dos conteúdos básicos de 30% da carga horária total, 15% para os profissionalizantes e específicos que eram de 55%. Na prática, muito provavelmente, na maioria dos casos, essa mudança não fará diferença significativa uma vez que a distribuição obedecia ao sentimento oriundo de experiência acumulada dos formuladores da política quanto à importância dos conteúdos básicos na tentativa de evitar que fossem negligenciados.

Nesse sentido, percebe-se uma significativa preocupação quanto à importância dos conteúdos básicos, ao serem listados, no art. 90, § 1º, das DCNs, alguns tópicos como imprescindíveis à formação, independentemente da habilitação considerada:

> Todas as habilitações do curso de Engenharia devem contemplar os seguintes conteúdos básicos, dentre outros: Administração e Economia; Algoritmos e Programação; Ciência dos Materiais; Ciências do Ambiente; Eletricidade; Estatística. Expressão Gráfica; Fenômenos de Transporte; Física; Informática; Matemática; Mecânica dos Sólidos; Metodologia Científica e Tecnológica; e Química (BRASIL, 2019).

Ressaltamos ainda a importância dada aos conteúdos básicos pela alteração do art. 9º, § 1º, da Res./CNE 02/2019, com a introdução do conteúdo "Desenho Universal", pela Res. CES.CNE 01/2021, de 26 de março de 2021 (BRASIL, 2021).

A flexibilização traz a possibilidade de cada IES distribuir os conteúdos em termos de componentes curriculares em razão das suas respectivas demandas, como melhor entender, para o desenvolvimento das competências delineadas em cada PPC. Note que ao serem listados conteúdos nas DCNs não significa que esses são necessariamente disciplinas, podem tanto estar estruturados como componentes curriculares em uma quanto em mais disciplinas. Aqui, entende-se disciplina como resultado da organização de componentes curriculares formalizados em elementos da estrutura curricular.

Na organização curricular as questões metodológicas, contudo, são mais importantes que as de carga horária, uma vez que cursos longos, tanto em tempo de integralização quanto em número de componentes curriculares, tendem a apresentar supervalorização de conteúdos e maior segmentação desses.

As atividades curriculares devem ser diversificadas com componentes curriculares formais ou informais, no sentido de não integrarem formalmente disciplinas, e devem ser consideradas todas as atividades acadêmicas que contribuem para a formação do estudante. Particularmente, é dado destaque nas DCNs à importância de serem desenvolvidas atividades que aproximem o estudante do ambiente profissional:

> É recomendável que as atividades sejam organizadas de modo que aproxime os estudantes do ambiente profissional, criando formas de interação entre a instituição e o campo de atuação dos egressos.
> Recomenda-se a promoção frequente de fóruns com a participação de profissionais, empresas e outras organizações públicas e privadas, a fim de que contribuam nos debates sobre as demandas sociais, humanas e tecnológicas para acompanhar a evolução constante da Engenharia, para melhor definição e atualização do perfil do egresso (BRASIL, 2019, art. 6º, inciso VIII, § 9º e 10).

Os cursos podem ter organizações curriculares diversas, ficando a cargo da IES no gozo da flexibilização assegurada pelas DCNs a organização das suas atividades. Segundo o art. 80, § 1º, das DCNs, as atividades do curso podem, portanto, ser organizadas por disciplinas, blocos, temas ou eixos de conteúdos; atividades práticas laboratoriais e reais, projetos, atividades de extensão e pesquisa, entre outras (BRASIL, 2019).

3.4.2 A gestão acadêmica

Diante da nova realidade, se faz necessária uma visão mais transversal na estrutura acadêmico-administrativa da IES, permitindo que as atividades acadêmicas permeiem aspectos cristalizados da sua cultura organizacional. Há de haver a devida adaptação institucional para a adequada utilização de metodologias de ensino e aprendizagem na nova dinâmica de organização curricular. Para a construção de currículos de cursos de engenharia baseados no desenvolvimento de competências, as atividades de ensino, pesquisa e extensão precisam ser igualmente valorizadas e integradas.

É fundamental que sejam criadas as devidas condições institucionais que permitam esse envolvimento mútuo para o desenvolvimento do protagonismo e do empreendedorismo do estudante, na perspectiva de ampliação da atuação acadêmica multidisciplinar. O estudante, ao ser considerado elemento ativo no seu ambiente de aprendizagem atua, além das atividades formais de sala de aula, em outras atividades que podem envolver, inclusive, atores colaborativos externos. Esses desafios envolvem tanto o devido engajamento do estudante quanto do corpo docente.

Diante do cenário educacional e socioeconômico observado, é necessário um olhar especial quanto ao perfil acadêmico do ingressante, bem como para com o próprio ambiente institucional que o recebe em alguns aspectos fundamentais: ações institucionais para a implantação de políticas e diretrizes institucionais voltadas para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem e de mecanismos acadêmico-administrativos que contribuam para a permanência do estudante no curso. Assim, devem ser criadas melhores condições para a redução da retenção acadêmica e do potencial de evasão do corpo discente. Nesse sentido as DCNs ressaltam o seguinte:

> Com base no perfil dos seus ingressantes, o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) deve prever os sistemas de acolhimento e nivelamento, visando à diminuição da retenção, ao considerar:
>
> **I –** as necessidades de conhecimentos básicos que são pré-requisitos para o ingresso nas atividades do curso de graduação em Engenharia;
>
> **II –** preparação pedagógica e psicopedagógica para o acompanhamento das atividades do curso de graduação em engenharia; e

III – a orientação para o ingressante, visando melhorar as suas condições de permanência no ambiente da educação superior. (BRASIL, 2019, Art. 7º).

O acompanhamento do desenvolvimento acadêmico do curso deve utilizar de um processo de autoavaliação das atividades acadêmicas, com instrumentos adequados que permitam a avaliação das competências desenvolvidas, os respectivos conteúdos envolvidos e as estratégias utilizadas para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem, com os planos de ação correspondentes, explicitando as responsabilidades e a gestão do processo (BRASIL, 2019).

A autoavaliação do curso, tendo como referência o seu PPC com os respectivos objetivos a serem alcançados, deve contemplar todos os seus aspectos de governança, os aspectos metodológicos e todas as condições de contorno envolvidas, incluindo as políticas institucionais e a infraestrutura disponível.

Nesse contexto, é inerente a busca por mudanças de cultura que permitam reverter a ótica da simples verificação de condições formais das avaliações externas, como a grande preocupação institucional, para a de acompanhamento contínuo da aferição de resultados e os respectivos impactos acadêmicos, sociais e econômicos do curso.

O conceito de avaliação do estudante assume destaque à medida que ressalta a importância de que esta deve ter um papel formativo na verificação do aprendizado em relação ao desenvolvimento das competências previstas e realizada de forma contínua e diversificada. Segundo o art. 130 das DCNs, a avaliação deve ser organizada como reforço, em relação ao aprendizado e ao desenvolvimento das competências (BRASIL, 2019).

É importante, portanto, descrever no PPC a filosofia que norteia o processo avaliativo, os mecanismos utilizados e as formas de avaliação no esforço de verificar como e em que medida as competências estão sendo desenvolvidas. Além disso, se faz necessário descrever como os resultados da avaliação podem ser utilizados para o aprimoramento do processo de ensino e aprendizagem e do próprio processo avaliativo.

O desenvolvimento e acompanhamento institucional dessas atividades devem ser realizados de forma integrada, não devendo haver diferenciação, se as atividades são tradicionalmente de sala de aula, de pesquisa ou de

extensão, que passam a exercer um papel muito importante nos desafios relacionados à integração e síntese de conhecimentos. O papel do docente passa a ter uma relevância ainda maior, não como um mero tutor ou facilitador como muitos insistem em atribuir a ele. Dessa forma, entende-se que no exercício das suas atividades docentes o professor é intrinsicamente um facilitador, sobretudo, quando metodologias específicas exigem a participação ativa do estudante no processo de ensino e aprendizagem. Contudo, no processo interacionista cabe a ele a maior responsabilidade quanto ao desenvolvimento acadêmico do estudante e a sua atuação não se resume a uma tutoria.

Ante a esses desafios, as DCNs destacam a relevância da capacitação continuada do docente por meio de programas específicos que promovam a importância do ensino e um maior engajamento docente ao projeto pedagógico do curso, especialmente quanto às questões conceituais e metodológicas envolvidas no processo de ensino e aprendizagem:

> **Art. 14.** O corpo docente do curso de graduação em Engenharia deve estar alinhado com o previsto no Projeto Pedagógico do Curso, respeitada a legislação em vigor.
>
> **§ 1º** O curso de graduação em Engenharia deve manter permanente Programa de Formação e Desenvolvimento do seu corpo docente, com vistas à valorização da atividade de ensino, ao maior envolvimento dos professores com o Projeto Pedagógico do Curso e ao seu aprimoramento em relação à proposta formativa, contida no Projeto Pedagógico, por meio do domínio conceitual e pedagógico, que englobe estratégias de ensino ativas, pautadas em práticas interdisciplinares, de modo que assumam maior compromisso com o desenvolvimento das competências desejadas nos egressos.
>
> **§ 2º** A instituição deve definir indicadores de avaliação e valorização do trabalho docente nas atividades desenvolvidas no curso (BRASIL, 2019).

O engajamento docente tem sido objeto de atenção de muitos pesquisadores da área de educação empreendedora em razão de uma cultura cristalizada de não envolvimento direto, em muitas IES, com atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) integradas ao processo de ensino e aprendizagem (PERKMAN *et al.*, 2021). A motivação para a

inovação, fundamental na educação em engenharia, exige a criação de um ambiente acadêmico alinhado às demandas do mundo real que surgem de trabalhos colaborativos com setores externos, notadamente o industrial e de serviços.

Em cursos de engenharia, programas de iniciação científica, tecnológica, de monitoria, de estágios, de empresas juniores ou desenvolvimento de projetos, ou outras atividades de extensão podem ser formas adequadas de integração universidade-empresa para o trabalho colaborativo de PD&I.

3.5. Sistemas de avaliação

Resta ainda informar que a instalação de cursos de graduação segue um processo complexo e totalmente controlado pelo MEC, obedecendo, em linhas gerais, as etapas que se seguem:

Credenciar uma instituição de ensino no MEC. Primeiramente, as instituições de ensino superior são credenciadas como faculdades, para posteriormente se tornarem centro universitário, ou universidade, para o que é preciso um credenciamento específico de instituição já credenciada, em funcionamento regular e com padrão considerado satisfatório de qualidade.

O primeiro credenciamento tem prazo máximo de três anos para faculdades e centros universitários e de cinco anos para as universidades.

O recredenciamento deve ser solicitado pela Instituição de Ensino Superior – IES ao final de cada ciclo avaliativo do Sinaes.

Para iniciar a oferta de um curso de graduação, as faculdades dependem de autorização do MEC. Já as universidades e centros universitários preexistentes, por terem autonomia já comprovada em etapa anterior, precisam informar à secretaria competente através do sistema eletrônico e-MEC os cursos abertos para a posterior supervisão, avaliação e regulação para fins de reconhecimento.

A IES deve pedir o reconhecimento quando o curso de graduação integralizar 50% de sua carga horária. Esse reconhecimento é necessário para a validade nacional dos futuros diplomas a serem emitidos.

Em alguns cursos específicos, como o caso do Direito, Medicina, Odontologia e Psicologia, os Conselhos Federais podem se manifestar junto ao MEC.

A renovação do reconhecimento dos cursos ocorre após o final de cada ciclo avaliativo do Sinaes, ou através de ofício, quando determinado pela Secretaria de Regulação e Supervisão da Educação Superior (Seres/MEC). Após o processo de avaliação, é emitido o CPC, que é composto por:

Enade, concebido para avaliar o desempenho dos estudantes que estão terminando a graduação. O Enade leva em consideração os conteúdos de formação geral e os conteúdos de conhecimento específico, além das habilidades e competências desenvolvidas pelo estudante durante a sua formação.

IDD, que é basicamente um indicador de qualidade que busca mensurar o valor agregado pelo curso ao desenvolvimento dos estudantes concluintes, considerando seus desempenhos no Enade e no Exame Nacional de Ensino Médio (Enem), como medida aproximada das suas características de desenvolvimento ao ingressar no curso de graduação avaliado.

O MEC também avalia as esferas de: infraestrutura e instalações, recursos didático-pedagógicos e corpo docente.

De posse de todas as variáveis acima citadas, calcula-se o CPC, que podem variar de 1 até 5. Os cursos que ficarem com conceito 1 ou 2 recebem visita do MEC para avaliar as condições de oferta dos cursos, com compromisso de realizar as melhorias solicitadas na etapa de visita *in loco* pelos avaliadores. Em caso de não cumprimento das solicitações e a repetição dos conceitos insuficientes, o curso poderá ser fechado. Os consultores *ad hoc* são docentes de notório saber e titulação mínima em nível de doutorado.

3.6. Considerações finais

Ao longo deste capítulo foram apresentadas considerações sobre a concepção didático-pedagógica da formação em engenharia para a construção dos respectivos projetos pedagógicos de cursos baseados no desenvolvimento de competências. O contexto em tela envolve mudanças de cultura, tanto institucionais quanto do corpo docente e do estudante, os

quais passam a ter um papel ainda mais relevante no processo de ensino e aprendizagem. O desenvolvimento do protagonismo estudantil, a visão empreendedora e a capacidade de adaptação à dinâmica do conhecimento científico e tecnológico, durante toda a sua vida profissional, apresentam-se como desafios dos mais relevantes para a desejada formação em engenharia.

As atividades de integração e síntese de conhecimentos, em que não deve haver dicotomia com o ensino, permitem que se desenvolva no estudante a capacidade de ser elemento ativo no desenvolvimento das competências, habilidades, e atitudes que o conteúdo demanda. Esse desafio para a formação do perfil desejado do engenheiro do século XXI envolve uma significativa diversidade de campos de saberes para uma formação consistente e de efeito durador.

No contexto das reflexões levadas a efeito, quanto a uma maior valorização da prática, a implementação de projetos integradores com caráter interdisciplinar apresenta-se como forma bastante promissora para o desenvolvimento dos cursos de engenharia. Esses projetos podem contribuir de forma significativa para o desenvolvimento do perfil desejado utilizando-se de metodologias ativas e mecanismos de cooperação externa ao ambiente acadêmico que proporcionem ao estudante utilizar-se da teoria em atividade prática para a solução de problemas reais aproximando-o à realidade do mundo do trabalho.

Diante disso, foram feitas reflexões e proposições quanto aos aspectos de desenvolvimento acadêmico dos cursos e do respectivo acompanhamento institucional das atividades acadêmicas de ensino, realizadas de forma integrada com a pesquisa e a extensão. De suma importância, as adequações ou estabelecimento de políticas para o devido acompanhamento institucional de todo o processo da formação em engenharia devem considerar aspectos como avaliação, valorização e engajamento do corpo docente e a importância do trabalho colaborativo externo integrado ao processo de ensino e aprendizagem.

4. A Educação Profissional Técnica de Nível Médio

A Educação Profissional Técnica de Nível Médio nos moldes atuais teve início com a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que, ao buscar atender ao preceito constitucional previsto no inciso XXIV do art. 22 da Constituição Federal, contemplou entre as diretrizes a Educação Profissional Técnica de Nível Médio, definindo-a em seu art. 39 como "integrada às diferentes formas de educação, ao trabalho, à ciência e à tecnologia, conduz ao permanente desenvolvimento de aptidões para a vida produtiva", ou seja, tendo como finalidade guiar os estudantes "**ao permanente desenvolvimento de aptidões para a vida produtiva**".

Ao longo desses quase 25 anos de existência a LDB sofreu uma série de importantes alterações, realizadas por meio de quase uma centena de leis e decretos regulamentadores, destacando-se as mais significativas na educação profissional introduzidas pela Lei n.º 11.741, de 16 de julho de 2008.

Ainda em 2008, pela Portaria MEC n.º 870, de 16 de julho de 2008, foi instituído o Catálogo Nacional de Cursos Técnicos (CNCT), que disciplina a oferta de cursos de educação profissional técnica de nível médio. O CNCT foi criado no intuito de orientar e informar as instituições de ensino, os estudantes, as empresas e a sociedade em geral.

Atualmente a Educação Profissional Técnica de Nível Médio está sob a égide dos seguintes marcos regulatórios do Sistema Federal de Ensino: Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996; Decreto n.º 5.154, de 23 de julho de 2004, Resolução CNE/CP n.º 1, de 5 de janeiro de 2021 e CNCT.

A Resolução CNE/CP n.º 1, de 5 de janeiro de 2021, entre outras, atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Profissional Técnica de Nível Médio, contudo delega ao CNCT o estabelecimento das formas de oferta e da carga horária mínima dos cursos técnicos de nível médio, conforme segue:

Art. 16. Os cursos técnicos serão desenvolvidos nas formas integrada, concomitante ou subsequente ao Ensino Médio, assim caracterizadas:

I – integrada, ofertada somente a quem já tenha concluído o Ensino Fundamental, com matrícula única na mesma instituição, de modo a conduzir o estudante à habilitação profissional técnica ao mesmo tempo em que conclui a última etapa da Educação Básica;

II – concomitante, ofertada a quem ingressa no Ensino Médio ou já o estejam cursando, efetuando-se matrículas distintas para cada curso, aproveitando oportunidades educacionais disponíveis, seja em unidades de ensino da mesma instituição ou em distintas instituições e redes de ensino;

III – concomitante intercomplementar, desenvolvida simultaneamente em distintas instituições ou redes de ensino, mas integrada no conteúdo, mediante a ação de convênio ou acordo de intercomplementaridade, para a execução de projeto pedagógico unificado; e

IV – subsequente, desenvolvida em cursos destinados exclusivamente a quem já tenha concluído o Ensino Médio.

[...]

Art. 26. A carga horária mínima dos cursos técnicos é estabelecida no CNCT ou por instrumento correspondente a vir substituí-lo, de acordo com a singularidade de cada habilitação profissional técnica. (Grifo nosso).

O atual CNCT, atualizado pela Resolução CNE/CEB n.º 1, de 5 de dezembro de 2014, está organizado em treze eixos tecnológicos. Segundo o Ministério da Educação (MEC) estes "eixos podem ser compreendidos como conjuntos organizados e sistematizados de conhecimentos, competências e habilidades de diferentes ordens (científicos, jurídicos, políticos, sociais, econômicos, organizacionais, culturais, éticos, estéticos etc.)".

Quanto à estrutura, as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Profissional e Tecnológica em seu art. 20 orientam que devem considerar:

I – a composição de uma base tecnológica que contemple métodos, técnicas, ferramentas e outros elementos das tecnologias relativas ao curso em questão;

II – os elementos que caracterizam as áreas tecnológicas identificadas no eixo tecnológico ao qual corresponde o curso, compreendendo as tecnologias e os

fundamentos científicos, sociais, organizacionais, econômicos, políticos, culturais, ambientais, estéticos e éticos que as alicerçam e a sua contextualização no setor produtivo;

III – a necessidade de atualização permanente da organização curricular dos cursos, estruturada com fundamento em estudos prospectivos, pesquisas, dados, articulação com os setores produtivos e outras fontes de informações associadas;

IV – a pertinência, a coerência, a coesão e a consistência de conteúdos, articulados do ponto de vista do trabalho assumido como princípio educativo, contemplando as necessárias bases conceituais e metodológicas;

V – o diálogo com diversos campos do trabalho, da ciência, da cultura e da tecnologia, como referências fundamentais de sua formação;

VI – os elementos essenciais para compreender e discutir as relações sociais de produção e de trabalho, bem como as especificidades históricas nas sociedades contemporâneas;

VII – os saberes exigidos para exercer sua profissão com competência, idoneidade intelectual e tecnológica, autonomia e responsabilidade, orientados por princípios éticos, estéticos e políticos, bem como compromissos com a construção de uma sociedade democrática, justa e solidária;

VIII – o domínio intelectual das tecnologias pertinentes aos eixos tecnológicos e às áreas tecnológicas contempladas no curso, de modo a permitir progressivo desenvolvimento profissional e de aprendizagem, promovendo a capacidade permanente de mobilização, articulação e integração de conhecimentos, habilidades, atitudes, valores e emoções, indispensáveis para a constituição de novas competências profissionais com autonomia intelectual e espírito crítico;

IX – a instrumentalização de cada habilitação profissional e respectivos itinerários formativos, por meio da vivência de diferentes situações práticas de estudo e de trabalho; e

X – os fundamentos aplicados ao curso específico, relacionados ao empreendedorismo, cooperativismo, trabalho em equipe, tecnologia da informação, gestão de pessoas, legislação trabalhista, ética profissional, meio ambiente, segurança do trabalho, inovação e iniciação científica.

Essas orientações são intencionalmente genéricas, pois buscam orientar cada um e todos os cursos técnicos de nível médio, e por esse motivo, como

destacamos anteriormente, a Resolução CNE/CEB n.º 1, de 5 de dezembro de 2014, aponta a necessidade de observância ao atendimento ao CNCT.

Na apresentação do CNCT o MEC ressalta que cada eixo congrega um grupo de cursos, indicando a carga horária mínima, o perfil profissional de conclusão, infraestrutura mínima requerida, campo de atuação, ocupações associadas à Classificação Brasileira de Ocupações (CBO), normas associadas ao exercício profissional e possibilidades de certificação intermediária em cursos de qualificação profissional, de formação continuada em cursos de especialização e de verticalização para cursos de graduação no itinerário formativo.

Entretanto, essas orientações e indicações não têm surtido o efeito desejado, haja vista que o próprio Conselho Nacional de Educação evidencia que não há acompanhamento, fiscalização, supervisão e avaliação dos cursos técnicos de nível médio e, portanto, tanto estudantes quanto a sociedade em geral encontram-se à mercê do "**compromisso ético da instituição e rede de ensino**", conforme:

> **Art. 23.** O **planejamento curricular fundamenta-se no compromisso ético da instituição e rede de ensino em relação à concretização da identidade do perfil profissional de conclusão do curs**o, o qual é definido pela explicitação dos conhecimentos, habilidades, atitudes, valores e emoções, compreendidos nas competências profissionais e pessoais, que devem ser garantidos ao final de cada habilitação profissional técnica e das respectivas saídas intermediárias correspondentes às etapas de qualificação profissional técnica, e da especialização profissional técnica, que compõem o correspondente itinerário formativo do curso técnico de nível médio.
>
> Parágrafo único. Quando se tratar de **profissões regulamentadas**, o **perfil profissional de conclusão** deve considerar e contemplar as atribuições funcionais previstas na legislação específica. (Grifo nosso).

Não resta sombra de dúvida de que é imperiosa a necessidade da implantação de um sistema periódico e efetivo da supervisão, fiscalização e avaliação da oferta de cursos técnicos de nível médio, nos moldes do que já ocorre para cursos superiores de graduação e pós-graduação stricto sensu. Indubitavelmente, essa "**fé**" nas instituições tem se mostrado prejudicial à sociedade como um todo.

Como esclarecido anteriormente, entende-se que, ao incluir nas Diretrizes e CNCT o item **ocupações associadas à Classificação Brasileira de Ocupações** (CBO), o MEC indubitavelmente o faz com o objetivo de delimitar as atribuições profissionais de cada curso técnico de nível médio novamente com intenção de tentar garantir a qualidade aos cursos técnicos de nível médio. Evidencia-se outra demonstração clara de que não há interesse na construção de um sistema de avaliação e acompanhamento efetivo da oferta de cursos técnicos de nível médio, atualmente largados à própria sorte.

Cabe destaque que tanto as orientações e informações disciplinadas pelo CNCT quanto às características de oferta e diplomação do CTNME, descritas no CNCT, são instrumentos que realmente possibilitariam um acompanhamento, avaliação periódica e supervisão dos cursos, conforme as indicações e orientações constantes no Quadro 1 do próprio CNCT para o CTNME:

Quadro 1 - Orientações do CNCT para o CTNME

TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA*	1.200 HORAS
Perfil Profissional de Conclusão **O Técnico em Eletrotécnica será habilitado para:** - Planejar, controlar e executar a instalação e a manutenção de sistemas e instalações elétricas industriais, prediais e residenciais, considerando as normas, os padrões e os requisitos técnicos de qualidade, saúde e segurança e de meio ambiente. - Elaborar e desenvolver projetos de instalações elétricas industriais, prediais e residenciais, sistemas de acionamentos elétricos e de automação industrial e de infraestrutura para sistemas de telecomunicações em edificações. - Aplicar medidas para o uso eficiente da energia elétrica e de fontes energéticas alternativas. - Elaborar e desenvolver programação e parametrização de sistemas de acionamentos eletrônicos industriais. - Planejar e executar instalação e manutenção de sistemas de aterramento e de descargas atmosféricas em edificações residenciais, comerciais e industriais. - Reconhecer tecnologias inovadoras presentes no segmento visando a atender às transformações digitais na sociedade. **Para atuação como Técnico em Eletrotécnica, são fundamentais:** - Conhecimentos e saberes relacionados aos processos de planejamento e implementação de sistemas elétricos de modo a assegurar a saúde e a segurança dos trabalhadores e dos usuários. - Conhecimentos e saberes relacionados à sustentabilidade do processo produtivo, às técnicas e aos processos de produção, às normas técnicas, à liderança de equipes, à solução de problemas técnicos e trabalhistas e à gestão de conflitos.	

Continua...

TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA*	1.200 HORAS

Carga horária mínima 1.200 horas

- O curso terá duração estimada de um ano e meio. Essa duração é estimada para a forma subsequente. A duração pode variar de acordo com cada plano de curso, principalmente levando-se em conta os cursos integrados e concomitantes.
- O curso, na modalidade presencial, poderá prever até 20% da sua carga horária diária em atividades não presenciais.
- O curso poderá ser realizado na modalidade EaD com, no mínimo, 20% de sua carga horária em atividades presenciais, nos termos das normas específicas.
- A instituição, ofertante do curso, poderá desenvolver a carga horária em regime de alternância, com períodos de estudos na escola e outros períodos no campo de atuação/local de trabalho.
- Além da carga horária mínima prevista, o curso poderá ter estágio curricular supervisionado obrigatório, a critério da instituição ofertante.
- Caso o curso seja ofertado na modalidade EaD, a carga horária de estágio deverá ser cumprida de forma presencial.

Pré-requisitos para ingresso

- Para ingresso no Curso Técnico Subsequente, o estudante deverá ter concluído o Ensino Médio.
- Para ingresso no Curso Técnico Concomitante, o estudante deverá estar cursando o Ensino Médio.
- Para ingresso no Curso Técnico Integrado ao Ensino Médio, o estudante deverá ter concluído o Ensino Fundamental.
- Para ingresso no Curso Técnico Integrado à Educação de Jovens e Adultos, o estudante deverá ter concluído o Ensino Fundamental.

Legislação profissional

- Lei n.º 5.524, de 5 de novembro de 1968
- Decreto n.º 90.922, de 6 de fevereiro de 1985
- Decreto 4.560, de 30 de dezembro de 2002
- Resolução CFT n.º 85, de 28 de outubro de 2019
- Lei n.º 13.639, de 26 de março de 2018
- Resolução n.º 100, de 27 de abril de 2020
- Resolução n.º 074, de 05 de julho de 2019

Campo de atuação

Locais e ambientes de trabalho:

- Empresas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, que atuam na instalação, manutenção, comercialização e utilização de equipamentos e sistemas elétricos;
- Grupos de pesquisa que desenvolvam projetos na área de sistemas elétricos;
- Laboratórios de controle de qualidade, calibração e manutenção;
- Indústrias de fabricação de máquinas, componentes e equipamentos elétricos;
- Concessionárias e prestadores de serviços de telecomunicações.

Ocupações CBO associadas

3131-05 - Eletrotécnico
3131-10 - Eletrotécnico (produção de energia)
3131-15 - Eletrotécnico na Fabricação, Montagem e Instalação de Máquinas e Equipamentos
3131-20 - Técnico de Manutenção Elétrica
3131-25 - Técnico de Manutenção Elétrica de Máquina
3131-30 - Técnico Eletricista
3187-05 - Desenhista Projetista de Eletricidade

Continua...

TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA*	1.200 HORAS
Infraestrutura mínima - Biblioteca com acervo físico ou virtual específico e atualizado - Laboratório de informática com programas específicos - Laboratório de eletricidade e eletrônica - Laboratório de acionamentos elétricos - Laboratório de máquinas elétricas - Laboratório de instalações elétricas - Laboratório de controle e automação - Laboratório de sistemas elétricos de potência	

Fonte: Catálogo Nacional dos Cursos Técnicos (CNCT), 4ª edição.

Neste ponto entende-se ser imprescindível registrar que a ausência de acompanhamento, avaliação periódica e supervisão dos cursos tem possibilitado às instituições ofertar CTNME sem a devida infraestrutura adequada, formando profissionais sem os conhecimentos necessários para ocupar postos nos campos de atuação previstos no CNCT.

Não é o objetivo aqui eximir a responsabilidade dos Conselhos de Classe quanto à fiscalização relacionada ao exercício da profissão e garantia de atuação de profissionais, contudo, é inegável que se trata de obrigação constitucional imposta ao MEC quanto à garantia de qualidade da educação.

Segundo o CNCT, a carga horária mínima de cada curso técnico poderá ser de 800 (oitocentas) horas:

> A oferta de um curso técnico de nível médio em instituições públicas e privadas deve ser precedida da devida autorização pelo órgão competente do respectivo sistema de ensino. Os cursos técnicos oferecidos pelas redes estaduais, distrital e municipais e pelas escolas técnicas privadas são autorizados pelos seus respectivos Conselhos de Educação. As instituições da Rede Federal, dos Serviços Nacionais de Aprendizagem (SENAI, SENAC, SENAR e SENAT) e as Instituições Privadas de Educação Superior têm autonomia para autorizar seus cursos por meio de seus Órgãos Colegiados Superiores. (Grifo nosso).

Sem embargo, merece ser referido que, segundo o CNTC, antes de 2015, os cursos técnicos poderiam emitir certificado com carga horária inferior a 800 (oitocentas) horas. Disso decorre que hoje certamente existem profis-

sionais registrados no CFT que se submeteram efetivamente a uma carga horária de formação significativamente baixa, o que obviamente impacta a qualidade da formação profissional de que se cuida.

> **Um diploma de um curso técnico com carga horária inferior à que está prevista neste catálogo tem validade?**
>
> A alteração de carga horária não afeta o direito adquirido do estudante. É preciso verificar qual era a regulamentação da carga horária mínima vigente na época de matrícula no curso. A Resolução CNE/CEB n.º 01, de 5 de dezembro de 2014, estabeleceu o prazo de 31 de dezembro de 2015, para que sejam feitas as adequações nos cursos técnicos. Todo curso iniciado após esta data deverá atender à carga horária prevista nesta edição do Catálogo. (Grifo nosso).

Diante das constatações acima expostas e evidenciadas, entende-se necessária a apresentação deste livro que demonstra um estudo comparativo entre as atribuições possíveis da formação no CTNME e da formação no CBEE, dentre os cursos existentes no estado de Mato Grosso. Para tanto, a fim de viabilizar a comparação, foi necessário escolher projetos políticos pedagógicos contendo a matriz curricular do CTNME e do CBEE. Para tal, apresenta-se a seguir a metodologia utilizada.

5. Metodologia de Escolha dos Cursos

Apresenta-se, nesta seção, a metodologia para a escolha do CBEE e do CTNME para análise do conteúdo programático.

Segundo o Inep/BRASIL (2019), 755 CBEEs diferentes inscreveram estudantes para a realização do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade) 2019 entre Universidades; Centros Universitários; Faculdades; e CEFETs/IFs.

Os CTNMEs são ofertados principalmente pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) e pelos Institutos Federais (IFs), mas também são oferecidos por diversas outras instituições de ensino públicas e privadas. Saber o número exato de cursos técnicos é uma tarefa complexa, pois não existe um sistema de avaliação como o caso do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (Sinaes), aplicado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira do MEC, ou mesmo um mapeamento como o Ranking Universitário Folha (RUF). Para contabilizar somente as maiores instituições ofertantes do CTNME, o Senai disponibiliza o curso técnico em 738 unidades operacionais (SENAI, 2021), as Escolas Técnicas Estaduais de São Paulo (ETECs), em 166 unidades e nos IFs, em 644 *campi* pelo país pertencentes a 38 Institutos Federais e dois Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFET).

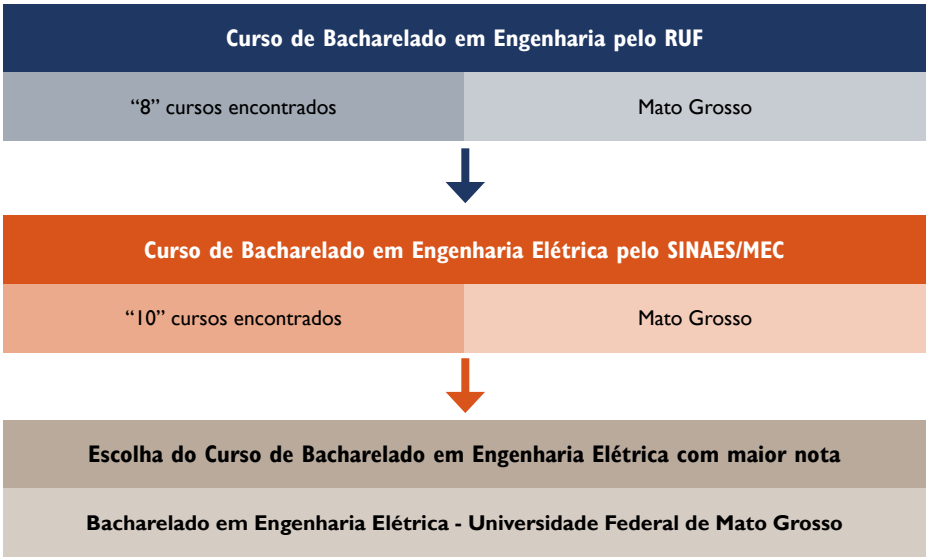
Dada a significativa quantidade de CTNME e de CBEE existentes, decidiu-se analisar os cursos do estado de Mato Grosso, pois grande parte dos autores deste livro são egressos ou atuam nas instituições de ensino deste estado.

5.1. Escolha do CBEE para análise

Para a escolha das matrizes curriculares dos CBEEs a serem analisadas, utilizou-se primeiramente o RUF, para listar os cursos a serem avaliados. O RUF é uma avaliação anual do ensino superior do Brasil feita pelo jornal Folha de São Paulo desde 2012.

O RUF avalia 195 universidades brasileiras com base em cinco indicadores: Pesquisa científica; Qualidade do ensino; Internacionalização; Mercado de trabalho; Inovação. Os dados que compõem os indicadores de avaliação do RUF são coletados por uma equipe da Folha em bases de patentes brasileiras (Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI), em bases de periódicos científicos (*Web of Science e SciELO*), em bases do MEC, em agências de fomento à ciência federais e estaduais e em pesquisas nacionais de opinião feitas pelo Datafolha (RUF, 2019).

Figura 2 - Etapas da escolha do curso superior analisado



Fonte: Dos autores.

Na primeira etapa, utilizando o RUF, foram localizados oito CBEE ofertados no estado de Mato Grosso, entre os 100% presenciais, até os cursos à distância com polos presentes no estado.

Na segunda etapa observou-se o Conceito Preliminar do Curso (CPC), que é composto pelas seguintes variáveis de formação: o Enade, o Indicador de Diferença entre os Desempenhos Observado e Esperado (IDD), a infraestrutura e instalações, os recursos didático-pedagógicos e o corpo docente. Sendo, portanto, o CPC o efetivo conceito final do curso para o sistema de avaliação do MEC por meio do Sinaes conforme o Inep (2020). Utilizando o CPC, foram localizados dez CBEE ofertados no estado de Mato Grosso.

Para viabilizar o trabalho, escolheu-se um curso para a análise proposta, pois o trabalho com todos os cursos identificados se tornaria demasiadamente amplo, repetitivo e desnecessário dado o objetivo proposto deste livro. Assim, optou-se pela escolha do CBEE da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) campus Cuiabá, por apresentar o melhor desempenho tanto no RUF, quanto no Sinaes/MEC conforme a Figura 2.

5.2. Escolha do CTNME para análise

Considerando que no sistema brasileiro de educação profissional técnica e tecnológica não existe um sistema de avaliação dos cursos técnicos equivalente ao sistema Sinaes ou mesmo ao RUF para avaliação dos cursos superiores, utilizou-se, para a escolha das matrizes curriculares dos CTNME, o texto de Manfredi (2017) - "Educação Profissional no Brasil: Atores e Cenários ao Longo da História", que apontou a Escola de Aprendizes Artífices de Mato Grosso (EAAMT), fundada em 23 de setembro de 1909, sendo a primeira escola profissional do estado de Mato Grosso.

Por meio da Lei n.º 11.892, de 29 de dezembro de 2008, publicada no DOU de 30 de dezembro de 2008, foi criado o atual Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), a partir de consecutivas mudanças desde a sua fundação como Escola de Aprendizes Artífices de Mato Grosso (EAAMT). O IFMT oferece o CTNME, desde 1965, sendo, portanto, a primeira instituição do estado de Mato Grosso a oferecer essa formação.

O estado de Mato Grosso possui em seu território diversas instituições que oferecem CTNME, como o Senai-MT, entretanto, a fim de viabilizar o trabalho fez-se necessária a escolha de um CTNME para a análise proposta. Dessa forma, escolheu-se o CTNME do IFMT campus Cuiabá.

Após a escolha dos cursos supracitados, realizou-se a análise comparativa dos conteúdos presentes nas unidades curriculares por meio das ementas e carga horária, para posteriormente analisar as atribuições técnicas de trabalho que cada formação pode oferecer, considerando suas devidas limitações.

6. Análise do Ementário

Para a etapa de análise preliminar das ementas dos cursos supracitados, primeiramente foi necessário o estudo das estruturas curriculares do CTNME (IFMT) e do CBEE (UFMT).

A análise preliminar consistiu em agrupar as 29 disciplinas do CTNME (IFMT) e 74 disciplinas do CBEE (UFMT) entre as optativas e obrigatórias. Posteriormente as disciplinas foram agrupadas em 14 grupos com áreas de conhecimentos afins, para que fosse possível construir uma comparação analítica coerente entre os níveis de profundidade com que cada conteúdo é abordado pela ementa das disciplinas componentes dos diferentes currículos. Os 14 grupos estão abaixo destacados:

- 6.1 Matemática;
- 6.2 Física;
- 6.3 Química;
- 6.4 Desenho Técnico;
- 6.5 Computação;
- 6.6 Circuitos Elétricos;
- 6.7 Máquinas Elétricas;
- 6.8 Instalações Elétricas;
- 6.9 Eletrônica;
- 6.10 Comunicação;
- 6.11 Geração, Transmissão, Distribuição e Qualidade de Energia Elétrica;
- 6.12 Manutenção de Sistemas Elétricos;
- 6.13 Conteúdos Multidisciplinares;
- 6.14 Atividades de Integração Teoria/Prática.

6.1. Matemática

A Quadro 2 apresenta um comparativo entre as ementas das disciplinas que compõem o grupo da **Matemática** para as duas modalidades de curso: CTNME e CBEE.

Quadro 2 - Comparativo entre as ementas do grupo Matemática

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)
GRUPO: MATEMÁTICA	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	Disciplinas / C.H. / Ementas
a) Matemática Aplicada - C.H.: 67h Operações com números inteiros e decimais; Propriedades da potenciação e radiciação; Notação científica; Unidades de medidas (múltiplos e submúltiplos); Conversão de medida e unidades; Racionalização; Produtos notáveis; Funções; Equações do 1° e 2° graus; Sistemas de equações lineares; Determinantes; Trigonometria; Números Complexos; Fasor.	**a) Cálculo I – C.H.: 96h** Limites. Derivadas. Integrais indefinidas. **b) Cálculo Vetorial e Geometria Analítica – C.H.: 96h** Vetores no Plano (R2) e no Espaço (R3). Dependência e independência linear. Base e dimensão. Produto de vetores. Produto escalar. Produto Vetorial. Duplo produto vetorial. Produto misto. Retas e planos no R3. Cônicas e quádricas. **c) Cálculo II – C.H.: 96h** Integrais definidas. Técnicas de integração. Integrais impróprias. Sistemas de coordenadas polares. Sequências e séries. Séries de Taylor e MacLaurin. **d) Cálculo III – C.H.: 96h** Funções de várias variáveis. Limites. Continuidade. Derivadas Parciais. Integrais dupla e tripla. Derivada direcional. Gradiente. Divergente. Rotacional. **e) Probabilidade e Estatística – C.H.: 64h** A natureza da estatística. Distribuição de frequências e sua representação gráfica. Medidas de tendência central e de variabilidade. Esperança matemática e probabilidade. Variáveis aleatórias: distribuição binomial Poisson, normal e exponencial. Amostragem. Estimadores e intervalos de confiança. Testes de hipóteses. Testes Z para uma amostra. Teste F e teste análise de variância unifatorial e multifatorial. Correlação e regressão. **f) Cálculo IV – C.H.: 64h** Integrais de linha. Equações diferenciais. Série de Fourier. Transformada de Laplace.
Total C.H.: 67h	**Total C.H.: 512h**
Notas Explicativas: [1] C.H.: Carga Horária.	

Fontes: Coluna a esquerda: http://www.eletro.cefetmt.br/principal/cursos-do-daee/tecnico/eletrotecnica-subsequente. Coluna a Direita: https://sistemas.ufmt.br/ufmt.ppc/PlanoPedagogico/Download/302

Observa-se que o CTNME apresenta apenas uma disciplina, com carga horária total de **67 horas**, que basicamente revisa os tópicos de matemática já apresentados no ensino médio.

O CBEE apresenta, dentro desse grupo, um conjunto de seis disciplinas obrigatórias com uma carga horária total de **512 horas**, sendo, portanto, **7,64 vezes maior** que o CTNME, instrumentalizando seus futuros profissionais de um robusto conjunto de ferramentas de análises e modelagens matemáticas e, ainda, consolidando a capacidade de compreensão de sistemas físicos, assim como de modelagem de novos sistemas e desenvolvimento nas áreas de inovação tecnológica e pesquisas científicas.

A formação no CBEE apresenta tópicos distribuídos dentre as disciplinas do grupo de **Matemática**, que fornecem habilitação a resolver os mais variados problemas do mundo real, tais como, a título de exemplificação não exaustiva:

a) Cálculo I: limites, derivadas e integrais. Trata-se de diversos métodos matemáticos que possibilitam a descrição e definição das funções de um ponto, linha ou área no espaço e descrevem o comportamento de situações do mundo físico, como a velocidade e a aceleração de uma massa determinada, por exemplo.

b) Cálculo Vetorial e Geometria Analítica: vetores nos planos R^2 e R^3, dependência e independência linear, produtos escalar, vetorial e misto, etc. O conteúdo dessa disciplina permite a compreensão matemática do espaço e suas relações. Além disso, subsidia, por exemplo, a análise de campos, escalares (temperatura, potencial elétrico, etc.) e vetoriais (campo elétrico, intensidade de força, campo magnético, etc.).

c) Cálculo II: integrais definidas, técnicas de integração, Séries de Taylor e MacLaurin, etc. Tais tópicos permitem, através da definição de uma função, descrever a área e o volume de objetos irregulares, interpretar fenômenos elétricos através da análise trigonométrica, etc. Esse conteúdo é essencial à compreensão das disciplinas de **Eletricidade e Magnetismo e Eletromagnetismo** em qualquer curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica.

d) Cálculo III: funções de várias variáveis, derivadas parciais, derivadas direcionais, gradiente, divergente, rotacional, etc. São ferramen-

tas matemáticas **ESSENCIAIS** para a compreensão dos fenômenos eletromagnéticos e para a descrição e compreensão das Equações de Maxwell (Leis fundamentais da ciência do eletromagnetismo). É impossível compreender os fundamentos do eletromagnetismo sem compreender essa ferramenta matemática.

e) **Probabilidade e Estatística:** a natureza da estatística, distribuição de frequência e representação gráfica, medidas de tendência central e de variabilidade, esperança matemática e probabilidade, correlação e regressão, etc. A disciplina de probabilidade e estatística fornece os instrumentos adequados à análise econométrica, à validação científica dos experimentos, à análise de amostras, entre outros.

f) **Cálculo IV:** integrais de linha, equações diferenciais, séries de Fourier, transformada de Laplace. Ferramentas matemáticas fundamentais para a análise avançada de circuitos elétricos. São as ferramentas utilizadas para descrição matemática dos fenômenos e circuitos elétricos no domínio do tempo e da frequência, muito utilizados para análise dos sistemas em regime transitório e para análise de qualidade dos sinais elétricos.

Diante do exposto, fica clara a importância das disciplinas que compõem o grupo de **Matemática** para a compreensão das disciplinas dos grupos de **Física (6.2) e Circuitos Elétricos (6.6)**, os quais, por suas vezes, são cruciais para a apreensão dos grupos de conteúdo específico e profissionalizante subsequentes. O CBEE fornece aos seus alunos a capacidade de compreender, descrever e dominar, através de notações matemáticas, os sistemas físicos e as tecnologias que deles advêm, o que permite a tais futuros profissionais desempenhar um papel de protagonismo no desenvolvimento e inovação tecnológicos.

Em suma, resta a conclusão de que o CTNME não possui o conjunto de ferramentas matemáticas adequadas e necessárias para a compreensão ampla e consolidada dos mais diversos fenômenos físicos, suas aplicações tecnológicas e sob condições adversas. Tal afirmativa se justifica pelo fato de que, nessa formação técnica, a revisão dos conhecimentos desenvolvidos nas disciplinas de nível fundamental e médio fornece aos profissionais apenas

as ferramentas para compreensão de sistemas elétricos simples e operando simplesmente em regime permanente (condições normais e ideais), o que deixa de ser uma realidade para sistemas de grande porte.

6.2. Física

O Quadro 3 apresenta um comparativo entre as ementas das disciplinas que compõem o grupo da **Física** para as duas modalidades de curso: CTNME e CBEE.

Quadro 3 - Comparativo entre as ementas do grupo Física

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
GRUPO: FÍSICA	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
a) Eletromagnetismo – C.H.: 34h Fenômenos magnéticos fundamentais; polos magnéticos; Imãs; Campo magnético; Linhas de força do campo magnético; Vetor indução magnética; Propriedades magnéticas dos materiais; Histerese; Campo magnético criado por corrente elétrica; Solenoide; Leis do eletromagnetismo; Força e trabalho realizados por campos magnéticos; Indução eletromagnética; Geração de corrente alternada.	**a) Física I – C.H.: 96h** Cinemática. Dinâmica da partícula. Trabalho e energia. Conservação do momento linear. Cinemática rotacional. Dinâmica rotacional. Conservação do momento angular. Equilíbrio de corpos rígidos. **b) Física II – C.H.: 96h** Gravitação. Oscilações. Ondas mecânicas. Ondas sonoras. Temperatura. Leis da termodinâmica. Máquinas térmicas. Teoria cinéticas dos gases. **c) Eletricidade e Magnetismo – C.H: 96h** Análise Vetorial. Lei de Coulomb e Intensidade de Campo Elétrico. Densidade de Fluxo Elétrico. Lei de Gauss na forma integral. Energia e Potencial. Condutores, dielétricos e capacitância. Campo magnético estacionário. Lei de Ampère na forma integral. Forças magnéticas. Indutância. Campos variáveis no tempo. Lei de Faraday na forma integral. **d) Física IV – C.H.: 96h** Ondas. Natureza e propagação da luz. Reflexão, refração, interferência e difração.

Continua...

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
GRUPO: FÍSICA	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
	e) Eletromagnetismo – C.H.: 64h Lei de Gauss na forma diferencial e Teorema da Divergência. Potencial e gradiente. Equação de Poisson. Equação de Laplace. Condições de contorno para campo elétrico. Campo magnético estacionário. Lei de Ampère na forma diferencial, rotacional e Teorema de Stokes. Campos variáveis no tempo. Lei de Faraday na forma diferencial. Equações de Maxwell. Condições de contorno para o Campo magnético. **f) Optativa[2]: Física III – C.H.: 96h** Carga e matéria. O campo elétrico. Lei de Gauss. Potencial elétrico, capacitores e dielétricos. Corrente e resistência. Circuitos de corrente contínua. O campo magnético e suas fontes. Lei de Ampère. Lei de Faraday.
Total C.H.: 34h	**Total C.H.: 448h**
Notas Explicativas: [1] C.H.: Carga Horária. [2] As disciplinas optativas foram incorporadas aos grupos de conhecimento com os quais são afins, entretanto sua carga horária não foi contabilizada no total. No curso de Engenharia Elétrica da UFMT, são disponibilizadas 16 disciplinas optativas, dentre as quais os estudantes podem escolher algumas (em geral entre 2 e 4 disciplinas) para complementar e diversificar sua formação acadêmica.	

Fontes: Coluna a esquerda: http://www.eletro.cefetmt.br/principal/cursos-do-daee/tecnico/eletrotecnica-subsequente. Coluna a Direita: https://sistemas.ufmt.br/ufmt.ppc/PlanoPedagogico/Download/302

A Física é a ciência que busca descrever, compreender e prever os fenômenos da natureza. Nesse sentido, considerando que a formação na área da eletricidade deve lidar com inúmeros e diversos fenômenos naturais – e não apenas os de características elétricas – o CTNME e o CBEE devem ter como base tal área da ciência. Assim, o estudo da Física é fundamental para a compreensão e manuseio dos fenômenos que envolvam tanto a teoria do Eletromagnetismo (Magnetismo, Eletricidade e Física de Semicondutores), como também de outras áreas, como a Mecânica (Cinemática, Dinâmica, Estática, Hidrostática, Hidrodinâmica, Aerostática e Aerodinâmica), a Termologia (Termodinâmica e Calorimetria), a Ondulatória, a Acústica e a Óptica.

Isso porque o trato com a energia elétrica não é estanque, haja vista que ela é utilizada para viabilizar a utilização da energia nas suas mais diversas modalidades, tais como: mecânica, sonora, luminosa, térmica, dentre outras.

Isso posto, infere-se que o grau de responsabilidade do profissional envolvido nos processos de geração, transmissão, distribuição e consumo da energia elétrica deve estar intimamente atrelado à profundidade com que se estudam e aplicam os conhecimentos que, nesse contexto, se referem à área da Física. Ademais, ressalta-se ainda que, para que tal aprofundamento seja alcançado, é necessário também um vasto e denso traquejo com ferramentas matemáticas de cálculo vetorial, diferencial e integral, cuja discussão encontra-se no item 6.1 (Matemática). Afirma-se, portanto, que toda essa sólida formação de base é crucial para a exploração do conhecimento específico com muito mais profundidade e segurança. Isso é o que expõe a grande diferença na formação e, consequentemente, nas atribuições e responsabilidades dos profissionais da área da eletricidade.

Nesse contexto procede-se, neste item, à análise da formação em Física do CTNME e CBEE, por meio da análise do ementário das disciplinas relacionadas.

Conforme Quadro 3, observa-se que, no CTNME analisado, existe uma única disciplina de 34 horas, intitulada Eletromagnetismo, cuja ementa versa apenas sobre os campos magnéticos e de uma forma muito superficial. Essa afirmativa se justifica devido à própria carga horária reduzida e, ainda, devido ao fato de a formação não apresentar bases matemáticas (cálculo vetorial, integral e diferencial) suficientes para tratar os fenômenos eletromagnéticos com o devido rigor.

Faz-se necessário esclarecer que as Equações de Maxwell e as Leis de Gauss, Ampère e Faraday, fundamentais para a compreensão da teoria eletromagnética, só podem ser satisfatoriamente compreendidas e aplicadas na solução de problemas, se devidamente enunciadas e tratadas por meio das ferramentas de cálculo supracitadas, que sequer são mencionadas no grupo de disciplinas de Matemática do CTNME visto na seção 6.1. Dentre tais situações, podem-se citar, por exemplo: o processo de ignição de um arco elétrico, o chaveamento de capacitores em uma instalação elétrica, o princípio de funcionamento e as manobras de motores elétricos e de transformadores, etc.

Outro ponto que se destaca é a ausência de conteúdo sobre os campos elétricos e suas peculiaridades, em especial na área da Eletrostática, uma vez que é conhecido, por exemplo, o alto risco desse tipo de eletricidade em ambientes com atmosfera inflamável. Ademais, verifica-se um vácuo na formação multidisciplinar, já que o CTNME não tem contato com as outras áreas da Física que, conforme argumentado anteriormente, são tão importantes quanto os fenômenos eletromagnéticos para a concepção, implementação, operação, segurança e constantes melhorias das instalações.

Em contraste, o conteúdo de Física presente no CBEE é abordado em 448 horas através de seis disciplinas, quais sejam: Física I (96h), Física II (96h), Eletricidade e Magnetismo (96h), Física IV (96h), Eletromagnetismo (64h) e Física III (96h). Observando, verifica-se que o vasto conteúdo necessário é abordado e com todo o rigor, haja vista a garantia da base matemática, conforme discutido no item 6.1.

Um exemplo nítido da diferença de tratamento de um mesmo assunto nas esferas do CTNME e CBEE encontra-se na abordagem do fenômeno do campo magnético. A Equação 1, utilizada a partir de referências tradicionais em cursos técnicos (MUNDO EDUCAÇÃO, 2021) mostra a Lei de Ampére como estudada no CTNME e a Equação 2 apresenta a mesma Lei de Ampére como é abordada no CBEE (UFRGS, 2021).

$$B = \frac{\mu i}{2\pi R} \qquad \text{[Eq.1]}$$

Sendo, de acordo com Bonjorno, 2016:

B - densidade do campo magnético;

μ - permeabilidade magnética;

i - intensidade da corrente elétrica;

R - distância do condutor.

$$\oint \vec{B}.d\vec{i} = \mu_0 \left(i + E_0 \frac{d\Phi E}{dt}\right) \qquad \text{[Eq. 2]}$$

Sendo, de acordo com Halliday, 1996:

$\oint$ - integral de linha do campo magnético ao longo de um caminho fechado;

$\vec{B}$ - vetor densidade de campo magnético;

$d\vec{i}$ - elemento infinitesimal do caminho fechado;

μ_o - constante de permeabilidade no vácuo;

i - intensidade da corrente elétrica;

E_o - constante de permissividade do campo elétrico no vácuo;

$\frac{d\Phi E}{dt}$ - taxa de variação do fluxo elétrico no tempo.

A Equação 1 expressa o campo magnético, tratado de forma escalar, como sendo proveniente apenas de uma corrente elétrica e, nesse caso específico, de um fio condutor retilíneo. Já na Equação 2, tal campo magnético é tratado vetorialmente, como deve ser, visto que ele possui, além do módulo, a direção e o sentido, sendo essas informações necessárias a um estudo pleno. Observa-se que a Equação 2 demonstra que o campo magnético é proveniente de corrente elétrica em qualquer tipo de condutor, mas também da variação de um campo elétrico, ou seja, uma abordagem completa e geral que só é possível por meio do tratamento diferencial e integral, presentes apenas nos cursos de cálculos ministrados em nível superior.

Portanto, de modo geral, comparando-se o conteúdo programático das ementas do grupo de Física presentes no CTNME com as do CBEE, conclui-se que:

1. O CBEE possui 4,6 vezes mais carga horária em Física que o CTNME.
2. No CTNME faltam conteúdos cruciais para o entendimento dos fenômenos físicos em sua totalidade, presentes nos sistemas elétricos.
3. O aprofundamento das Leis físicas que regem o Eletromagnetismo só é possível com o uso de ferramentas matemáticas adequadas.
4. Na formação de CTNME o futuro profissional não possui os recursos de ferramentas matemáticas como integração, derivação e outros.
5. A formação profissional no CTNME prepara os profissionais para atuar em áreas operacionais ligadas ao eletromagnetismo sem

muito poder de analisar ou questionar alguma situação fora das condições normais de operação.

6. A formação profissional no CBEE prepara os profissionais para compreender densamente os fenômenos naturais ligados ao eletromagnetismo e associá-los a outros relacionados com as demais áreas da Física. Dessa forma, esses profissionais possuem ferramentas científicas que podem gerar representações e modelos matemáticos dos fenômenos naturais ligados ao eletromagnetismo.

Indubitavelmente, a formação profissional do CBEE qualifica o egresso a projetar, executar, operar e propor melhorias das instalações envolvidas, bem como analisar de maneira crítica qualquer parâmetro ou protocolo oriundo de tabelas, programas computacionais, dentre outros. Dessa forma, não só recursos poderão ser otimizados, como a segurança das instalações e daqueles que as utilizam pode ser maximizada.

6.3. Química

O Quadro 4 apresenta um comparativo entre as ementas das disciplinas que compõem o grupo da **Química** para as duas modalidades de curso: CTNME e CBEE.

Quadro 4 - Comparativo entre as ementas do grupo Química

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
Grupo: Química	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
---	**a) Química – C.H.: 64h** Noções básicas: Estequiometria. Estado sólido e gasoso. Equilíbrio físico e químico. Termoquímica. Eletroquímica e cinética química. Estrutura atômica. Ligação química e Lei periódica dos elementos. Química orgânica e biológica. Química ambiental. Corrosão. Reações químicas.

Continua...

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
GRUPO: QUÍMICA	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
---	**b) Princípio da Ciência dos Materiais e Dispositivos Elétricos – C.H.: 96h** Introdução aos materiais elétricos. Modelos atômicos: Conceito de bandas de energia. Propriedades dos materiais usados em engenharia: propriedades elétricas, magnéticas, físicas, mecânicas, térmicas, químicas, ópticas. Fator custo. Materiais condutores: características. Materiais ferromagnéticos. Materiais isolantes. Mecanismos de condução e ruptura em dielétricos. Capacitores, isoladores e isolação de condutores. Materiais semicondutores. Aplicações dos materiais utilizados em engenharia elétrica.
Total C.H.: 0h	**Total C.H.: 160h**
Notas Explicativas: [1] C.H.: Carga Horária.	

Fontes: Coluna a esquerda: http://www.eletro.cefetmt.br/principal/cursos-do-daee/tecnico/eletrotecnica-subsequente. Coluna a Direita: https://sistemas.ufmt.br/ufmt.ppc/PlanoPedagogico/Download/302

O CBEE apresenta duas disciplinas na área de Química na sua grade curricular, que são: Química e Princípio da Ciência dos Materiais e Dispositivos Elétricos, totalizando uma carga horária de 160 horas. Ambas têm como objetivo introduzir os conceitos fundamentais que regem as propriedades dos materiais; entender como a composição química e a estrutura molecular dos materiais interferem nessas propriedades; conhecer os materiais utilizados nas aplicações elétricas e identificar aqueles mais adequados para cada aplicação. Nesse rol, pode-se inserir, ainda, a busca pela utilização ou o desenvolvimento de novos materiais mais sustentáveis que podem ser usados como alternativa em algumas aplicações elétricas, quais sejam: Geração, Transmissão, Distribuição, Instalações Elétricas em Baixa Tensão, Instalações Elétricas em Alta Tensão, Eficiência de Sistemas Energéticos, Conservação de Energia; Fontes Alternativas e Renováveis de Energia, Engenharia de Iluminação,

Equipamentos Preventivos contra Descargas Atmosféricas, Utilização de Energia Elétrica e Sistemas Elétricos em Geral.

Com o conteúdo de Química (C.H.: 64h) e Princípio da Ciência dos Materiais e Dispositivos Elétricos (C.H.: 96h, Quadro 4) o profissional em formação construirá conhecimentos para:

1. Identificar os tipos de materiais adequados para atender à necessidade de uma determinada aplicação em Sistemas Elétricos em Geral.
2. Identificar de qual material é fabricado um determinado componente e descrever a sua função dentro do sistema.
3. Identificar quais solicitações de tensão elétrica, mecânica, temperatura, deformação, condições do ambiente, às quais o componente estará submetido em serviço.
4. Avaliar quais características o material precisa ter para ser usado em um dado componente elétrico.

Na estrutura curricular do CTNME não consta o estudo da área da Química e materiais elétricos e, consequentemente, o futuro profissional desenvolve capacidade de utilizar os componentes elétricos apenas na finalidade para as quais eles foram projetados, ou seja, apenas aplicação. Por sua vez, a formação do CBEE apresenta os conteúdos necessários para selecionar os materiais, projetar e compreender o desempenho de cada componente em diferentes situações de uso, acrescido da possibilidade de uma análise crítica sobre a operação desses materiais sob condições adversas. Esse é o grande diferencial do engenheiro, já que tem ferramentas adequadas para trabalhar sob circunstâncias que fogem dos padrões da normalidade.

6.4. Desenho Técnico

O Quadro 5 apresenta um comparativo entre as ementas das disciplinas que compõem o grupo de **Desenho Técnico** para as duas modalidades de curso: CTNME e CBEE.

Quadro 5 - Comparativo entre as ementas do grupo Desenho Técnico

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
Grupo: Desenho Técnico	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
a) Desenho Técnico – C.H.: 67h Introdução ao desenho; Desenho geométrico básico; Especificação das medidas e cotas, escalas usuais e o uso do escalímetro; Elementos de representação de um projeto arquitetônico; Desenho de planta baixa; Leitura e interpretação de cortes, fachada, planta de localização e situação, cobertura e escada; Análise do projeto arquitetônico de um prédio com dois pavimentos (térreo e superior); Normas da ABNT.	**a) Geometria Descritiva– C.H.: 64h** Designação das Projeções. Diedros. Pontos. Retas. Planos. Sólidos. Métodos Descritivos. **b) Expressão Gráfica – C.H.: 64** Instrumentação, normas e convenções. Construções geométricas fundamentais. Métodos descritivos. Mudanças de planos. Rotação (rebatimento) de planos. Sistemas de projeções e perspectivas axonométricas. Ferramentas computacionais.
Total C.H.: 67h	**Total C.H.: 128h**
Notas Explicativas: [1] C.H.: Carga Horária.	

Fontes: Coluna a esquerda: http://www.eletro.cefetmt.br/principal/cursos-do-daee/tecnico/eletrotecnica-subsequente. Coluna a Direita: https://sistemas.ufmt.br/ufmt.ppc/PlanoPedagogico/Download/302

O conteúdo de Desenho Técnico está disponibilizado na estrutura ementária do CTNME em uma disciplina de 67 horas. No CBEE, o conteúdo de forma semelhante está dividido em duas disciplinas, sendo: Geometria Descritiva, com 64 horas e, posteriormente, Expressão Gráfica, também com 64 horas, totalizando assim 128 horas.

Ao analisar a ementa da disciplina de Desenho Técnico do CTNME, observa-se que foi construída com foco na utilização de instrumentos de desenho à mão, como o escalímetro, régua T, etc. A ementa apresenta foco na leitura de projetos arquitetônicos, sendo aplicada principalmente aos conteúdos destinados à leitura de projetos residenciais.

Já as disciplinas de Geometria Descritiva e Expressão Gráfica do CBEE formam o arcabouço de conteúdo para a construção dos conhecimentos de representação de objetos e edificações no plano (R^2) e no espaço (R^3), cuja aplicação primeira se dá nas disciplinas de Eletricidade e Magnetismo, bem como no Eletromagnetismo. Nessas disciplinas faz-se necessária a visualização de campos eletromagnéticos no espaço, e o uso de operadores matemáticos que operam no plano e no espaço.

O conteúdo das disciplinas de Geometria Descritiva e Expressão Gráfica do CBEE também é utilizado nas disciplinas de Eletrotécnica Predial, Eletrotécnica Industrial, Aterramento de Sistemas Elétricos, Distribuição de Energia Elétrica e Transmissão de Energia Elétrica, nas quais a representação gráfica é fundamental não apenas para visualização, mas para modelagem matemática, confecção do projeto, geração da lista de materiais e execução.

6.5. Computação

O Quadro 6 apresenta um comparativo entre as ementas das disciplinas que compõem o grupo da **Computaçã**o para as duas modalidades de curso: CTNME e CBEE.

Quadro 6 - Comparativo entre as ementas do grupo Computação

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
GRUPO: COMPUTAÇÃO	
Disciplinas / C.H[1]. / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
a) Informática I – C.H.: 34h Conceitos de Hardware; Conceitos de Software; Sistemas Operacionais e Aplicativos Internet; E-mail e Pesquisa; Conceitos de Rede; Introdução ao pacote Office; Revisão das plantas baixas, cortes e fachadas; Comando principais do Auto CAD em 2D; Formatar textos e cotas do programa; Organização de formatos; Escalas em janelas; Plotagem. **b) Informática II – C.H.: 34h** Revisão das plantas baixas, cortes e fachadas; Comando principais do Auto CAD em 2D Formatar textos e cotas do programa; Organização de formatos; Escalas em janelas; Plotagem; Programar as principais configurações de textos, cotas e linhas; criar e organizar os formatos; Utilizar janelas para determinar as escalas dos desenhos; Imprimir ou gravar em pdf os desenhos.	**a) Linguagem e Técnicas de Programação – C.H.: 64h** Características básicas de organização de um computador. Algoritmos. Programação de dados. Estudo de uma linguagem de programação. Soluções de problemas numéricos e não-numéricos por computadores. **b) Métodos Computacionais para Engenharia Elétrica – C.H.: 64h** Noções sobre erros. Sistemas de numeração. Algoritmos. Fluxogramas. Raízes de funções. Sistemas de equações lineares. Interpolação e ajuste de curvas. Integração numérica. Solução numérica. Solução numérica de equações diferenciais. Programação computacional dos principais algoritmos.

Continua...

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
GRUPO: COMPUTAÇÃO	
Disciplinas / C.H[1]. / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
	c) Optativa[2]: Noções de Inteligência Artificial Aplicado à Engenharia – C.H.: 64h Introdução ao controle moderno: modelamento, controle de sistemas com uma entrada e uma saída (SISO) e controle para sistemas com múltiplas saídas (MIMO). Noções básicas de lógica Fuzzy. Redes neurais e algoritmos genéticos. Aplicações práticas envolvendo lógica Fuzzy, redes neurais e algoritmos genéticos. Simulações computacionais.
Total C.H.: 68h	**Total C.H.: 128h**

Notas Explicativas:

[1] C.H.: Carga Horária.

[2] As disciplinas optativas foram incorporadas aos grupos de conhecimento com os quais são afins, entretanto sua carga horária não foi contabilizada no total. No curso de Engenharia Elétrica da UFMT, são disponibilizadas 16 disciplinas optativas, dentre as quais os estudantes podem escolher algumas (no geral entre 2 e 4 disciplinas) para complementar e diversificar sua formação acadêmica.

Fontes: Coluna a esquerda: http://www.eletro.cefetmt.br/principal/cursos-do-daee/tecnico/eletrotecnica-subsequente. Coluna a Direita: https://sistemas.ufmt.br/ufmt.ppc/PlanoPedagogico/Download/302

Apesar de entendimentos diversos, a maioria dos autores defende que, enquanto unidade curricular, a ciência da computação deve buscar construir uma base científica para uma diversidade de tópicos, tais como a construção e a programação de computadores, o processamento de informações, a solução algorítmica de problemas e o estudo dos algoritmos propriamente ditos. Ou seja, deve-se estabelecer os fundamentos para as aplicações computacionais existentes, bem como as bases para o avanço das tecnologias e futuras aplicações.

É também consenso entre autores que não é possível desenvolver sólidos conhecimentos na área da computação por meio de tópicos isolados, ou com o simples uso de ferramentas/tecnologias computacionais existentes. Recomenda-se a apresentação de um conjunto de tópicos suficientes para que o estudante entenda o escopo e a dinâmica dessa importante área do conhecimento.

Evidente que, em grande parte das profissões, o perfil profissional, por suas especificidades, pode não prever necessariamente o conhecimento da ciência da computação, sendo suficiente o simples aprendizado da utilização de ferramentas e tecnologias computacionais, ou seja, sem apresentação da cientificidade obrigatória em outras áreas. Tal diferenciação fica explícita na comparação do perfil proposto por meio das diretrizes emanadas pelo CNE/MEC para os CBEE em relação ao CTNME. No Quadro 7, é apresentada a comparação em relação à computação:

Quadro 7 – Comparação do Perfil Profissional – Computação

CTNME PERFIL PROFISSIONAL DE CONCLUSÃO	CBEE PERFIL PROFISSIONAL DE CONCLUSÃO
O Técnico em Eletrotécnica será habilitado para: [...] **II. Reconhecer tecnologias inovadoras presentes no segmento visando a atender às transformações digitais na sociedade.** **Para atuação como Técnico em Eletrotécnica, são fundamentais:** **I.** Conhecimentos e saberes relacionados aos processos de planejamento e implementação de sistemas elétricos de modo a assegurar a saúde e a segurança dos trabalhadores e dos usuários. **II.** Conhecimentos e saberes relacionados à sustentabilidade do processo produtivo, às técnicas e aos processos de produção, às normas técnicas, à liderança de equipes, à solução de problemas técnicos e trabalhistas e à gestão de conflitos.	**Art. 3º** O perfil do egresso do curso de graduação em Engenharia deve compreender, entre outras, as seguintes características: **I. Ter visão holística e humanista**, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético e com forte formação técnica; **II. Estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias**, com atuação inovadora e empreendedora; **III.** Ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, **formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de Engenharia**; **IV.** Adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática; **V.** Considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde no trabalho; **VI.** Atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável. **Art. 4º** O curso de graduação em Engenharia deve proporcionar aos seus egressos, ao longo da formação, as seguintes competências gerais: [...] **II. Analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação:**

Continua...

CTNME PERFIL PROFISSIONAL DE CONCLUSÃO	CBEE PERFIL PROFISSIONAL DE CONCLUSÃO
	a) ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando as ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, entre outras; **b) prever os resultados dos sistemas por meio dos modelos; c)** conceber experimentos que gerem resultados reais para o comportamento dos fenômenos e sistemas em estudo; **d)** verificar e validar os modelos por meio de técnicas adequadas. [...] **IV.** Implantar, supervisionar e controlar as soluções de Engenharia: **a) ser capaz de aplicar os conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar a implantação das soluções de Engenharia;** **b) estar apto a gerir, tanto a força de trabalho quanto os recursos físicos, no que diz respeito aos materiais e à informação;** **c)** desenvolver sensibilidade global nas organizações; **d)** projetar e desenvolver novas estruturas empreendedoras e soluções inovadoras para os problemas; **e)** realizar a avaliação crítico-reflexiva dos impactos das soluções de Engenharia nos contextos social, legal, econômico e ambiental. **V.** Comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica. **Art. 5º** O desenvolvimento do perfil e das competências, estabelecidas para o egresso do curso de graduação em Engenharia, visam à atuação em campos da área e correlatos, em conformidade com o estabelecido no Projeto Pedagógico do Curso (PPC), podendo compreender uma ou mais das seguintes áreas de atuação: **I. Atuação em todo o ciclo de vida e contexto do projeto de produtos (bens e serviços) e de seus componentes, sistemas e processos produtivos, inclusive inovando-os; II.** Atuação em todo o ciclo de vida e contexto de empreendimentos, inclusive na sua gestão e manutenção; e

Continua...

CTNME PERFIL PROFISSIONAL DE CONCLUSÃO	CBEE PERFIL PROFISSIONAL DE CONCLUSÃO
	III. Atuação na formação e atualização de futuros engenheiros e profissionais envolvidos em projetos de produtos (bens e serviços) e empreendimentos. **Art. 9º** Todo curso de graduação em Engenharia deve conter, em seu Projeto Pedagógico de Curso, os conteúdos básicos, profissionais e específicos, que estejam diretamente relacionados com as competências que se propõe a desenvolver. A forma de se trabalhar esses conteúdos deve ser proposta e justificada no próprio Projeto Pedagógico do Curso. **§ 1º** Todas as habilitações do curso de Engenharia devem contemplar os seguintes conteúdos básicos, dentre outros: Administração e Economia; **Algoritmos e Programação**; Ciência dos Materiais; Ciências do Ambiente; Eletricidade; Estatística. Expressão Gráfica; Fenômenos de Transporte; Física; **Informática**; Matemática; Mecânica dos Sólidos; Metodologia Científica e Tecnológica; e Química.
Fonte: 4ª edição do CNCT- 2020.	**Fonte:** Resolução CNE/CES n.º 2 de 24/04/2019.

A análise comparativa dos perfis profissionais apresentados deixa, sem margem de dúvidas, evidenciado que não há possibilidade de aprendizado dos mesmos conhecimentos, e, portanto, não há que se falar em mesmas atribuições. Fica destacado esse entendimento, haja vista que no Perfil Profissional de Conclusão do CTNME está proposto que o profissional seja habilitado para "Reconhecer tecnologias inovadoras presentes no segmento visando a atender às transformações digitais na sociedade" enquanto as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para o CBEE determinam que esse profissional deverá ter "formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias" e ainda reforça quanto à área da tecnologia, incluída a computação, que o(a) engenheiro(a) deverá ter competências e habilidades gerais para:

> **II. estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias,** com atuação inovadora e empreendedora;

a) ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando as ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, entre outras.
b) prever os resultados dos sistemas por meio dos modelos.

Portanto, a formação profissional do CTNME possibilita **reconhecer** e **utilizar** as tecnologias, entre essas certamente a computação, enquanto o CBEE deve ser capaz de conceber, projetar e analisar novas tecnologias, desenvolver novas tecnologias, entre essas as computacionais.

Diante do exposto, entende-se que para definição das atribuições profissionais os conselhos devem considerar os perfis legalmente definidos.

Contextualizadas as diferenças, a partir da análise elaborada observando as ementas do Quadro 7, pode-se concluir que ambos os cursos atendem ao que as respectivas diretrizes solicitam.

Por fim, conclui-se da comparação dos ementários e principalmente da análise das respectivas diretrizes, que é possível afirmar, sem sombra de dúvidas, que não há equivalência de habilidades, competências ou de atribuições profissionais entre as duas formações aqui comparadas.

6.6. Circuitos Elétricos

O Quadro 8 apresenta um comparativo entre as ementas das disciplinas que compõem o grupo da **Circuitos Elétricos** para as duas modalidades de curso: CTNME e CBEE.

Quadro 8 - Comparativo entre as ementas do grupo Circuitos Elétricos

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
Grupo: Circuitos Elétricos	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
a) Circuitos Elétricos em Corrente Contínua – C.H.: 100h Noção de eletrostática, modelo atômico, condutor, isolante e semicondutor; eletrização, carga e campo elétrico. Tensão, corrente e resistência elétrica (2ª	**a) Circuitos Elétricos I – C.H.: 96h** Elementos de circuito. Leis fundamentais dos circuitos. Métodos de análise de circuitos CC em regime permanente. Teoremas para análise de circuitos CC em regime permanente. Análise de circuitos CA mo-

Continua...

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
Grupo: Circuitos Elétricos	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
lei de ohm); identificação de resistor por código de cores. Noção de gerador e receptor elétrico; circuito elétrico e 1ª lei de ohm; Curva característica (I versus V) Circuito série, paralelo e misto; Divisor de tensão e de corrente; Noção de proteção, co-man-do, terra e curto-circuito; Análise de circuitos elétricos pelas leis de Kirchhoff; pelos teoremas de Thévenin, Norton e da Superposição. Transformação estrela-triângulo e vice-versa. Conversão de fontes tensão em corrente e vice-versa. **b) Circuitos Elétricos em Corrente Alternada – C.H.: 100h** Princípio de funcionamento de um alternador; Frequência e fase; Análise da forma de onda senoidal graficamente e analiticamente; Análise de circuitos no domínio do tempo; Introdução a circuitos indutivos e capacitivos na presença de chaveamento; Definição das grandezas elétrica no domínio da frequência; Introdução ao estudo dos números complexos (Forma retangular e Polar); Fasores e Representação fasoriais de tensão e corrente; Resolução de circuitos série, paralelo e mistos alimentados em CA; Leis de Kirchhoff da tensão e da corrente; Teoremas de Thévenin, Norton e da Superposição; Ressonância série e paralelo; Potências em CA: potência instantânea; potência ativa, reativa e aparente; Triângulo de potências; fator de potência; correção do fator de potência. **c) Circuitos Polifásicos – C.H.: 34h** Esquema básico de um sistema elétrico de potência: geração – transmissão – distribuição – transformação – utilização de energia elétrica. Classificação dos sistemas polifásicos quanto ao ângulo de fase e quanto à carga; Agrupamento de sistemas polifásicos: sistema polifásico trifásico equilibrado em estrela – sistema polifásico desiquilibrado em	nofásicos em regime permanente senoidal: tensões, correntes e potências instantâneas. Fasores. Aplicação dos métodos e teoremas. Potências (ativa, reativa e aparente) e fator de potência. Simulações computacionais. **b) Circuitos Elétricos II – C.H.: 96h** Circuitos Acoplados Magneticamente. Sistemas em PU. Análise de circuitos polifásicos equilibrados em regime permanente senoidal. Potências trifásicas e correção de fator de potência. Circuitos polifásicos desequilibrados. Componentes simétricas. Simulações computacionais. **c) Circuitos Elétricos III – C.H.: 64h** Transitórios em CC e CA: análise de Circuitos de 1ª e 2ª ordem. Quadripolos. Análise de circuitos com sinais não senoidais. Simulações computacionais. **d) Análise de Sinais e Sistemas – C.H.: 64h** Sinais e sistemas contínuos e discretos no tempo. Operações com sinais. Tipos e propriedades de sinais. Sistemas contínuos e discretos no tempo. Sistemas lineares invariantes no tempo. Amostragem de sinais contínuos no tempo. Convolução. Resposta de sistemas lineares no domínio do tempo e da frequência. Funções de transferência e representação por diagramas de blocos. Introdução a critérios de estabilidade. Aplicações em sistemas de potência e telecomunicações. **e) Medidas Elétricas e Instrumentação - C.H.: 64h** Princípios de construção, de funcionamento, comportamento e aplicação dos instrumentos de medição analógicos e digitais. Medição de grandezas elétricas e não elétricas. Tarifas e preços. Eficiência energética. Simulações computacionais.

Continua...

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
Grupo: Circuitos Elétricos	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
estrela – utilização de fasores para determinar tensão de linha em função da tensão de fase – medição de tensão e corrente de fase e tensão de linha – potência real total, reativa total e aparente total; Sistema polifásico trifásico equi-librado em triângulo – utili zação de fasores para determinar corrente de linha em função das correntes de fase – medição de tensão e corrente de fase e tensão e corrente de linha – triângulo de potência total; Utilização de instrumentos de medidas em sistemas polifásicos em estrela e triângulo (medição de potência real de carga de cada fase em função de tensão de fase e corrente de fase – medição de potência total pelo método de Aron – medição de potência reativa da carga de cada fase e potência reativa total; Transformadores para instrumentos – transformador de corrente (TC) – Transformador de potencial (TP).	
Total C.H.: 234h	**Total C.H.: 384h**
Notas Explicativas: [1] C.H.: Carga Horária.	

Fontes: Coluna a esquerda: http://www.eletro.cefetmt.br/principal/cursos-do-daee/tecnico/eletrotecnica-subsequente. Coluna a Direita: https://sistemas.ufmt.br/ufmt.ppc/PlanoPedagogico/Download/302

As disciplinas do grupo de Circuitos Elétricos oferecem o embasamento necessário para o profissional estabelecer a representação (simplificada ou complexa) de qualquer sistema elétrico real sob os mais diversos regimes de operação e, com isso, prever o comportamento dos fenômenos, qualificá-los e quantificá-los, a fim de projetar, executar, operar e manter o referido sistema com confiabilidade e segurança. Para tanto, tais representações devem ser feitas através dos mais variados modelos matemáticos possíveis que contemplem as peculiaridades do sistema, a saber: modelagem no domínio do tempo e no domínio da frequência, análise fasorial/complexa, comportamento em regime permanente e em regime transitório, acoplamentos magnéticos, operação sob condições senoidais e não senoidais, dentre outras.

Sabe-se que, quanto mais completo um modelo, mais precisos e confiáveis são os resultados dos estudos envolvendo tais padrões e, consequentemente, mais complexa se torna a sua análise, haja vista que todas as variáveis devem ser levadas em consideração. Ocorre que, tanto para se conceber modelos mais completos, quanto para se efetuar análises mais rigorosas, são necessários recursos matemáticos e fundamentação teórica sobre os fenômenos físicos de altíssimo padrão e isso só pode ser alcançado através de uma base sólida (Matemática e Física) que deve ser construída em disciplinas anteriores às do Grupo de Circuitos Elétricos. Assim, na falta da formação básica adequada, é comum se recorrer a simplificações dos modelos, de modo a facilitar as análises e, por conseguinte, incorrer em resultados nem sempre confiáveis. Um exemplo disso é quando, na própria formação básica superficial de Física, realizada em cursos de nível médio, são desconsiderados os efeitos do atrito e outras forças adjacentes no estudo do movimento dos corpos e que, em alguns casos, podem ter uma contribuição considerável para a descrição do fenômeno.

Nos cursos de bacharelado são levados em consideração os modelos completos para a solução dos mais variados problemas, sem o desprezo de grandezas que efetivamente influenciam na precisão dos resultados esperados. Deve-se ressaltar, todavia, que, a título de compreensão de um fenômeno físico, em um primeiro momento, simplificações são bem-vindas para explicações gerais. Contudo, para se atuar profissionalmente em qualquer área de conhecimento, principalmente em nível de projeto, essas mesmas simplificações podem ocasionar sérios acidentes. Devido a isso, é essencial que o profissional que atua com projetos no setor elétrico conheça com profundidade o modelo para definir em quais situações tais simplificações podem ser aceitas, sem quaisquer prejuízos.

Diante do exposto, faz-se necessária a análise da formação do profissional do CBEE e do CTNME, no que tange ao conteúdo de Circuitos Elétricos, o que é feito nesta seção através do ementário das disciplinas relacionadas (Quadro 8).

Nesse sentido, ao se efetuar a análise proposta, verifica-se uma abordagem reduzida e simplificada em torno da modelagem de circuitos elétricos por parte do CTNME, haja vista a carga horária (234h) e o conteúdo abordado. A não abordagem do regime transitório e da modelagem sob situação

de sinais não senoidais, conhecidos como distorções harmônicas, deixa o profissional com formação do CTNME à margem de temas de alta relevância, os quais são motivos de grandes preocupações e contendas no setor elétrico. Devido à grande mudança do perfil das cargas nos últimos anos, tais análises transitórias e não senoidais não podem ser desconsideradas, como ocorre no ementário do CTNME. Vale ressaltar que a falta desses conteúdos no CTNME não é fruto de desatenção dos formuladores do curso, mas sim a representação da limitação das competências que são conferidas a esse nível de formação, o que é oriundo dos escassos recursos matemáticos e físicos já abordados neste livro nas seções 6.1 e 6.2, respectivamente.

Para exemplificar o tema supracitado, observa-se na literatura em Singh e Wang (2010) que, com a popularização dos equipamentos que utilizam eletrônica ou mesmo fontes chaveadas, o nível de distorções harmônicas na rede elétrica está se acentuando não apenas nas redes que atendem consumidores industriais, mas, também, em redes de distribuição secundárias que alimentam consumidores residenciais. No CTNME, não é mencionada, ao longo das disciplinas de Circuitos Elétricos, a existência das distorções harmônicas, tampouco faz-se a quantificação delas já que, para tanto, careceria de ferramentas matemáticas adequadas, como Transformadas de Fourier, que não são tratadas nas disciplinas de matemática desse curso. Consequentemente, o profissional com formação do CTNME não teria como lidar com, ou projetar, os arranjos necessários e fundamentais para mitigar os prejuízos causados por tais distorções harmônicas nas instalações elétricas.

Tais prejuízos para os equipamentos e instalações, devido à ocorrência de distorções harmônicas na rede, são conhecidos e manifestam-se na forma de: sobreaquecimento de equipamentos, aumento de perdas elétricas, redução de vida útil de equipamentos, problemas com relação à atuação de proteções das redes de distribuição e transmissão de energia elétrica e, até mesmo, a falha de dispositivos eletrônicos. Nesse cenário, um simples procedimento de instalação de bancos de capacitores requer os devidos cuidados com relação ao seu projeto e execução, haja vista a necessidade de implementar filtros harmônicos em sintonia com os bancos de capacitores conforme o Estudo de Caso apresentado na seção 7.2 deste livro.

A instalação de bancos de capacitores é absolutamente comum na indústria, garantindo menores perdas no sistema de distribuição e, ainda, evitando, se projetado adequadamente, penalidades tarifárias pelo excedente do consumo de energia reativa, no caso de consumidores atendidos em Média e Alta Tensão. Já do ponto de vista da operação das distribuidoras, o controle do fator de potência garante maior transferência de energia ativa (ou útil), oferecendo otimização de resultados financeiros.

Há uma grande preocupação, no entanto, com a utilização de banco de capacitores em redes com distorções harmônicas, principalmente pela possibilidade de ocorrer o efeito de ressonância, que pode levar, em casos mais graves, a consideráveis sobretensões e sobrecorrentes que afetam tanto o capacitor como o sistema elétrico, conforme Duarte (2000). Essa problemática é respaldada pela Equação 3, que evidencia a frequência de ressonância (f_r) de um dado sistema.

$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \qquad \text{[Eq. 3]}$$

Sendo:

L - a indutância equivalente do sistema;

C - capacitância do banco de capacitores.

A sensibilidade ante a distorções harmônicas se deve ao fato de que a reatância do capacitor é reduzida com o aumento da frequência. Sendo assim, o capacitor se torna um caminho de baixa impedância por onde as correntes harmônicas passam a circular, o que leva a um maior aquecimento e esforço em seu dielétrico.

Esse fenômeno é tão recorrente que, segundo levantamentos estatísticos apresentados por Dehua (2012), cerca de 40% dos acidentes causados por distorções harmônicas envolvem bancos de capacitores. Nesses casos, a estratégia indicada seria a utilização de filtros para a compensação, o que poderia contribuir, também, para com a redução das distorções na rede se bem projetado.

Ante o exposto, comparando o conteúdo programático de Circuitos Elétricos voltado ao CTNME, com as disciplinas de mesma área do CBEE, conclui-se que:

1. As 234 horas de Circuitos Elétricos do CTNME possuem conteúdo compatível apenas com os tópicos de Circuitos Elétricos I e uma pequena parte de Circuitos Elétricos II do CBEE (384h de conteúdo total envolvendo Circuitos Elétricos). Além da ausência de temas fundamentais, verifica-se que o déficit de carga horária do CTNME só não é maior devido ao fato de que alguns conceitos básicos, que no CBEE são tratados em disciplinas anteriores, são discutidos nas disciplinas que integram este rol.
2. Disciplinas como Análise de Sinais e Sistemas e Circuitos Elétricos III do CBEE apresentam conteúdos não abordados nas disciplinas do CTNME, uma vez que tratam do regime transitório em corrente contínua e alternada, além de apresentar as ferramentas necessárias para a quantificação das distorções harmônicas que podem ocorrer tanto na forma de onda da corrente como da tensão.
3. Outras ferramentas para modelagem de circuitos elétricos, como quadripolos e componentes simétricas, necessários para análise dos efeitos das correntes de faltas nas redes elétricas (correntes de curto-circuito), são contemplados apenas no CBEE.
4. A falta de alguns conceitos e uma modelagem mais completa pode levar o projetista a tomar decisões tecnicamente ineficientes e que podem colocar em risco a vida das pessoas, conforme já argumentado. Isso ocorre, principalmente, pelo fato de o sistema elétrico ser muito dinâmico e estar passando por uma grande modificação em seus padrões de carga devido ao advento dos equipamentos que possuem integrados a tecnologia dos conversores de frequência (tecnologia *inverter*).

Nesse sentido, afirma-se que, no caso do CTNME, o objetivo é que o profissional atue na execução de sistemas elétricos, sob supervisão e, portanto, precisa compreender tais instalações. Para PROJETAR sistema complexos ou aqueles em que a Unidade Consumidora (UC) possui carga instalada acima de 75 kW, são necessários conhecimentos profundos de circuitos elétricos, profundidade esta não permitida pela estrutura curricular do CTNME, conforme carga horária e conteúdo apresentados no Quadro 8.

CIRCUITOS ELÉTRICOS, EM CONJUNTO COM O ELETROMAGNETISMO, SÃO OS PILARES DOS SISTEMAS ELÉTRICOS E É IMPERATIVO QUE O PROFISSIONAL TENHA O **DOMÍNIO** DAS DISCIPLINAS QUE COMPÕEM ESSE GRUPO EM TODAS AS SUAS NUANCES, PARA DESENVOLVER SISTEMAS ELÉTRICOS EM SUAS TOTALIDADES, DESDE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS ATÉ SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA EM EXTRA-ALTA TENSÃO.

6.7. Máquinas Elétricas

O Quadro 9 apresenta um comparativo entre as ementas das disciplinas que compõem o grupo de **Máquinas Elétricas** para as duas modalidades de curso: CTNME e CBEE.

Quadro 9 - Comparativo entre as ementas do grupo Máquinas Elétricas

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
Grupo: Máquinas Elétricas	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
a) Máquinas Elétricas – C.H.: 67h Transformador: Fundamentos teóricos do transformador elétrico; Construção e comportamento do transformador; Parte ativa; Tipos de enrolamentos; Núcleos e bobinas; Comutador e derivações; Buchas; Tanques e radiadores; Relação de transformação; Circuito equivalente do transformador; Perdas no transformador; Resfriamento; Regulação; Autotransformadores. Máquinas de corrente contínua: Ação geradora e motora; Partes de uma máquina CC; Torque e tensão; Comutação; Perdas e eficiência; Gerador CC e motor CC; Vantagens e desvantagens de motores CC. Máquinas de corrente alternada: Geração CA; Alternadores; Geradores em paralelo; Perdas e eficiência; Motores de indução (assíncronos); Motores monofásicos; Motores de	**a) Conversão Eletromecânica de Energia – C.H.: 96h** Materiais magnéticos: estudo, classificação e fenômenos físicos associados. Estruturas eletromagnéticas com e sem entreferro: modelos de estudo, analogia e equivalência. Acoplamento magnético. O transformador ideal. O transformador real: estudo em vazio e em carga, regulação, rendimento e paralelismo. Autotransformador. Transformadores trifásicos. Transformadores especiais. Conversão eletromecânica de energia. O balanço de energia. Transdutores. Conversores translacionais. Conversores rotativos. Eficiência energética. Simulações computacionais.

Continua...

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
Grupo: Máquinas Elétricas	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
indução trifásicos; Máquinas síncronas; Sistema de partida de motores; Acionamento eletrônico de motores; Motor de alto rendimento.	**b) Máquinas Elétricas – C.H.: 96h** Aspectos construtivos e representação a dois eixos. Máquinas síncronas: estudo em regime permanente das estruturas a rotores liso e saliente, características funcionais e ensaios. Máquinas assíncronas: características funcionais e ensaios, escorregamento, modos de funcionamento, rotores típicos e aplicações. Máquinas de corrente contínua: comutação, características operacionais e aplicações típicas. Eficiência energética.
Total C.H.: 67h	**Total C.H.: 192h**
Notas Explicativas: [1] C.H.: Carga Horária.	

Fontes: Coluna a esquerda: http://www.eletro.cefetmt.br/principal/cursos-do-daee/tecnico/eletrotecnica-subsequente. Coluna a Direita:https://sistemas.ufmt.br/ufmt.ppc/PlanoPedagogico/Download/302

Ao se analisar a estrutura ementária do CTNME, observa-se que ela se destina à compreensão dos princípios de funcionamento de máquinas elétricas girantes/transformadores apenas sob condições de normalidade e de suas operações básicas e supervisionadas. Isso é de se esperar, haja vista os parcos recursos matemáticos e de fundamentos físicos proporcionados por essa estrutura de formação técnica de nível médio, conforme discutido nas seções anteriores.

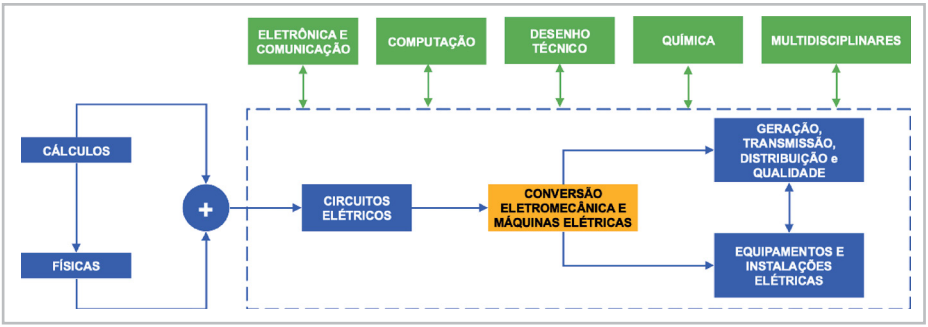
Por outro lado, as ementas presentes nos projetos pedagógicos do CBEE são abrangentes e estão solidamente embasadas em operadores matemáticos vistos em cursos de cálculo avançado, como integrais, limites, derivadas e equações diferenciais, que permitem modelagens e análises mais detalhadas acerca das máquinas elétricas e transformadores.

Os capítulos iniciais das principais referências clássicas de máquinas elétricas, para utilização em nível superior, a saber: (UMANS, S. D, 2014) (KOSOW, I, 1986) (DEL TORO, V., 1994) (CHAPMAN, S. J., 2013), sempre iniciam a partir das equações de Maxwell do eletromagnetismo, que só podem ser solidamente compreendidas utilizando ferramentas e operadores

matemáticos que estão presentes nos cursos de cálculo dos CBEE, e **NÃO** estão presentes nos CTNME.

Como mencionado anteriormente, as disciplinas com os conteúdos de física, que se iniciam em física clássica, passando por termodinâmica, física moderna, com elevada carga horária em eletricidade e magnetismo e eletromagnetismo são apresentados concomitantemente às disciplinas de cálculos que fornecem o arcabouço matemático necessário à compreensão dos fenômenos físicos complexos conforme representa a Figura 3.

Figura 3 - Interligação pedagógica de pré-requisitos para a disciplina de Máquinas Elétricas



Fonte: Dos autores.

Como pode ser visto na Figura 3, os conteúdos de Matemática (seção 6.1) e Física (seção 6.2) dão base para as disciplinas de Circuitos Elétricos (6.6) que, por suas vezes, operam como um pilar fundamental para o entendimento das disciplinas que compõem o grupo de conversão eletromecânica de energia e máquinas elétricas durante a formação profissional no CBEE.

A Figura 3 também mostra que é de suma importância se dominar o princípio de funcionamento das máquinas elétricas para se conceber um projeto robusto da instalação elétrica para o acionamento delas, assim como é necessário se conhecer com profundidade os transformadores elétricos, que atuarão como fontes de energia para instalações elétricas em baixa tensão. Além disso, para a assimilação dos tópicos abordados nas disciplinas do grupo de Geração, Transmissão, Distribuição de Energia Elétrica e Qualidade de Energia Elétrica (GTDQ) ou de Sistemas Elétricos de

Potência (SEP) é vital se entender a modelagem das máquinas elétricas em regime transitório, pois a modelagem em regime permanente demonstra-se insuficiente para projetar sistemas elétricos estáveis, fornecendo qualidade e segurança às instalações e aos usuários. Todavia, tal entendimento e profundidade na abordagem das máquinas elétricas e transformadores jamais poderiam ser atingidos com uma formação profissional de CTNME, haja vista a falta de ferramentas para tanto. Daí se justifica o fato de os profissionais com esse nível de formação poderem atuar na área de máquinas elétricas e transformadores sempre sob a supervisão de um profissional com formação no CBEE, em atividades predeterminadas para execução de obras e serviços.

6.8. Instalações Elétricas

O Quadro 10 apresenta um comparativo entre as ementas das disciplinas que compõem o grupo da **Instalações Elétricas** para as duas modalidades de curso: CTNME e CBEE.

Quadro 10 - Comparativo entre as ementas do grupo Instalações Elétricas

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
Grupo: Instalações Elétricas	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
a) Instalação Elétrica Residencial – C.H.: 67h Fornecimento de energia elétrica; Símbolos gráficos para instalações elétricas baixa tensão (BT); Segurança em instalações elétricas; Falhas nas instalações elétricas de BT; Ferramentas para instalações elétricas; Instalações Elétricas em baixa tensão - BT; Práticas de instalações; Tecnologia dos materiais envolvidos nas instalações de BT; Condutores elétricos; Aterramento elétrico (fiação FN, FFN+T; FFFN+T); Luminotécnica; Proteção em instalações elétricas; Proteção em instalações elétricas.	**a) Aterramento de Sistemas Elétricos – C.H.: 64h** Introdução ao cálculo de curto-circuito em sistemas elétricos. Aterramento em sistemas elétricos. Simulações computacionais. **b) Eletrotécnica Predial – C.H.: 96h** Luminotécnica. Aparelhos de iluminação. Métodos de cálculo de sistemas de iluminação. Instalações elétricas residenciais. Projetos de Instalações elétricas prediais. Eficiência energética.

Continua...

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
Grupo: Instalações Elétricas	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
b) Projetos de Instalações Elétricas – Residencial, Predial e Comercial – C.H.: 100h Estudos preliminares para produção de um projeto elétrico; Desenvolvimento do apartamento tipo; Desenvolvimento projeto telefônico; Desenvolvimento do condomínio do prédio e estudos de eficiência energética; Planejamento do projeto comercial e estudos luminotécnicos; Quantificação de materiais elétricos para apartamento tipo; Estudos dos alimentadores do edifício; Diagrama da prumada elétrica; Esquema dos comandos de sensores e dimmer; Cálculo da demanda geral do edifício. **c) Projetos de Instalações Elétricas – Industrial – C.H.: 34h** Desenho de um galpão industrial; Gráfico de horário de funcionamento das cargas na indústria; Centro de cargas da indústria; Quadro geral de alimentação de motores; Quadro de iluminação e tomadas; Horário de ponta ou de pico da indústria; Triângulo de potências; Demanda provável de indústria; Alimentação principal e dimensionamento dos cabos; Alimentação dos motores e dimensionamentos dos cabos; Dispositivos de proteção; Diagrama unifilar geral; Quadro de cargas; Simbologia elétrica e abreviaturas técnicas; Posto de transformação; Canaleta de alvenaria; Barramentos de cobre dos quadros de baixa tensão. **d) Comandos Elétricos – C.H.: 67h** Conceitos básicos de Comandos elétricos; Noções de Proteção elétrica para a instalação; Botões de Impulso; Contator Tripolar; Relé Bimetálico de sobrecarga; Relé Temporizador eletrônico; Chave de Partida Direta; Chave de Partida direta com reversão de rotação; Chave de Partida Direta em sequência; Chave de Partida Estrela-triângulo; Soft starter.	**c) Eletrotécnica Industrial – C.H.: 96h** Métodos de acionamentos de dispositivos industriais. Dispositivos de comando e proteção em sistemas industriais. Projeto elétrico Industrial. Eficiência energética. **d) Optativa: Sistemas de Automação Industrial - C.H.: 96h** Introdução ao sistema de automação industrial. Controladores Lógicos Programáveis (CLPs). Inversores de frequência. Sensores e transdutores. Redes industriais. Sistemas supervisórios. Eficiência energética. **e) Optativa[2]: Telefonia – C.H.: 64h** Noções de acústica. Análise do transceptor telefônico. Digitalização da Voz. Transmissão e Multiplexação Digital. Comutação digital. Estrutura interna da central telefônica. Sinalização telefônica. Estrutura das redes de telecomunicações. Gerência, controle e sincronização de redes. Sistemas de transmissão em fibra óptica. Redes de serviços integrados. Teoria de tráfego telefônico. Introdução à telefonia móvel.

Continua...

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
Grupo: Instalações Elétricas	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
e) Aterramento Elétrico – C.H.: 34h Conceituação de aterramento; Caracterização do solo; Eletrodo de aterramento; Tensões desenvolvidas no solo; Esquemas de aterramento; Eletrodos eletricamente independentes; Dispositivo diferencial residual; Eletrodos eletricamente independentes; Subsistema de aterramento de força; Subsistema de aterramento contra descargas atmosféricas; Subsistema de aterramento de equipamentos eletrônicos sensíveis; Subsistema de aterramento contra cargas elétricas estáticas; Subsistema de proteção contra descargas atmosféricas; Equalização dos subsistemas e aterramento.	
Total C.H.: 302h	**Total C.H.: 256h**
Notas Explicativas: [1] C.H.: Carga Horária. [2] As disciplinas optativas foram incorporadas aos grupos de conhecimento com os quais são afins, entretanto sua carga horária não foi contabilizada no total. No curso de Engenharia Elétrica da UFMT, são disponibilizadas 16 disciplinas optativas, dentre as quais os estudantes podem escolher algumas (no geral entre 2 e 4 disciplinas) para complementar e diversificar sua formação acadêmica.	

Fontes: Coluna a esquerda: http://www.eletro.cefetmt.br/principal/cursos-do-daee/tecnico/eletrotecnica-subsequente. Coluna a Direita: https://sistemas.ufmt.br/ufmt.ppc/PlanoPedagogico/Download/302

O projeto é o coração da engenharia, segundo Holtzapple e Reece (2006). Para eles, a engenharia é uma "ciência aplicada" e o profissional com formação do Curso de Bacharelado em Engenharia CBEE é aquele que aplica ciência, matemática e economia para atender às necessidades da humanidade.

Essa aplicação da ciência se dá através da análise que é um dos principais componentes do projeto de engenharia, segundo Cocian (2017), em que o procedimento geral de análise consiste em sete passos: descrição do problema, desenho dos diagramas, estabelecimento das suposições, **elaboração das equações, cálculos**, verificação das soluções e discussão dos resultados. Por isso a necessidade dos cinco primeiros semestres da

engenharia contemplarem **1.120 horas** de conteúdos de física avançada, química e matemática avançada (cálculos e álgebra).

É importante assinalar que a responsabilidade do profissional com formação em engenharia tem aumentado consideravelmente com o passar do tempo devido ao progresso tecnológico proporcionado pela própria engenharia. As obras de engenharia, em geral, têm se tornado maiores, mais valiosas e, em muitos casos, mais audaciosas e de maior risco (TELLES, 2015).

Telles (2015) adverte que os sistemas elétricos são interligados em grande extensão e, assim, uma falha que ocorra se reflete sobre um grande território, um país inteiro, e, às vezes, até mais.

Para Moaveni (2018) o cálculo integral desempenha uma função vital na formulação e solução de problemas de engenharia. Por isso, o CBEE da UFMT destina 512 horas ao ensino do cálculo. Os programas de tecnologia de engenharia normalmente requerem conhecimento de matemática até nível de cálculo integral e diferencial e mais concentração na aplicação de tecnologias e processos (MOAVENI, 2018).

Quando se comparam as cargas horárias dos CTNME e dos CBEE, observa-se que a maior carga horária é do CTNME, conforme o Quadro 10. Porém, a carga horária adicional é focada nas práticas de laboratório, com o objetivo de preparar o futuro profissional para a montagem de circuitos elétricos (quadros e instalações elétricas). Assim, a carga horária do CTNME na área de Instalações Elétricas não é com o objetivo da confecção de estudos e de projetos elétricos complexos. O foco é a leitura do projeto para a sua execução em campo.

A normativa que norteia os projetos prediais e industriais em baixa tensão, NBR 5410, utiliza da ferramenta matemática - cálculo diferencial e integral - para determinar o tempo mínimo necessário para seccionamento do dispositivo de proteção, conforme a Equação 4:

$$\oint_0^t I^2 \, . \, dt \leq k^2 S^2 \qquad \text{[Eq. 4]}$$

Sendo:

$\oint_0^t I^2 . \, dt$ - a integral de Joule (energia) que o dispositivo de proteção (fusível ou disjuntor) deixa passar, em ampères quadrados X segundo;

k^2S^2 - a integral de Joule (energia) capaz de elevar a temperatura do condutor desde a temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura de curto-circuito, supondo-se aquecimento adiabático. O valor de k é escolhido conforme o material da isolação do condutor elétrico e S é a seção do condutor, em milímetros quadrados.

Dessa forma, no dimensionamento em baixa tensão, para instalações com elevado nível de curto-circuito (com transformação acima de 75 kVA), o nível de curto-circuito torna-se preponderante para o projeto das instalações elétricas. Uma vez que o CTNME não possui as ferramentas para o devido tratamento matemático do fenômeno curto-circuito, torna-se **IMPOSSÍVEL** a devida aplicação da ABNT NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

No caso do dimensionamento das Proteções contra Descargas Atmosféricas, fica ainda mais simples evidenciar a insuficiência dos conteúdos presentes no item "Instalações Elétricas" do Quadro 10 para a formação no CTNME. Ao analisar os quatro cadernos da ABNT. NBR 5419 - Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas, pode-se citar os seguintes elementos essenciais à aplicação da norma que não são vistos no CTNME:

1. expressão das ondas de descargas atmosféricas, utilizando taxa de variações, expressas pela ferramenta matemática derivada, como as formas de onda de corrente, exemplificada em ($\frac{di}{dt} = \frac{200\ kA}{\mu S}$);
2. parâmetros da descarga expressas em curvas logarítmicas, como ($\sigma_{log} = log\ (X_{16\%}) - log\ (X_{50\%})$);
3. expressão do campo da probabilidade e da estatística das descargas atmosféricas expressas em notações como (Dispersão σ_{log});
4. expressão da energia térmica gerada por um pulso completo da descarga atmosférica, sendo representada pelo produto da resistência ôhmica do caminho da descarga, multiplicada pela energia específica do pulso no tempo. Como se emprega o tempo total da descarga, se faz necessária a utilização da ferramenta matemática integral, exemplificada em ($W = R\ .\ \int i^2\ (t)\ .dt$);
5. conhecimento de conceitos básicos de termodinâmica;
6. interpretação de fenômenos transitórios;
7. determinação das tensões de toque admissíveis;

8. determinação das tensões de passo admissíveis;
9. conhecimento de conceitos básicos do campo da probabilidade e da estatística;
10. domínio do conceito de blindagem magnética;
11. conhecimentos avançados em materiais elétricos e materiais isolantes;
12. conhecimento de conceitos básicos do campo da metrologia.

Demonstra assim que, para projetos de Proteção contra Descargas Atmosféricas – PDA, a formação disponibilizada nos CTNME é definitivamente insuficiente para que o profissional tenha tal atribuição perante o seu Conselho de Classe. Assim, os referidos projetos, realizados por tais profissionais, podem colocar em risco os equipamentos, instalações e pessoas/animais presentes nas edificações.

6.9. Eletrônica

O Quadro 11 apresenta um comparativo entre as ementas das disciplinas que compõem o grupo da **Eletrônica** para as duas modalidades de curso: CTNME e CBEE.

Quadro 11 - Comparativo entre as ementas do grupo Eletrônica

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
GRUPO: ELETRÔNICA	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
a) Eletrônica Geral – C.H.: 50h Teoria dos semicondutores: junção PN e barreira de potencial; Estrutura física do diodo de junção; Estrutura física dos principais componentes empregados na eletrônica; Curvas características de diodos, transistores e outros componentes eletrônicos; Circuitos com diodo; Circuitos com transístor; Parâmetros mais importantes na especificação de	**a) Eletrônica I – C.H.: 96h** Diodos. Transistores bipolares. Transistores unipolares. Modelagem de transistor bipolar. Circuitos amplificadores. Outros dispositivos: TUJ, dispositivos fotossensíveis, termistor, varistor, CI regulador de tensão e fotoacoplador. Circuitos osciladores: CI 555. Simulações computacionais.

Continua...

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
GRUPO: ELETRÔNICA	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
um componente eletrônico; Polarização do diodo e do transístor; Combinação de dois ou mais transistores na construção de amplificadores; Projetos de circuitos eletrônicos envolvendo diodos e transistores; Fontes de tensão; Reguladores de tensão com transistores e circuitos integrados. **b) Sistemas Eletroeletrônicos – C.H.: 34h** Estudos analíticos das chaves de partida de motores, método convencional; Componentes eletrônicos aplicados em acionamento: Tiristores e IGBT; Chave de Partida eletrônica: tipos, princípio de funcionamento, características; Parametrização de chave Soft-Starter; Desenvolvimento prático de acionamento; inversor de frequência: tipos, características, funcionamento, aplicações; Parametrização do Inversor de Frequência; Desenvolvimento prático de acionamento. **c) Eletrônica Digital – C.H.: 34h** Sistemas de numeração binária, octal, decimal, hexadecimal; Portas lógicas inversor, or, and, nor, nand, or-exclusive; Álgebra booleana como ferramenta para simplificação e manipulação de expressões e circuitos lógicos; Técnicas de simplificação de circuitos lógicos utilizando Mapa de Karnaugh; Raciocínio lógico com a implementação de circuitos para a solução de problemas práticos; Codificadores e decodificadores binários; Sintetizar circuitos aritméticos; Circuitos sequenciais; Circuitos contadores; Famílias lógicas, TTL e CMOS. **d) Instrumentação em Sistemas Industriais – C.H.: 34h** Conceitos fundamentais de metrologia; Medição de pressão; Medição de temperatura; Medição de vazão; Medição de nível; Sensores discretos; Protocolos Industriais e Supervisórios.	**b) Técnicas Digitais – C.H.: 96h** Sistemas de numeração e códigos binários. Aritmética binária. Portas lógicas. Álgebra de Boole. Análise e síntese de circuitos combinacionais. Análise e síntese de circuitos sequenciais. Conversão A/D e Conversão D/A. Contadores síncronos e assíncronos. Multiplexadores e demultiplexadores. Conceitos de projeto de sistemas digitais com circuitos universais. Simulações computacionais. **c) Eletrônica II – C.H.: 64h** Amplificador operacional: ideal e real. Circuitos básicos com amplificador operacional: inversor, não-inversor, buffer, comparador e somador. Proteção do Amplificador operacional. Circuitos com amplificador operacional: integrador, diferenciador, disparador smith trigger. Gerador de sinais: quadrado, triangular e senoidal. Circuitos osciladores: osciladores harmônicos, ponte de Wien, Armstrong, Colpitts, Hartley e cristal. Osciladores de relaxação, gerador de onda dente de serra e multivibrador estável. Temporizadores. Filtros passivos. Filtros ativos: passa baixa, passa alta, passa faixa e rejeita faixa. Filtros de Butterworth e Chebyshev. Introdução aos filtros digitais. Simulações computacionais. **d) Eletrônica de Potência – C.H.: 96h** Diodo. SCR. DIAC. TRIAC. MOSFET e IGBT. Circuito de disparo de tiristores, de IGBT e de MOSFET. Conversores estáticos: CA-CC, CC-CC, CC-CA e CA-CA. Limitadores dv/dt e limitadores di/dt. Simulações computacionais. **e) Sistemas de Controle - C.H.: 64h** Introdução aos sistemas de controle. Modelagem matemática. Resposta no tempo. Ações de controle básicas e industriais. Estabilidade de sistemas lineares. Erro

Continua...

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
GRUPO: ELETRÔNICA	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
e) Controlador Lógico Programável – C.H.: 34h Aplicações dos controladores lógicos programáveis, perspectiva histórica, arquitetura dos CLPs e princípio de funcionamento, tipos de CLP, características das entradas e saídas - E/S, conceitos básicos da norma IEC 61131-3, unidades organizacionais de programas, tipos de dados, endereçamento, Declaração de variáveis, linguagem Ladder - Ladder Diagram (LD), aplicação de linguagens de programação aos CLPs, instruções básicas ladder, instrução temporizadores, instrução contadores, apresentação da soft starter, configuração/parametrização da soft starter, apresentação do inversor de frequência, tipos de inversor de frequência, configuração/parametrização do inversor de frequência.	em estado estacionário. Resposta transitória. Otimizações de sistemas. Método do lugar das raízes. Métodos de resposta em frequência. Compensação de sistemas. Simulações computacionais. Eficiência energética. **f) Microprocessadores – C.H.: 96h** Estrutura dos microprocessadores. Memórias. Circuito de entrada e saída. Arquitetura do microcontrolador 8051. Registradores Internos. Interrupções. Comunicação serial. Arquitetura do microcontrolador PIC. Tipos de interrupção. Aquisições de dados. Programação em Assembler. Projetos envolvendo Microcontroladores PIC e 8051. **g) Optativa[2]: Processamento Digital de Sinais – C.H.: 64h** Sinais discretos no tempo. Transformada Z. Projeto de filtros digitais. Transformada rápida de Fourier. Sinais aleatórios discretos no tempo. Análise espectral. Detecção e estimação de sinais na presença de ruídos.
Total C.H.: 186h	**Total C.H.: 512h**

Notas Explicativas:

[1] C.H.: Carga Horária.

[2] As disciplinas optativas foram incorporadas aos grupos de conhecimento com os quais são afins, entretanto sua carga horária não foi contabilizada no total. No curso de Engenharia Elétrica da UFMT, são disponibilizadas 16 disciplinas optativas, dentre as quais os estudantes podem escolher algumas (no geral entre 2 e 4 disciplinas) para complementar e diversificar sua formação acadêmica.

Fontes: Coluna a esquerda: http://www.eletro.cefetmt.br/principal/cursos-do-daee/tecnico/eletrotecnica-subsequente. Coluna a Direita: https://sistemas.ufmt.br/ufmt.ppc/PlanoPedagogico/Download/302

A grande área da eletrônica é relativamente jovem. Fuentes (2009) relata que a área da eletrônica estuda a forma de condicionar a energia elétrica, por meio de componentes eletroeletrônicos.

A eletrônica tem como um dos marcos iniciais a descoberta dos raios catódicos por Hittorf em 1869, porém o seu grande desenvolvimento será

dado após a Segunda Guerra mundial com o advento do diodo e transistor (ABREU, 2017).

Atualmente, nos mais variados Projetos Pedagógicos dos CBEE há uma carga horária superior a 500 horas destinada ao estudo da eletrônica e suas áreas afins.

O CBEE é concebido de forma generalista, no desenvolvimento e integração de sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Em sua atividade, otimiza, projeta, instala, mantém e opera sistemas, instalações, equipamentos e dispositivos eletroeletrônicos. E, atualmente, nenhum destes sistemas atua sem a aplicação da eletrônica e suas variações: eletrônica de potência; eletrônica digital; amplificadores operacionais; microprocessadores, etc.

O estudo da eletrônica no CBEE e demais áreas afins tem como objetivo capacitar a descrever as características, o funcionamento e o modelamento dos dispositivos semicondutores, para desenvolver projetos de circuitos eletroeletrônicos utilizando os dispositivos semicondutores.

Ao analisar a estrutura ementária do CTNME, que destina aproximadamente 180 horas à área da Eletrônica, observa-se que as ementas ficam restritas a projetos de circuitos eletrônicos envolvendo diodos e transistores, tais como: fontes de tensão; reguladores de tensão com transistores e circuitos integrados; parametrização do inversor de frequência; desenvolvimento prático de acionamento. Não há menção em relação ao estudo de chaves SCR; DIAC; TRIAC; MOSFET e IGBT. Outros conteúdos programáticos que não são abordados são os conversores CA-CA; CA-CC; CC-CC e CC-CA. Esses conversores são fundamentais nas áreas de: Geração; Instalações Elétricas em Baixa Tensão, Instalações Elétricas em Alta Tensão, Eficiência de Sistemas Energéticos, Conservação de Energia aplicados a Fontes Alternativas e Renováveis de Energia. Atualmente, qualquer projeto de implantação de sistema fotovoltaico, seja em baixa ou média tensão, faz uso de tais conversores.

Silva (2007) descreve que a utilização da energia elétrica com níveis condizentes de qualidade requer, frequentemente, um fornecimento de tensão e corrente o mais constante possível e que essas grandezas devem ser mantidas em torno de valores desejados para operação, independentemente da condição imposta pelo carregamento do sistema elétrico. Silva (2007) continua relatando que a análise do desempenho dinâmico de regime

transitório do sistema elétrico é regida a partir das equações diferenciais e que existem diversas relações lineares e não lineares no âmbito da determinação das tensões. Nesse contexto, a eletrônica de potência atua como uma ciência que tem como objetivo realizar o controle e condicionamento de potência elétrica através de interruptores estáticos (SCR; DIAC; TRIAC; MOSFET e IGBT).

Ainda nesse contexto verifica-se que o estudo de filtros no ementário do CBEE tem como finalidade mitigar as distorções normalmente observadas nas tensões de um sistema de corrente alternada (distorções harmônicas de tensão e/ou corrente elétrica).

Em relação ao estudo de microprocessadores, o CBEE atua na programação em linguagem Python, C e, por vezes, no mais baixo nível, *Assembly*, possibilitando a execução de projetos com microcontroladores e, portanto, possibilitando atuação no projeto de desenvolvimento de novos dispositivos embarcados voltados à automação Residencial/Predial ou Industrial. Este conteúdo **NÃO** é abordado nas ementas do CTNME.

Logo, observa-se que as 500 horas demonstram que o CBEE capacita para projetar, desenvolver, implementar e instalar os dispositivos eletro-eletrônicos. Verifica-se que o ementário do CTNME se destina à compreensão das condições de operação básica e de configuração práticas de acionamentos, o que limita a capacidade de projeto, uma vez que para a concepção de projeto de um sistema que lance mão desses conversores se faz necessário o conhecimento do funcionamento de tais equipamentos para que seja tomada a decisão mais viável técnica e economicamente. Também se espera do projetista o domínio das tecnologias envolvidas, sobretudo em condições de anomalia do sistema, para resguardar os operadores do sistema em situações de falha e contingência.

6.10. Comunicação

O Quadro 12 apresenta um comparativo entre as ementas das disciplinas que compõem o grupo da **Comunicação** para as duas modalidades de curso: CTNME e CBEE.

Quadro 12 - Comparativo entre as ementas do grupo Comunicação

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
GRUPO: COMUNICAÇÃO	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
---	**a) Princípios de Comunicação – C.H.: 96h** Representação de Fourier para sinais. Transformada de Fourier. Densidade espectral de potência. Teorema da amostragem. Tipos de modulação analógica e digital. Benefícios da modulação. Codificação de sinais. Multiplexação. Análise de ruídos nos sistemas de comunicações. Radiodifusão de som e imagem. **b) Propagação de Ondas e Antenas – C.H.: 96h** Estudo da propagação das ondas eletromagnéticas na superfície terrestre e na atmosfera. Equação da onda plana uniforme e Teorema de Poyting. Reflexão, refração e difração em interfaces materiais. Parâmetros distribuídos de uma linha de transmissão. Ondas estacionárias. Casamento de Impedâncias. Carta de Smith. Parâmetros básicos de antenas: diagramas de irradiação, circuito equivalente, impedância, largura de feixe, largura de faixa, diretividade, ganho, relação frente-costa, área efetiva. Antenas básicas: dipolo elementar, curto e de meia onda. Antena loop. Arranjos de antenas. Polarização. Projeto de antenas específicas. Equações básicas em radiopropagação. Projetos de sistemas de comunicação em radiovisibilidade. **c) Optativa: Comunicações Móveis – C.H.: 64h** Sistemas de Comunicação móveis. Ambiente de propagação Rádio Móvel. Ruído. Interferência. Handoff. Eficiência espectral. Canais com multipercurso. Técnicas de modulação e respectivos espectros de potência. TDMA. SDMA. CDMA. WCDMA. Equalização. Supressão de interferência. Ruído. Técnica de Handoff. Comutação e controle. Evolução dos Sistemas Comunicações Celulares.

Continua...

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
GRUPO: COMUNICAÇÃO	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
---	**d) Optativa: Redes de Computadores – C.H.: 64h** Redes locais. Topologias. Arquiteturas de redes em camadas. Conceito de comunicação de dados. Meios físicos de transmissão. A camada física. Ligações inter redes. Protocolos de acesso ao meio. Camada IP. Protocolo de transporte. Serviços de comunicação de dados. **e) Optativa: Comunicações Ópticas – C.H.: 96h** Apresentação das comunicações ópticas. Bases teóricas do estudo da luz. Características de propagação e efeitos de focalização de um guia de onda óptico. Princípio da emissão da luz e do lazer. Fontes de luz para comunicação por fibras ópticas. Modulação, demodulação e circuitos integrados ópticos. Linhas de transmissão por fibras ópticas. Materiais e fabricação de fibras. Cabos ópticos e suas conexões. Detetores ópticos. Transmissão numérica de dados. Redes de comunicação ópticas e suas aplicações. Perspectivas presentes e futuras dos sistemas de comunicações ópticas a cabo. Dimensionamento de enlace óptico. **f) Optativa: TV Analógica e Digital – C.H.: 64h** Princípio de funcionamento da TV. Características da TV Analógica e Digital. Padrões NTSC, PAL, DVB, ISDTV, ISDB, ATSC. Interatividade. Formatos de Vídeo: SIF, CIF, HD, SD. Questões Mercadológicas. Introdução a codificação de áudio e Vídeo. Modulação e TV Digital. Introdução a Midleware e programação de aplicações para TV Digital.: HTML, NCL, SMIL, JAVA. **g) Optativa: Tópicos Especiais em Telecomunicações – C.H.: 64h** Conteúdo a ser desenvolvido de acordo com a disciplina proposta para o Curso de Engenharia Elétrica.

Continua...

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
Grupo: Comunicação	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
Total C.H.: 0h	**Total C.H.: 192h**

Notas Explicativas:

[1] C.H.: Carga Horária.

[2] As disciplinas optativas foram incorporadas aos grupos de conhecimento com os quais são afins, entretanto sua carga horária não foi contabilizada no total. No curso de Engenharia Elétrica da UFMT, são disponibilizadas 16 disciplinas optativas, dentre as quais os estudantes podem escolher algumas (no geral entre 2 e 4 disciplinas) para complementar e diversificar sua formação acadêmica.

Fontes: Coluna a esquerda: http://www.eletro.cefetmt.br/principal/cursos-do-daee/tecnico/eletrotecnica-subsequente. Coluna a Direita: https://sistemas.ufmt.br/ufmt.ppc/PlanoPedagogico/Download/302.

O CBEE geralmente apresenta duas disciplinas na área de Comunicação na sua grade curricular, que podem ser chamadas de Princípio de Comunicações e Sistemas de Comunicação.

Ambas têm como objetivo introduzir os conceitos fundamentais na área de comunicação (ou telecomunicações), de modo que o egresso seja capaz de entender o funcionamento de um sistema de comunicação entre pontos distintos. Diversas tecnologias na área de eletroeletrônica (automação, sistema de potência, eletrônica, etc.) dependem de sistemas de comunicação.

Dentro da grande área da Eletricidade, os sistemas de comunicação estão presentes em todas as subáreas, como: geração; transmissão; distribuição; instalações elétricas em baixa, média e alta tensão; eficiência de sistemas energéticos; conservação de energia; fontes alternativas e renováveis de energia; automação industrial; utilização de energia elétrica e sistemas elétricos em geral.

A disciplina Princípios de Comunicações tem em sua ementa o seguinte conteúdo programático:

1. Sinais elétricos;
2. Canais de Comunicação;
3. Decibel;
4. Radiofrequência e Radiopropagação;
5. Sistemas de Comunicação;
6. Capacidade de Informação;

7. Análise de Sinais;
8. Linha de Transmissão;
9. Antenas;
10. Modulação; e
11. Multiplexação.

A disciplina de Sistemas de Comunicação tem em sua ementa o seguinte conteúdo programático:

1. Sistemas de Transmissão;
2. Rádio Digital;
3. Sistemas de Comunicação por Fibras Ópticas;
4. Sistemas de Comunicação via Satélite;
5. Sistemas de Comunicação sem Fio; e
6. Redes de Comunicação de Dados.

Com isso, o conteúdo disponibilizado possibilita:

1. identificar a tecnologia mais adequada para atender à necessidade de uma comunicação para sistemas elétricos em geral;
2. solucionar problemas de comunicação no setor elétrico;
3. definir dispositivos de comunicação mais adequados embutidos nos equipamentos de sistemas elétricos em geral; e
4. calcular a viabilidade de implantação de sistemas de comunicação.

Na estrutura curricular do CTNME **NÃO CONSTA** estudos de comunicação (ou telecomunicações), enquanto a formação do CBEE apresenta os conteúdos necessários para selecionar os materiais, projetar e compreender o desempenho de cada componente em diferentes situações de uso.

6.11. Geração, Transmissão, Distribuição e Qualidade de Energia Elétrica - GTDQ

O Quadro 13 apresenta um comparativo entre as ementas das disciplinas que compõem o grupo da **GTDQ para as duas modalidades de curso: CTNME e CBEE.**

Quadro 13 - Comparativo entre as ementas do grupo GTDQ

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
GRUPO: GTDQ	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
a) Qualidade e Eficiência da Energia – C.H.: 34h A energia e o seu princípio de conservação; estabelecer relação entre energia e meio ambiente; definir qualidade de energia; Os fatores que interferem na qualidade de energia; Indicadores principais de energia; Legislação e normas referentes à qualidade de energia e eficiência da energia; Eficiência energética; Identificar instrumentos analisadores de energia e seu funcionamento; Qualidade e eficiência da energia; Conservação e preservação do meio ambiente. **b) Geração, Transmissão e Distribuição da Energia – C.H.: 34h** Geração da energia elétrica; Transmissão da energia elétrica; Distribuição da energia elétrica; Centrais hidrelétricas; Pequenas centrais hidrelétricas; Centrais Térmicas; Centrais nucleares; Fontes alternativas de energia. **c) Projeto de Instalações Elétricas Urbana e Rural - C.H.: 34h** Planta de um loteamento residencial/comercial/predial; Rede aérea de baixa tensão com cabos nus; Tipos de consumidores; Locação de postes; Engastamento; Circuitos de baixa tensão; Transformadores de distribuição; Cargas instaladas nos circuitos de baixa tensão; Bitolas dos consumidores de baixa tensão; Tipos de estruturas padronizadas para alta tensão; Tipos de estruturas padronizadas para baixa tensão; Ábacos normatizados; Equipamentos de manobra e de proteção; Simbologia elétrica e abreviaturas técnicas; Quantificação de materiais e equipamentos elétricos; Memorial descritivo e de cálculos; Rede aérea de baixa tensão com cabos isolados multiplexados; Tipos de estruturas; Tabelas dimensionadas;	**a) Fontes de Energia – C.H.: 64h** Fontes de energia: petróleo, gás natural, carvão mineral, hidráulica, nuclear, biomassa, solar e eólica. Hidroeletricidade: hidrologia, tipos de centrais. Termoeletricidade: convencionais e nuclear. Potência e capacidade instalada. Impactos ambientais da geração. Matriz Energética do setor elétrico. Projeto de uma mini central hidroelétrica. Eficiência energética. Desenvolvimento sustentável. Política energética. **b) Análises de Sistemas de Energia Elétrica I – C.H.: 64h** Representação de sistemas elétricos. Valores percentuais e por unidade. Modelagem de máquinas síncronas, transformadores e linhas de transmissão. Análise e simulação de sistemas elétricos de potência. Eficiência energética. **c) Análises de Sistemas de Energia Elétrica II – C.H.: 64h** Modelagem de sistemas elétricos. Fluxo de carga: Equacionamento básico. Métodos de Gauss Seidel e de Newton. Componentes simétricos. Curto-Circuito trifásico simétrico e assimétrico. Métodos computacionais para cálculo de curto-circuito. Estabilidade: análise de curto-circuito, perda de geração e rejeição de carga. Modelagem computacional. **d) Qualidade de Energia Elétrica – C.H.: 64h** Definição de qualidade de energia. Termos e definições utilizados. Fenômenos associados ao estudo da qualidade de energia. Transitório impulsivo e oscilatório. Variações na tensão de curta e longa duração. Desbalanceamento da tensão. Distorções da forma de onda: offset cc, harmônicas, inter-harmônicas, ruídos, perturbações. Flutuação da tensão. Variações

Continua...

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
GRUPO: GTDQ	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
d) Instalação de Redes de Distribuição de Energia - C.H.: 50h Planta de levantamento topográfico (altimétrico e planimétrico) para projeto de rede rural; Escalas do projeto; Simbologia elétrica e convenções para topografia; Terminologia e definições; Aterramento de rede rural; Estaiamento rural; Locação de estruturas; Demanda provável do projeto; Estruturas trifásicas ou monofásicas – rede rural; Cabos elétricos – bitolas e esforços mecânicos; Gabarito elétrico; Traçado da linha e estruturas na planta altimétrica; Traçado da linha e definição das estruturas na planta planimétrica; Memorial descritivo do projeto; Memorial de cálculos; Quantificação de materiais e equipamentos elétricos.	da frequência. Normas. Curva CBEMA. Medições: equipamentos, técnicas e interpretação. Eficiência energética. **e) Proteção de Sistemas Elétricos – C.H.: 64h** Filosofia da proteção dos sistemas elétricos. Princípios de funcionamento e operação dos relés analógicos e digitais. Transformador corrente e potencial. Seletividade e coordenação dos relés. Proteção de: linhas, subestações, transformadores, geradores e barramento. Princípios fundamentais e cálculos de ajustes dos relés digitais: de sobrecorrente, direcional, diferencial, distância, aplicados a transmissão e geração. Projeto de um sistema de proteção. **f) Transmissão de Energia Elétrica – C.H.: 64h** Cálculo dos parâmetros da linha de transmissão (resistência, indutância, capacitância, susceptância e impedância de sequência positiva negativa e zero) para seu dimensionamento e modelagem. Limite térmico de condutores. Condutância de dispersão e efeito corona. Cálculo dos gradientes de potencial e da rádio interferência. Equacionamento técnico econômico da transmissão. Número de desligamentos/100km/ano. Transmissão em CC. Projeto de uma Linha de Transmissão de EAT. Simulações computacionais. Eficiência energética. **g) Distribuição de Energia Elétrica – C.H.: 64h** Transporte de energia elétrica e linhas de distribuição. Características físicas das linhas aéreas de distribuição primária e secundária. Metas de qualidade de fornecimento. Controle de tensão de sistemas de distribuição. Considerações gerais dos equipamentos de transformação, manobra, proteção e automação. Projeto de rede de distribuição urbana. Projeto de rede de distribuição rural. Projeto de subestação (cabine primária, classe 15kV). Simulação no ATP. Eficiência energética.

Continua...

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
GRUPO: GTDQ	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
	h) Equipamentos de Potência – C.H.: 64h Transformadores de corrente e de potencial. Para-raios. Chaves seccionadoras. Religadores. Disjuntores. Transformadores de força de 2 e 3 enrolamentos. Reguladores de tensão. Capacitores em derivação e série. Reatores em derivação e série. Normas técnicas. Técnicas de ensaios elétricos aplicados a equipamentos elétricos de alta tensão. Eficiência energética. Simulações computacionais. **i) Regulação da Indústria da Eletricidade – C.H.: 32h** Características gerais dos serviços de Eletricidade. Evolução Histórica do arcabouço legal do setor elétrico. O atual marco regulatório. Instituições de planejamento, regulamentação e fiscalização da indústria de eletricidade. Normas gerais e específicas para outorga e prorrogações de concessões e permissões dos serviços de eletricidade. O atual arcabouço legal socioambiental da indústria de eletricidade. Legislação tributária e encargos específicos a indústria de eletricidade. **j) Optativa[2]: Transitórios Eletromagnéticos – C.H.: 64h** Considerações gerais sobre as características dos circuitos elétricos e fenômenos transitórios. Transitórios impulsivos e oscilatórios. Transitórios devido a chaveamentos normais e anormais. Representações de sistemas elétricos por parâmetros concentrados e distribuídos. Simulação computacional de fenômenos transitórios. **k) Optativa: Cálculo Mecânico de Linhas de Transmissão – C.H.: 64h** Introdução a planimetria e altimetria. Estudo mecânico dos condutores elétricos. Elementos para projetos mecânicos em linhas aéreas de transmissão.

Continua...

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
GRUPO: GTDQ	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
	Estruturas de linhas de transmissão. Projeto mecânico de uma linha de transmissão. Simulações computacionais. **l) Optativa: Tópicos Especiais em Sistemas de Energia – C.H.: 64h** Conteúdo a ser desenvolvido de acordo com a disciplina proposta para o Curso de Engenharia Elétrica. **m) Optativa: Gerenciamento de Energia Elétrica – C.H.: 64h** Economia da energia. Tarifas e preços. Estrutura de mercado dos sistemas elétricos. Regulamentação do setor elétrico. Mercado livre. Diagnóstico energético. Gerenciamento energético. Cogeração. Eficiência energética. Política energética nacional. Projeto de Eficiência Energética.
Total C.H.: 152h	**Total C.H.: 544h**

Notas Explicativas;

[1] C.H.: Carga Horária.

[2] As disciplinas optativas foram incorporadas aos grupos de conhecimento com os quais são afins, entretanto sua carga horária não foi contabilizada no total. No curso de Engenharia Elétrica da UFMT, são disponibilizadas 16 disciplinas optativas, dentre as quais os estudantes podem escolher algumas (no geral entre 2 e 4 disciplinas) para complementar e diversificar sua formação acadêmica.

Fontes: Coluna a esquerda: http://www.eletro.cefetmt.br/principal/cursos-do-daee/tecnico/eletrotecnica-subsequente. Coluna a Direita: https://sistemas.ufmt.br/ufmt.ppc/PlanoPedagogico/Download/302

Observa-se no Quadro 13 que o CTNME apresenta quatro disciplinas, com carga horária total de 152 horas, desenvolvendo os conceitos introdutórios de:

1. qualidade e eficiência energética;
2. geração, transmissão e distribuição de energia elétrica; e
3. projetos de redes e instalações elétricas urbanas e rurais.

Diz-se introdutório a partir da análise de dois elementos fundamentais:

1. A carga horária insuficiente para o grupo de disciplinas e o conteúdo a ser abordado, dentro da perspectiva permissiva das Resoluções n.º 074/2019 e 094/2020 do CFT.
2. Deve-se ao fato de as disciplinas do ciclo básico, principalmente as dos grupos de matemática e física, não fornecerem subsídios suficientes para a análise integral, holística, complexa e completa que as disciplinas do grupo de GTDQ exigem, restringindo-se à compreensão de funcionamento dos sistemas retromencionados em operação no regime permanente, haja vista que o conteúdo das disciplinas do grupo de GTDQ são de considerada complexidade, em termos de modelagem matemática e física, em suas interações com sistemas em condições distintas de operação.

Conclui-se, portanto, que o CTNME forma seus profissionais com conhecimentos básicos em sistemas elétricos, voltados para a execução, manutenção e operação, e com uma visão suficientemente necessária para atuação diretamente no sistema elétrico de potência, entretanto, necessariamente sob supervisão de um profissional de nível superior responsável pelas intervenções necessárias.

O CBEE apresenta, dentro desse grupo, um conjunto de 13 disciplinas (9 obrigatórias e 4 optativas), com carga horária mínima de 544 horas, podendo alcançar 800 horas (no mínimo, é 3,58 vezes maior que a carga horária do CTNME), instrumentalizando os profissionais de um conjunto de ferramentas específicas que se apropriam das análises matemáticas, físicas e de modelagem e simulações computacionais, adquiridas nos grupos de disciplinas anteriores, a fim de compreender o funcionamento dos sistemas de geração, de transmissão e de distribuição, em regimes permanente e transitório, em todos os níveis de tensão e de fluxo de potência.

Além da carga horária suficiente para apresentar o conteúdo programático necessário para o entendimento da complexidade dos sistemas elétricos, o profissional com formação do CBEE percorre também uma trilha extensa através dos grupos de matemática, física e química, adquirindo ferramentas necessárias às análises mais complexas, que envolvem a compreensão no regime transitório, a modelagem matemática, o dimensionamento de siste-

mas e a análise dos agentes internos e externos dos sistemas envolvidos, sua dinâmica complexa e correlação.

O CBEE habilita seus/suas profissionais a desenvolverem atividades nas áreas de estudos, projetos, execução, operação, manutenção, inspeção, perícia e inovação de tais sistemas interligados entre si, garantindo os níveis de qualidade aceitáveis do serviço/produto eletricidade, oferecendo segurança técnica e operacional dos sistemas e da infinidade possível de equipamentos e instalações elétricas conectadas a essa rede. Enfim, a essência da engenharia, de forma geral, consiste no processo iterativo de projetar, prever o desempenho, construir e testar (BROCKMAN, J. B., 2013).

A Resolução n.º 074/2019 do CFT e o Decreto n.º 90.922/1985 possibilitam que profissionais com a formação do CTNME tenham atribuição de projetar, executar, operar, manter, inspecionar e periciar sistemas de energia elétrica até a potência de 800 kVA. Entretanto, fartamente provado através da análise de ementa, conteúdo programático e relação entre si, dos CTNME e CBEE, percebe-se que há um **abismo instransponível** entre as atribuições que os dois grupos deveriam atender.

A título de exemplo, analisando um sistema elétrico em alta tensão – acima de 1.000 VCA, conforme a prescrição da NR 10 – com o nível de tensão até 36,2 kV, e capacidade instalada maior que 300 kVA, faz-se necessária a elaboração de um estudo específico de proteção do referido sistema elétrico, conforme prescrições da norma ABNT NBR 14039, observa-se:

> **5.3.1.2 Capacidade instalada maior que 300 kVA**
> Em uma subestação com capacidade instalada maior que 300 kVA, a proteção geral na média tensão deve ser realizada exclusivamente por meio de um disjuntor acionado através de relés secundários com as funções 50 e 51, fase e neutro (onde é fornecido o neutro).

Nesse contexto, necessita-se de compreensão do funcionamento do sistema elétrico em regime transitório, observando os comportamentos térmico e eletrodinâmico do sistema elétrico em condições de curto-circuito, e a influência da corrente de curto-circuito nos equipamentos elétricos de proteção, na rede elétrica e nos demais equipamentos do sistema de potência. Essa compreensão permite a correta especificação e dimensiona-

mento de todo o conjunto de equipamentos e a correta parametrização da proteção, assegurando ainda a confiabilidade e a flexibilidade da operação do sistema elétrico como um todo, a fim de garantir o maior número de cargas conectadas à rede, com o menor tempo possível de desligamento, assegurando a coordenação e a seletividade da proteção.

A ciência e a filosofia da proteção de sistemas elétricos requerem uma aplicação consolidada de ferramentas matemáticas complexas, domínio dos fenômenos físicos associados ao eletromagnetismo, conceitos de modelagem computacional e programação, compreensão integral do comportamento de máquinas elétricas (geradores e motores), transformadores, linhas de transmissão e distribuição, e seus diversos equipamentos. Esse conhecimento advém de um conjunto de disciplinas do ciclo básico e profissional, consolidando com as disciplinas específicas, como Análises de Sistemas de Energia Elétrica I e II e Proteção de Sistemas Elétricos.

Observa-se também que o Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) Módulo 3 (e dado o conjunto de Resoluções Normativas da ANEEL) prescreve a necessidade de estudos elétricos de fluxo de potência, de curto-circuito, estabilidade eletrodinâmica e outros, para instalações elétricas com potência superior a 500 kVA, conforme segue:

> **5.2.9** Os estudos básicos, de responsabilidade do acessante, devem avaliar tanto no ponto de conexão como na sua área de influência no sistema elétrico acessado os seguintes aspectos:
> **a)** nível de curto-circuito;
> **b)** capacidade de disjuntores, barramentos, transformadores de instrumento e malhas de terra;
> **c)** adequação do sistema de proteção envolvido na integração das instalações do acessante e revisão dos ajustes associados, observando-se estudos de coordenação de proteção, quando aplicáveis;
> **d)** ajuste dos parâmetros dos sistemas de controle de tensão e de frequência e, para conexões em alta tensão, dos sinais estabilizadores.
> **5.2.10** Os estudos operacionais necessários à conexão da instalação do acessante ao sistema de distribuição são de sua responsabilidade, devendo ser aprovados pela acessada.

À semelhança do que já foi explanado, para o correto desenvolvimento desses trabalhos necessita-se da aplicação de conhecimento prévio dos instrumentos complexos de modelagem matemática, dos fenômenos físicos envolvidos, do comportamento dos sistemas em regime transitório, do funcionamento integral do sistema elétrico, de simulações computacionais e a compreensão mais aprofundada de conceitos de eletromagnetismo, circuitos elétricos e máquinas elétricas.

Resta consolidada a tese de que dentro da formação do CTNME **INEXISTE** o conjunto de conhecimentos necessários para o desenvolvimento de estudos, planejamento, projeto, especificação, viabilidade técnico-econômica, perícia, arbitramento, laudo, parecer técnico, ensino, pesquisa, análise, experimentação, divulgação técnica, fiscalização de obra e serviço técnico, produção técnica especializada, entre outros, **IMPOSSIBILITANDO** a sua atuação em sistemas elétricos de média e alta tensão na amplitude das atribuições conferidas pelas Resoluções n.º 074/2019 e n.º 094/2020 do CFT. Os profissionais com formação do CTNME podem atuar na área de execução, operação e manutenção de tais sistemas sob a supervisão de profissional de nível superior.

6.12. Manutenção de Sistemas Elétricos

O Quadro 14 apresenta um comparativo entre as ementas das disciplinas que compõem o grupo da Manutenção de Sistemas Elétricos para as duas modalidades de curso: CTNME e CBEE.

Quadro 14 - Comparativo entre as ementas do grupo Manutenção de Sistemas Elétricos

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
Grupo: Manutenção de Sistemas Elétricos	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
a) Manutenção Elétrica Industrial – C.H.: 34h Introdução À Manutenção Industrial. Cultura da Manutenção Industrial. Efeitos da Manutenção im-	---

Continua...

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
Grupo: Manutenção de Sistemas Elétricos	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
plantada em uma Indústria. Manutenção Corretiva. Manutenção Preventiva. Manutenção Preditiva. Manutenção Produtiva Total-TPM. Análise comparativa dos processos de manutenção estudados.	
Total C.H.: 34h	**Total C.H.: 0h**
Notas Explicativas: [1] C.H.: Carga Horária.	

Fontes: Coluna a esquerda: http://www.eletro.cefetmt.br/principal/cursos-do-daee/tecnico/eletrotecnica-subsequente. Coluna a Direita: https://sistemas.ufmt.br/ufmt.ppc/PlanoPedagogico/Download/302

A bibliografia didática dos cursos de manutenção industrial e manutenção elétrica apresentam o histórico da manutenção e informam que, basicamente, a disciplina da manutenção surgiu dentro do contexto do desenvolvimento industrial provocado durante e após a Segunda Guerra mundial, com o intuito de manter/preservar os sistemas industriais existentes por um período maior, haja vista a escassez de matérias-primas provocadas pelo pós-guerra e a dificuldade de câmbio entre os países.

Segundo a ABNT NBR 5462 (1994) a definição de manutenção é dada como a: "Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo a supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida".

O CTNME apresenta uma disciplina de título **Manutenção Elétrica** Industrial, com carga horária de 34 horas, enquanto o CBEE não apresenta nenhuma disciplina nesse grupo específico de conhecimento. A lógica por trás desse contexto se dá, dentre outros pontos, pelo fato de os sistemas elétricos a serem mantidos e preservados já estarem estabelecidos e operantes, sendo necessário apenas o conhecimento de segurança em trabalho de instalações elétricas, conforme prescreve a NR 10.

O CTNME oferece aos seus egressos conhecimento suficiente apenas para operar e manter sistemas elétricos prediais, comerciais e industriais. Quando se trata de sistemas elétricos de média e alta tensão, os programas de manutenção devem ser realizados sempre sob coordenação e supervisão

de profissionais de nível superior, haja vista a complexidade e o perigo dos fenômenos que podem ser provocados.

6.13. Conteúdos Multidisciplinares

O Quadro 15 apresenta um comparativo entre as ementas das disciplinas que compõem o grupo de Conteúdos Multidisciplinares para as duas modalidades de curso: CTNME e CBEE.

Quadro 15 - Comparativo entre as ementas do grupo Conteúdos Multidisciplinares

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
Grupo: Conteúdos Multidisciplinares	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
a) Língua Portuguesa Aplicada – C.H.: 34h Linguagem; Leitura; Produção escrita; Revisão textual; Parágrafo e estruturação textual; Dissertação, descrição e narração; Coesão e coerência; Gramática aplicada ao texto. **b) Segurança do Trabalho – C.H.: 34h** Surgimento da Segurança do Trabalho; A Revolução Industrial e o surgimento das doenças ocupacionais; Mudanças do trabalho artesanal para o industrial; As Normas Regulamentadoras e a CLT; Vantagens e Responsabilidades na Segurança do Trabalho; Vantagens na Preservação da Integridade do Trabalhador e no aumento da produção industrial; Responsabilidades da Segurança do Trabalho – NR 4 SESMT; Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – NR5; Acidente do trabalho; Prevenção de incêndio; Primeiros socorros; Instalações e serviços em eletricidade - NR 10; Equipamentos de Proteção Individual; Programa de Condições e Meio Ambiente do Trabalho – PCMAT; Programa de Prevenções de Riscos Ambientais.	**a) Comunicação e Expressão – C.H.: 32h** Estudo da natureza do signo linguístico. Estudo e definição da dicotomia língua e fala. Estudo do processo de comunicação. Caracterização da linguagem e dos níveis conotativo e denotativo. Estudo e prática das diretrizes para leitura de texto. Estudo e prática da leitura de ícones e semiótica. Estudo e prática das diversas formas estruturais de textos. Caracterização da transferência da linguagem oral e escrita. **b) Introdução à Engenharia Elétrica – C.H.: 32h** Conhecimento humano como processo histórico-social. Estratégias de representação da produção social. Ciência como conhecimento lógico experimental e como compreensão naturalista. Questões histórico-sociais no desenvolvimento da ciência e das tecnologias. Noção de força e a noção de energia como resultado da modernidade. Questões hodiernas: novas estruturas de produção versus demandas energéticas; novas estruturas de produção versus o agravamento dos índices de qualidade

Continua...

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
Grupo: Conteúdos Multidisciplinares	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
c) Gestão da Qualidade e Empreendedorismo – C.H.: 34h Organização de empresas industriais; Administração; Relações humanas no trabalho; Normas sobre organização e legislação do trabalho; Normas contratuais; Normas das instituições de previdência social; Orçamento de investimentos; Fundamentos de estruturação de empresas;Administração estratégica; Planejamento estratégico; Desenvolvimento industrial e meio ambiente; Legislação ambiental; Sistemas de gestão ambiental na indústria; Gerenciamento de resíduos sólidos; Prevenção da poluição. **d) Inglês Instrumental – C.H.: 34h** Estratégias de leitura. Organização textual. Tipologia textual. Conhecimento lexical. Pontos gramaticais recorrentes nos textos estudados.	de vida das populações humanas. O papel social e econômico do profissional de Engenharia. Introdução as questões técnicas, econômicas e políticas e políticas da indústria elétrica brasileira. Sistema Confea/Crea. **c) Metodologia Científica e Tecnológica – C.H.: 32h** Pesquisa científica. Tipos de Pesquisas. Projeto de pesquisa.Artigo científico. Normas ABNT. Estrutura básica de uma monografia. **d) Sociologia Geral – C.H.: 32h** O surgimento da sociologia como ciência: condições históricas e grandes correntes do pensamento social. Objeto da sociologia e seus precursores: Visão geral. Crítica das grandes correntes sociológicas e seus respectivos conceitos. Temas básicos da sociologia. Temas contemporâneos da sociologia. **e) Ciência do Ambiente – C.H.: 32h** A biosfera e seu equilíbrio. Efeitos da tecnologia sobre o equilíbrio ecológico. Poluição da água, do solo e do ar. Preservação dos recursos naturais. Legislação ambiental. Medidas e controle e tecnologia aplicada. Avaliação de impactos ambientais de projetos de engenharia. Aplicações em engenharia elétrica. **f) Mecânica dos Fluidos – C.H.: 64h** Introdução: o conceito de fenômenos de transportes. Estática dos fluidos. Canalização. Fundamentos da termodinâmica. Transferência de calor. Transferência de massa. Dinâmica dos fluidos. Aplicações em Engenharia Elétrica.

Continua...

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
GRUPO: CONTEÚDOS MULTIDISCIPLINARES	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
	g) Mecânica dos Materiais – C.H.: 64h Equilíbrio do ponto material. Sistemas de forças equivalentes. Equilíbrio do corpo rígido. Forças distribuídas. Estruturas e máquinas. Vigas e cabos. Atrito. Esforço e deformação. Cinética dos corpos rígidos. Vibrações mecânicas. Aplicações em Engenharia Elétrica. **h) Economia – C.H.: 32h** Natureza e Métodos das ciências econômicas. Conceito econômicos básicos. Introdução à microeconomia. Introdução a macroeconomia. Questões macroeconômicas atuais. **i) Introdução à Engenharia de Segurança – C.H.: 64h** Conceituação de segurança de engenharia. Controle do ambiente. Proteção coletiva e individual. Proteção contra incêndio. Riscos específicos nas várias habilitações de Engenharia. Controle de perdas e produtividade. Segurança no projeto. Análise e estatísticas de acidentes. Seleção, treinamento e motivação de pessoal. Normalização e legislação específicas. Organização de segurança. Segurança em atividades extraempresa. Visita a empresas. **j) Administração – C.H.: 32h** A administração e suas funções. O administrador e os atributos gerenciais básicos. Administração e organização de empresas. Abordagem clássica da administração. Abordagens contemporâneas da administração. Tópicos em administração de recursos humanos e em administração da produção. Tópicos emergentes. **k) Optativa[2]: Libras – C.H.: 64h** Políticas de inclusão e exclusão sociais e educacionais; Modelos educacionais na educação de surdos.

Continua...

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
Grupo: Conteúdos Multidisciplinares	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
	Aspectos históricos e culturais, linguísticos, educacionais e sociais da surdez. Vocabulário em língua de sinais. O papel do intérprete de língua de sinais na sala de aula. A definição do que representa o intérprete-pedagógico na educação de surdos. **I) Optativa: Língua Estrangeira – C.H.: 64h** Leitura de textos jornalísticos, acadêmicos e científicos nos três níveis de compreensão: geral; ideias principais e ideias detalhadas através de estratégias de leitura. Estudo das estruturas linguísticas básicas.
Total C.H.: 136h	**Total C.H.: 416h**

Notas Explicativas:

[1] C.H.: Carga Horária da Disciplina

[2] As disciplinas optativas foram incorporadas aos grupos de conhecimento com os quais são afins, entretanto sua carga horária não foi contabilizada no total. No curso de Engenharia Elétrica da UFMT, são disponibilizadas 16 disciplinas optativas, dentre as quais os estudantes podem escolher algumas (no geral entre 2 e 4 disciplinas) para complementar e diversificar sua formação acadêmica.

Fontes: Coluna a esquerda: http://www.eletro.cefetmt.br/principal/cursos-do-daee/tecnico/eletrotecnica-subsequente. Coluna a Direita: https://sistemas.ufmt.br/ufmt.ppc/PlanoPedagogico/Download/302

Ao analisar a estrutura ementária do CTNME e do CBEE no que concerne aos conteúdos multidisciplinares, observa-se que o CBEE possui uma carga horária três vezes maior quando comparado ao CTNME, o que de fato confere ao profissional com formação do CBEE uma compreensão holística do contexto em que está inserido quando comparado ao profissional com formação do CTNME. Além da carga horária, percebe-se que, mesmo nas disciplinas comuns aos cursos, o CBEE tem um embasamento maior nas ementas quando comparado ao CTNME.

Constata-se que no CTNME há somente uma disciplina dedicada à produção de textos (Língua Portuguesa Aplicada – 34h), e em sua ementa são apresentados conceitos básicos para esse fim, enquanto no CBEE há duas disciplinas (Comunicação e Expressão – 32h e Metodologia Científica

e Tecnológica – 32h) que, além de competências comunicacionais, aprofundam também na produção de textos e instigam o desenvolvimento da linguagem e escrita técnica e científica, elementos essenciais na elaboração de projetos, laudos e perícias.

Faz-se necessário destacar que as disciplinas de formação geral garantem ao profissional uma visão sistêmica dentro de determinada organização. Para isso, no CBEE são abordadas disciplinas como Sociologia Geral (32h), Ciência do Ambiente (32h), Economia (32h) e Administração (32h), tornando esse futuro profissional apto a analisar aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais do meio em que está inserindo, de forma a atender às demandas da sociedade com visão ética e humanista (FILGUEIRAS *et al.*). Ainda, podemos afirmar que através dessas disciplinas de formação geral, principalmente no que tange à Administração e Economia, o profissional com formação do CBEE terá habilidade para elaborar, coordenar e executar projetos de forma ampla. Por outro lado, o profissional com formação do CTNME durante sua formação tem somente uma disciplina de formação geral (Gestão da Qualidade e Empreendedorismo – 34h) na qual são abordados de maneira introdutória e superficial os conteúdos vistos no CBEE, na qual são abordados de maneira introdutória e superficial os conteúdos vistos no CBEE.

Pode-se observar na estrutura ementária que o CTNME possui a disciplina de Segurança do Trabalho (34h), que aborda em sua ementa conteúdos sobre segurança durante a operação e manutenção de instalações elétricas, dentre outros conteúdos, mas não abrange os aspectos de segurança durante a etapa de projeto das instalações, enquanto no CBEE a disciplina de Introdução à Engenharia de Segurança (64h) possui em sua ementa abordagem voltada para projeto.

De acordo com o ementário, percebe-se que o CTNME possui somente mais uma disciplina de conteúdos multidisciplinares, que é o inglês instrumental (34h) e que corresponde à Língua Estrangeira, uma disciplina optativa do CBEE.

Vale salientar que o CBEE possui disciplinas para as quais não existe correspondência e/ou equivalência no CTNME, que são: Introdução à Engenharia Elétrica (32h), Mecânica dos Fluídos (64h), Mecânica dos Materiais (64h) e Libras (64h).

Segundo Brockman (2013), os(as) engenheiros(as) geralmente irão atuar em grupos de pessoas com diferentes conhecimentos, já que a engenharia é, em suma, uma atividade multidisciplinar. Ainda, Brockman (2013) afirma que os engenheiros não precisam conhecer profundamente todas as disciplinas, porém devem estar familiarizados com as interfaces entre elas e estar preparados a se adaptar. É nesse contexto que se percebe a importância das disciplinas de Mecânica dos Fluídos e Mecânica dos Materiais na estrutura pedagógica do CBEE.

Mecânica dos Fluídos permite a compreensão do comportamento dos fluidos, conteúdo essencial nos estudos de máquinas térmicas e hidráulicas, relacionadas à geração de energia elétrica, bem como outros fenômenos. Mecânica dos Materiais apresenta os conceitos básicos de análise estrutural e resistência dos materiais, conhecimentos necessários para a escolha e o uso de materiais em diversos tipos de estruturas e suas formas geométricas, ainda permite analisar e determinar os esforços que as estruturas estão sujeitas a sofrer.

Diante do exposto, é notório que o profissional com formação no CBEE, adquire uma visão sistêmica para atuar com equipes multidisciplinares por meio do seu conhecimento generalista, o que lhe permite ter capacidade de reflexão, proposição e criatividade, requisitos indispensáveis à elaboração de projetos (de qualquer dimensão ou especificidade), gerenciamento e supervisão de obras elétricas, e que tais competências e habilidades para esses fins não são construídas durante a formação no CTNME.

6.14. Atividades de Integração Teoria/Prática

O Quadro 16 apresenta um comparativo entre as ementas das disciplinas que compõem o grupo da **Atividades de Integração Teoria/Prática** para as duas modalidades de curso: CTNME e CBEE.

Quadro 16 - Comparativo entre as ementas do grupo Atividades de Integração Teoria/Prática

COMPARATIVO ENTRE EMENTAS	
Técnico Industrial (Modalidade: Eletrotécnica) - subsequente	**Bacharelado em Engenharia Elétrica (Modalidade: Eletrotécnica)**
Grupo: Atividades de Integração Teoria/Prática	
Disciplinas / C.H.[1] / Ementas	**Disciplinas / C.H. / Ementas**
a) Estágio / Projetos – C.H.: 360h	**a)** Atividades Complementares – C.H.: 100h **b)** Estágio Supervisionado – C.H.: 160h **c)** TFC I – C.H.: 32h **d)** TFC II – C.H.: 32h
Total C.H.: 360h	**Total C.H.: 324h**

Notas Explicativas:

[1] C.H.: Carga Horária da Disciplina

[2] As disciplinas optativas foram incorporadas aos grupos de conhecimento com os quais são afins, entretanto sua carga horária não foi contabilizada no total. No curso de Engenharia Elétrica da UFMT, são disponibilizadas 16 disciplinas optativas, dentre as quais os estudantes podem escolher algumas (no geral entre 2 e 4 disciplinas) para complementar e diversificar sua formação acadêmica.

Fontes: Coluna a esquerda: http://www.eletro.cefetmt.br/principal/cursos-do-daee/tecnico/eletrotecnica-subsequente. Coluna a Direita: https://sistemas.ufmt.br/ufmt.ppc/PlanoPedagogico/Download/302

As atividades de integração Teoria/Prática compreendem a participação dos estudantes em estágios, visitas técnicas, aulas práticas, programas de monitoria, iniciação científica/tecnológica e extensão e, ainda, o desenvolvimento de projetos, experimentos e protótipos através de trabalho de conclusão de curso.

O estágio curricular supervisionado é uma prática educativa planejada para integrar a experiência profissional ao curso, tornando-se fonte de esclarecimento ao estudante de formação técnica ou superior, pois tem como premissa a conexão da teoria com a prática, com base na multi e interdisciplinaridade sob orientação, acompanhamento e supervisão de um orientador. Essa vinculação com o mundo do trabalho é determinante para que o estudante entenda e construa a formação da sua profissão, da sua carreira e do cotidiano empreendido na área de atuação do curso que está sendo desenvolvido.

É de responsabilidade da instituição de ensino proporcionar estágio aos estudantes da Educação Profissional, nos termos dos seus projetos pedagógicos, como preceituam o artigo 3º e parágrafo da Resolução CNE/

CEB n.º 1, de 21/01/2004, que dispõem sobre a organização e a realização de estágio de estudantes da educação profissional, como segue:

> **Art. 3º** As Instituições de Ensino, nos termos dos seus projetos pedagógicos, zelarão para que os estágios sejam realizados em locais que tenham efetivas condições de proporcionar aos alunos estagiários experiências profissionais, ou de desenvolvimento sociocultural ou científico, pela participação em situações reais de vida e de trabalho no seu meio.
> **§ 1º** Serão de responsabilidade das Instituições de Ensino a orientação e o preparo de seus alunos para que os mesmos apresentem condições mínimas de competência pessoal, social e profissional, que lhes permitam a obtenção de resultados positivos desse ato educativo.

Ainda, a Lei 11.788, de 25 de setembro de 2003, que trata sobre o estágio de estudantes de curso superior, afirma:

> **Art. 1º** Estágio é ato educativo escolar supervisionado, desenvolvido no ambiente de trabalho, que visa à preparação para o trabalho produtivo de educandos que estejam frequentando o ensino regular em instituições de educação superior, de educação profissional, de ensino médio, da educação especial e dos anos finais do ensino fundamental, na modalidade profissional da educação de jovens e adultos.
> **§ 1º** O estágio faz parte do projeto pedagógico do curso, além de integrar o itinerário formativo do educando.
> **§ 2º** O estágio visa ao aprendizado de competências próprias da atividade profissional e à contextualização curricular, objetivando o desenvolvimento do educando para a vida cidadã e para o trabalho.

Há que se ressaltar, cabe ao professor orientador de estágio zelar pelo tipo de atividades desempenhadas pelos estudantes e verificar se estão compatíveis com o nível de formação deles.

O trabalho de conclusão de curso, compreendido como a atividade de síntese e integração de conhecimento no processo da formação profissional, é uma exigência curricular obrigatória para obtenção do diploma pleiteado. Esse trabalho, geralmente executado na fase final do curso, deve ser realizado conforme os padrões e exigências teórico-metodológicas e científicas

desde a sua concepção e desenvolvimento até a sua apresentação e defesa, podendo ser de natureza teórica ou prática e, assim como o estágio, deve ser compatível com o nível de formação dos futuros profissionais, seja no CTNME ou no CBEE.

Na grande maioria dos projetos pedagógicos dos CBEE encontram-se as atividades de monitoria, iniciação científica e tecnológica, pesquisa, extensão e, ainda, visitas técnicas, palestras, realização e participação de eventos, conglomeradas sob o título de Atividades Complementares. Essas atividades são também muito importantes aos estudantes, pois os colocam em contato com a práxis pedagógico-científica ligada ao curso em desenvolvimento, bem como desenvolvem habilidades como trabalho em grupo, liderança, visão ampliada do contexto profissional e científico.

Em análise das ementas oriundas do projeto político pedagógico do CTNME do IFMT (Quadro 16), observa-se que o estágio e o trabalho de conclusão de curso perfazem um total de 360 horas. Já no CBEE da UFMT (Quadro 16), o total é de 324 horas, sendo estas distribuídas em atividades complementares (100 horas), estágio supervisionado (mínimo de 160 horas, normalmente os estudantes cursam mais de 400 horas de estágio) e duas etapas de trabalho final de curso (64 horas).

Considerando, sobretudo, as análises efetuadas nos itens 6.8 Instalações Elétricas e 6.12 Manutenção de Sistemas Elétricos, observa-se que para o CTNME a sua grade curricular é voltada para as atividades operacionais de instalação, manutenção, acompanhamento e execução e, assim sendo, as atividades de integração Teoria/Prática de vinculação do estudante ao mundo do trabalho proporcionam esse tipo de experiência a ele. Por outro lado, no CBEE, por ser de formação superior, o futuro profissional desenvolve uma visão holística da sua área de formação e, portanto, as atividades que o inserem ao mundo do trabalho são voltadas à prática da modelagem, do gerenciamento de equipe, da produção de projetos de pequeno a grande porte e suas execuções, preparando-o para analisar e dar soluções de acordo com as realidades que lhe serão apresentadas.

Diante do exposto, pode-se concluir que, no que se refere às atividades de integração Teoria/Prática haverá diferenças significativas no profissional com formação do CTNME e do profissional com formação do CBEE. Essa afirmativa não está embasada apenas na comparação das cargas horárias,

já que são praticamente as mesmas, mas sim no tipo de experiência prática que toda a formação teórica irá proporcionar aos estudantes. Ou seja, bases teóricas sólidas e ricas de conceitos levarão o estudante a desenvolver os conhecimentos da prática com mais segurança, possibilitando até uma atuação mais eficaz na tomada de decisões no "mundo real".

7. Estudos de Caso

Neste capítulo são apresentados dois estudos de caso, simulando a aplicação dos conhecimentos do profissional com formação no CBEE, comparando com as soluções administradas pelos profissionais com formação no CTNME.

Os estudos de caso foram construídos a partir de situações reais e cotidianas, e que são altamente demandadas pelos setores comerciais e industriais.

O primeiro estudo de caso apresenta uma análise do dimensionamento de um dispositivo de proteção contra sobrecorrente para um circuito de serviço auxiliar, conectado no Quadro Geral de Proteção de um transformador com dimensionamento do disjuntor do circuito auxiliar realizado por profissional com formação no CTNME e com a mesma situação, porém dimensionada por profissionais com formação no CBEE.

O segundo estudo de caso exibe a correção de fator de potência calculada por profissionais com formação no CTNME, comparado ao dimensionamento realizado por profissionais com formação no CBEE.

Em ambos os estudos de caso, foram analisadas as ferramentas curriculares que os profissionais possuem para resolver a problemática colocada a partir das respectivas matrizes pedagógicas dos cursos.

7.1. Dimensionamento de Dispositivo de Proteção

Neste estudo de caso é feita uma análise do dimensionamento de um dispositivo de proteção contra sobrecorrente para um circuito de serviço auxiliar, conectado no Quadro Geral de Proteção de um transformador. Este estudo de caso compara quatro situações, conforme o Quadro 17.

Quadro 17 - Soluções dadas pelas diferentes formações profissionais para a mesma situação

TRANSFORMADOR	CTNME	CBEE
75 kVA	Situação 1	Situação 2
750 kVA	Situação 3	Situação 4

Fonte: Dos autores.

Situação 1)
Transformador trifásico de 75 kVA (13,8/0,22 kV); Disjuntor Geral a 50 metros de distância (0,05 km); Circuito Auxiliar trifásico de 1 kVA (0,22 kV); Curto-circuito trifásico franco nos terminais de saída do disjuntor do circuito auxiliar. **Dimensionamento do disjuntor do circuito auxiliar realizado por um profissional com formação no CTNME.**

Situação 2)
Transformador trifásico de 75 kVA (13,8/0,22 kV); Disjuntor Geral a 50 metros de distância (0,05 km); Circuito Auxiliar trifásico de 1 kVA (0,22 kV); Curto-circuito trifásico franco nos terminais de saída do disjuntor do circuito auxiliar. Dimensionamento do disjuntor do circuito auxiliar realizado por um profissional com formação no CBEE.

Situação 3) Transformador trifásico de 750 kVA (13,8/0,22 kV); Disjuntor Geral a 50 metros de distância (0,05 km); Circuito Auxiliar trifásico de 1 kVA (0,22 kV); Curto-circuito trifásico franco nos terminais de saída do disjuntor do circuito auxiliar. Dimensionamento do disjuntor do circuito auxiliar realizado por um profissional com formação no CTNME.

Situação 4)
Transformador trifásico de 750 kVA (13,8/0,22 kV); Disjuntor Geral a 50 metros de distância (0,05 km); Circuito Auxiliar trifásico de 1 kVA (0,22 kV); Curto-circuito trifásico franco nos terminais de saída do disjuntor do circuito auxiliar. **Dimensionamento do disjuntor do circuito auxiliar realizado por um profissional com formação no CBEE.**

Considerações Iniciais:

1. Em ambos os casos, tanto o transformador de 75 kVA quanto o transformador de 750 kVA estão instalados a 50 metros (0,05 km) de distância da cabine primária.
2. Em ambos os casos, o método de instalação da linha elétrica, assim como a tecnologia dos respectivos cabos são idênticos, ou seja: os condutores elétricos estão arranjados em trifólio; são de isolação de EPR-90; material condutor de cobre; método de instalação "F", conforme a NBR 5410.
3. Para os condutores secundários do transformador de 750 kVA foram considerados três condutores paralelos para cada fase, situação normalmente utilizada por questões práticas. A impedância equivalente foi calculada considerando a impedância equivalente dos três condutores em paralelo.
4. Considera-se que existe, na cabine primária, um quadro geral de proteção (QGP) contendo um disjuntor geral para proteção do circuito principal, com a capacidade nominal do respectivo transformador em análise.
5. Considera-se que existe no QGP, junto ao barramento do circuito principal, um disjuntor termomagnético que protege um circuito de serviços auxiliares da cabine primária.
6. O circuito de serviço auxiliar é o mesmo, em ambos os casos, ou seja: circuito trifásico; carga nominal de 1 kVA; corrente nominal de aproximadamente 3A; protegidos por um minidisjuntor padrão DIN; tripolar; capacidade nominal de 6 A; capacidade de abertura em curto-circuito de 5 kA para a faixa de 230 Vca.
7. O circuito de serviço auxiliar pode ser utilizado para alimentar um número limitado de pontos de iluminação e tomada dentro da cabine primária.
8. Para as situações em que a análise é realizada pelo método do profissional com formação no CBEE (2 e 4), foram considerados: cálculo de curto-circuito trifásico; análise fasorial do circuito elétrico equivalente, em condição de curto-circuito, no regime permanente (enquanto o curto-circuito não é eliminado).

Equações Utilizadas:

$$S_{curto\text{-}circuito} = \frac{S_{trafo}}{Z\ (\%)} \qquad \text{[Eq. 5]}$$

$$I_{curto\text{-}circuito} = \frac{I_{nominal}}{Z(\%)} \qquad \text{[Eq. 6]}$$

$$Z_{transformador} = \frac{(V_{secundário})^2\ (V)}{S\ (kVA)} \cdot \frac{Z\ (\%)}{100\ (\%)} \qquad \text{[Eq. 7]}$$

$$\dot{I}_{cc3f} = \frac{\dot{E}}{\dot{Z}_{transformador} + \dot{Z}_{condutores} + \dot{Z}_{curto}} \qquad \text{[Eq. 8]}$$

Situação 1

Dados do Transformador:

Potência: 75 kVA

Tensão secundária: 0,22 kV (220 V)

Corrente secundária: 196,8 A

Condutores até o Disjuntor Geral (Tabela 39 da NBR 5410 – Método F):

Método: F - cabos unipolares justapostos (em trifólio) ao ar livre

Comprimento: 50 m

Seção: 50 mm²

Condutor: Cobre

Isolação: EPR-90

Disjuntor Geral

Corrente Nominal (In): 200-250 A

Capacidade de Ruptura (Icu): 10 kA (p/ 380 Vca)

Polos: 3

Circuito de Serviço Auxiliar (conectado no Quadro Geral)

Potência: 1 kVA

Tensão secundária: 0,22 kV (220 V)

Corrente secundária: 3 A

Disjuntor Serviço Auxiliar

Corrente Nominal (In): 6 A

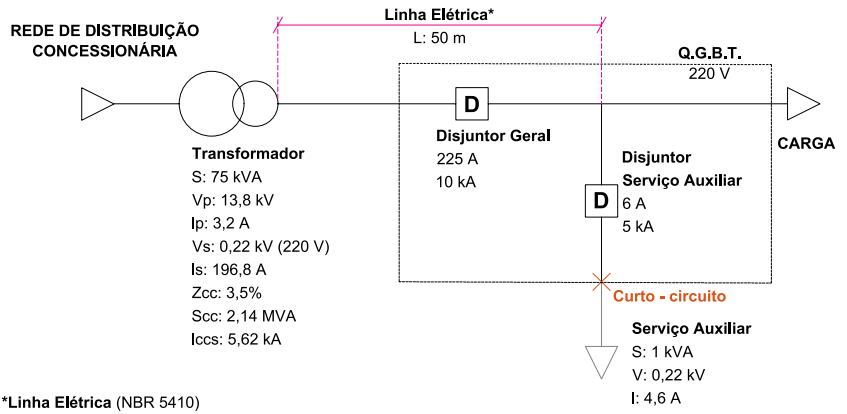
Capacidade de Ruptura (Icu): 5 kA (p/ 230 Vca)

Polos: 3

Situação 2

Cálculo da potência e corrente de curto-circuito nos terminais secundários do transformador de 75 kVA. A Figura 4 apresenta o esquema simplificado da cabine analisada.

Figura 4 - Esquema unifiliar do arranjo com Transformador de 75 kVA



***Linha Elétrica** (NBR 5410)
Método F - Cabos unipolares justapostos (em trifólio) ao ar livre
Comprimento (l): 50 m (0,05 km)
Seção: 50 mm²
Condutor: cobre
Isolação: EPR/XLPE (90°C)
Resistência à 70°C (r): 0,463 Ω/km
Reatância em trifólio (xL): 0,1081 Ω/km

Fonte: Dos autores.

Dados do Transformador:

Potência: 75 kVA

Tensão primária: 13,8 kV

Corrente primária: 3,2 A

Tensão secundária: 0,22 kV (220 V)

Corrente secundária: 196,8 A

Impedância: 3,5%

$$S_{curto\text{-}circuito} = \frac{S_{trafo}}{Z\ (\%)} = \frac{75\ (kVA)}{3{,}5\ (\%)} = 2.142{,}86\ (kVA)$$

$$I_{curto\text{-}circuito} = \frac{I_{nominal}}{Z\ (\%)} = \frac{196{,}8\ (A)}{3{,}5\ (\%)} = 5.622{,}86\ (A)$$

Potência de curto-circuito: 2,14 MVA
Corrente de curto-circuito secundário: 5,62 kA

Cálculo do curto-circuito franco nos terminais de saída do disjuntor do circuito de serviço auxiliar e verificação de capacidade de interrupção do dispositivo especificado em condição de curto-circuito.

Condutores até o Disjuntor Geral (Tabela 39 da NBR 5410 – Método F):

Método: F - cabos unipolares justapostos (em trifólio) ao ar livre
Comprimento: 50 m (0,05 km)
Seção: 50 mm²
Condutor: Cobre
Isolação: EPR-90
Resistência a 70°C (r): 0,463 Ω/km
Reatância (trifólio) (x_L): 0,1081 Ω/km

Cálculo das Impedâncias do transformador e dos condutores (na baixa tensão).

Impedância do transformador de 75 kVA

$$Z_{transformador} = \frac{(V_{secundário})^2\ (V)}{S\ (kVA)} \cdot \frac{Z(\%)}{100(\%)} = \frac{(220)^2\ (V)}{75\ (kVA)} \cdot \frac{3{,}5(\%)}{100(\%)}$$

$$Z_{transformador} = + j0{,}0226\ [\Omega]$$

Impedância dos condutores

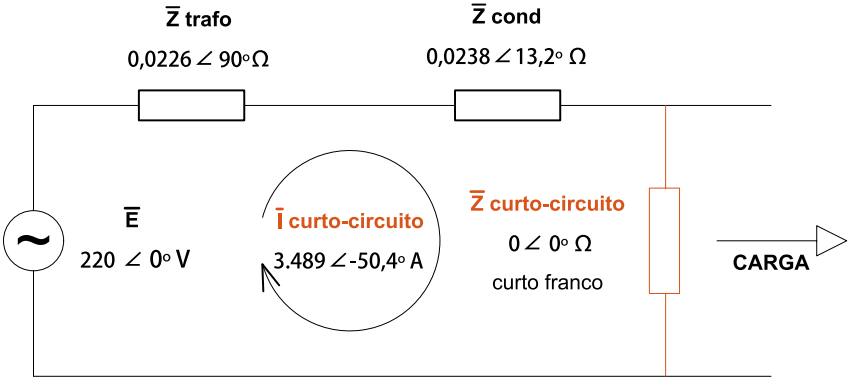
$$Z_{condutores\ (70°C\text{-}50\ metros)} = 0{,}4630 + j0{,}1081\ [\Omega/km]$$

$$Z_{condutores\ (70°C\text{-}50\ metros)} = 0{,}0232 + j0{,}0054\ [\Omega] = 0{,}0238\ \angle\ 13{,}2°\ [\Omega]$$

Observação: como o Disjuntor do circuito de Serviço Auxiliar encontra-se no mesmo quadro do Disjuntor Geral, desconsidera-se a impedância do barramento, devido à sua contribuição desprezível ao circuito.

Cálculo da corrente de curto-circuito trifásico franco (franco: sem impedância) nos terminais de saída do Disjuntor do circuito de Serviço Auxiliar, conforme circuito equivalente representado na Figura 5.

Figura 5 – Circuito monofilar equivalente para o caso com transformador de 75 kVA



Fonte: Dos autores.

Cálculo da Corrente de Curto-Circuito Trifásica

$$\dot{I}_{cc3f} = \frac{\dot{E}}{\dot{Z}_{transformador} + \dot{Z}_{condutores} + \dot{Z}_{curto}}$$

$$\dot{I}_{cc3f} = \frac{127 \angle 0°}{0{,}0226 \angle 90° + 0{,}0238 \angle 13{,}2° + 0 \angle 0°}$$

$$\dot{I}_{cc3f} = \frac{127 + j0}{(0 + j0{,}0226) + (0{,}0232 + j0{,}0054) + (0 + j0)}$$

$$\dot{I}_{cc3f} = \frac{127+j0}{(0{,}0232+j0{,}028)} = \frac{127 \angle 0°}{(0{,}0232+j0{,}028)} = \frac{127 \angle 0°}{(0{,}0364 \angle 50{,}36°)}$$

$$\dot{I}_{cc3f} = 3.489 \angle -50{,}4° \text{ [A]} \approx 3{,}5 \text{ [kA]}$$

Considerações finais das Situações 1 e 2

Para calcular e especificar o disjuntor do circuito de Serviço Auxiliar, considerando um transformador de 75 kVA, observa-se que o método de especificação do profissional com formação no CTNME é suficiente. O cálculo realizado por um profissional com formação no CBEE comprova que o nível de curto-circuito nos terminais de saída do referido disjuntor é menor que sua capacidade de interrupção (Icc3f < Icu → 3,5 kA < 5 kA), não provocando danos no dispositivo quando ocorre a falta.

Situação 3

Dados do Transformador:

Potência: 750 kVA
Tensão secundária: 0,22 kV (220 V)
Corrente secundária: 1.968 A

Condutores até o Disjuntor Geral (Tabela 39 da NBR 5410 – Método F):

Método: F - cabos unipolares justapostos (em trifólio) ao ar livre
Comprimento: 50 m
Seção: 3x300 mm²
Condutor: Cobre
Isolação: EPR-90

Disjuntor Geral

Corrente Nominal (In): 2.000 A
Capacidade de Ruptura (Icu): 50 kA (p/ 230 Vca)
Polos: 3

Circuito de Serviço Auxiliar (conectado no Quadro Geral)

Potência: 1 kVA
Tensão secundária: 0,22 kV (220 V)
Corrente secundária: 3 A

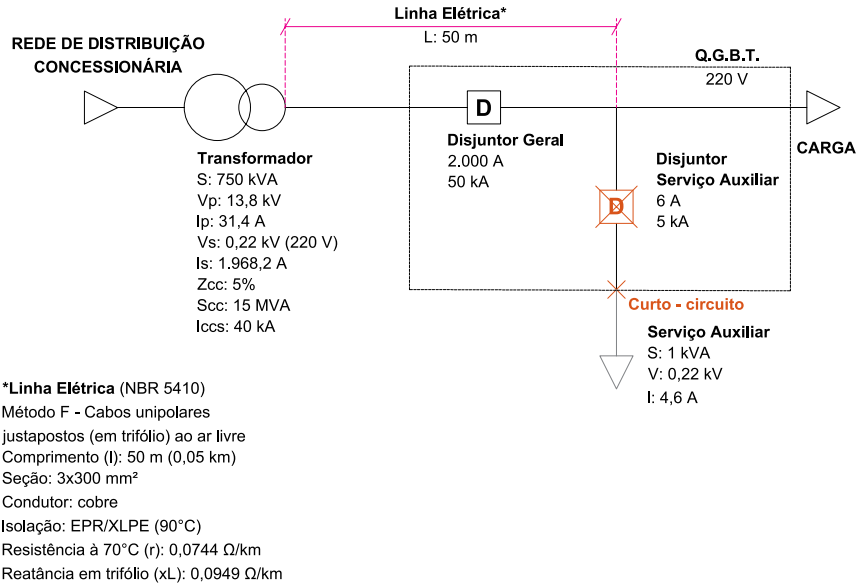
Disjuntor Serviço Auxiliar

Corrente Nominal (In): 6 A
Capacidade de Ruptura (Icu): 5 kA (p/ 230 Vca)
Polos: 3

Situação 4

Cálculo da potência e corrente de curto-circuito nos terminais secundários do transformador de 750 kVA. A Figura 6 apresenta o esquema simplificado da cabine analisada.

Figura 6 - Esquema unifiliar do arranjo com Transformador de 750 kVA



Fonte: Dos autores.

Dados do Transformador:

Potência: 750 kVA
Tensão primária: 13,8 kV
Corrente primária: 31,4 A
Tensão secundária: 0,22 kV (220 V)
Corrente secundária: 1.968,2 A
Impedância: 5%

$$S_{curto\text{-}circuito} = \frac{S_{trafo}}{Z(\%)} = \frac{750\ (kVA)}{5\ (\%)} = 15.000\ (kVA)$$

$$I_{curto\text{-}circuito} = \frac{I_{nominal}}{Z(\%)} = \frac{1.968,1\ (A)}{5\ (\%)} = 39.362\ (A)$$

Potência de curto-circuito: 15 MVA
Corrente de curto-circuito secundário: 40 kA

Cálculo do curto-circuito franco nos terminais de saída do disjuntor do circuito de serviço auxiliar e verificação de capacidade de interrupção do dispositivo especificado em condição de curto-circuito.

Condutores até o Disjuntor Geral (Tabela 39 da NBR 5410 – Método F):

Método: F - cabos unipolares justapostos (em trifólio) ao ar livre
Comprimento: 50 m (0,05 km)
Seção: 3x300 mm²
Condutor: Cobre
Isolação: EPR-90
Resistência a 70°C (r): 0,0744 Ω/km
Reatância (trifólio) (x_L): 0,0949 Ω/km

Cálculo das Impedâncias do transformador e dos condutores (na baixa tensão).

Impedância do transformador de 750 kVA

$$Z_{transformador} = \frac{(V_{secundário})2\ (V)}{S\ (kVA)} \cdot \frac{Z(\%)}{100(\%)} = \frac{(220)2\ (V)}{750\ (kVA)} \cdot \frac{5(\%)}{100(\%)}$$

$$Z_{transformador} = + j0{,}0027\ [\Omega]$$

Impedância dos condutores

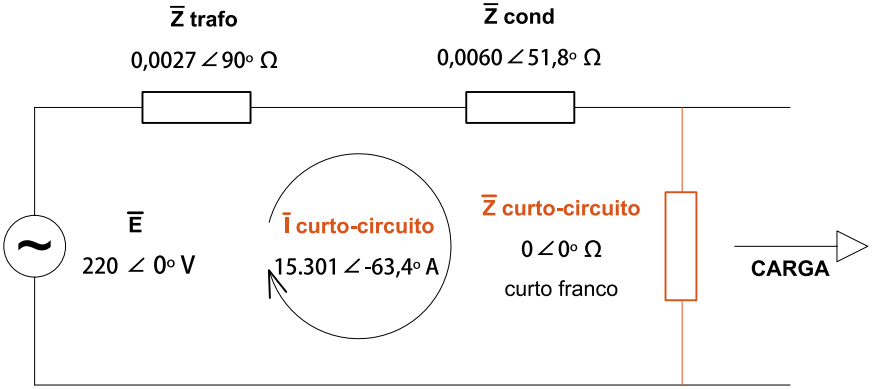
$$Z_{condutores\ (70°C\text{-}50\ metros)} = 0{,}0744 + j0{,}0949\ [\Omega/km]$$

$$Z_{condutores\ (70°C\text{-}50\ metros)} = 0{,}0037 + j0{,}0047\ [\Omega] = 0{,}0060 \angle 51{,}8°\ [\Omega]$$

Observação: como o Disjuntor do circuito de Serviço Auxiliar encontra-se no mesmo quadro do Disjuntor Geral, desconsidera-se a impedância do barramento, devido à sua contribuição desprezível ao circuito.

Cálculo da corrente de curto-circuito trifásico franco (franco: sem impedância) nos terminais de saída do Disjuntor do circuito de Serviço Auxiliar, conforme circuito equivalente representado na Figura 7.

Figura 7 - Circuito monofilar equivalente para o caso com transformador de 750 kVA



Fonte: Dos autores.

Cálculo da Corrente de Curto-Circuito Trifásica

$$\dot{I}_{cc3f} = \frac{\dot{E}}{\dot{Z}_{transformador} + \dot{Z}_{condutores} + \dot{Z}_{curto}}$$

$$\dot{I}_{cc3f} = \frac{127 \angle 0°}{0{,}0027 \angle 90° + 0{,}0060 \angle\ 51{,}8° + 0 \angle 0°}$$

$$\dot{I}_{cc3f} = \frac{127 + j0}{(0 + j0{,}0027) + (0{,}0037 + j0{,}0047) + (0 + j0)}$$

$$\dot{I}_{cc3f} = \frac{127 + j0}{(0{,}0037 + j0{,}0074)} = \frac{127 \angle 0°}{(0{,}0037 + j0{,}0074)} = \frac{127 \angle 0°}{(0{,}0083 \angle 63{,}4°)}$$

$$\dot{I}_{cc3f} = 15.301{,}2 \angle -63{,}4° \text{ [A]} \approx 15{,}3 \text{ [kA]}$$

Considerações finais das Situações 3 e 4

Para calcular e especificar o disjuntor do circuito de Serviço Auxiliar, considerando um transformador de 750 kVA, observa-se que o método de

especificação do profissional com formação no CTNME não é suficiente. O cálculo realizado por um profissional com formação no CBEE comprova que o nível de curto-circuito nos terminais de saída do referido disjuntor é maior que sua capacidade de interrupção (Icc3f > Icu –> 5 kA), provocando danos no dispositivo quando ocorre a falta (o disjuntor explodirá OU os contatos do disjuntor serão colados/fundidos, causando danos irreversíveis na instalação).

Avaliação do Estudo de Caso

1. Para o dimensionamento do disjuntor geral, em ambos os casos, foi realizado o cálculo da corrente nominal do transformador, no lado secundário (da baixa tensão) utilizando a equação da Lei de Ohm. Nesse caso, devido à magnitude da corrente elétrica, os disjuntores mais comercializados já possuem capacidade de interrupção de curto-circuito apropriada ao local onde serão instalados, por serem normalmente utilizados para proteção geral. Essa afirmação não é necessariamente válida para a proteção de circuitos terminais, como foi constatado no dimensionamento da proteção do circuito auxiliar.
2. Para a Situação 1, em que o profissional com formação no CTNME dimensiona o disjuntor termomagnético que fará a proteção do circuito de serviço auxiliar de uma cabine primária, onde a fonte de alimentação é um transformador de 75 kVA, verificou-se que, mesmo utilizando das ferramentas de cálculo que o CTNME oferece (lei de ohm utilizando apenas a aritmética, ou seja, operações matemáticas elementares), não houve problemas na especificação do disjuntor quanto à capacidade de abertura em curto-circuito, haja vista que a magnitude da corrente de curto-circuito, alimentada pelo transformador, é de pequena magnitude, de forma tal que os disjuntores mais básicos, ou melhor, mais fáceis de serem encontrados no mercado, atendem. A Figura 8 mostra um disjuntor especificado que atende à necessidade de forma apropriada.

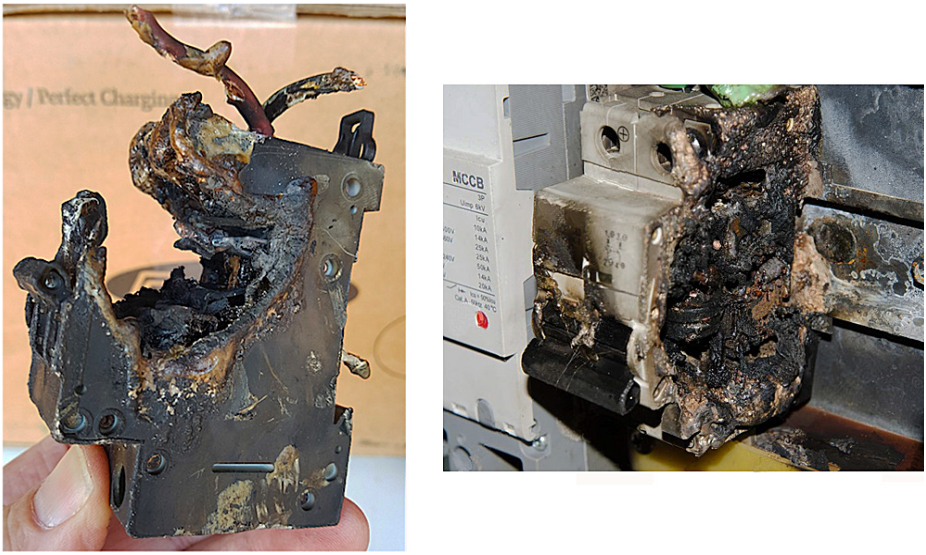
Figura 8 - Exemplo de minidisjuntor que atende NBR NM 60898

Fonte: Cortesia ABB.

3. Para a Situação 2, o profissional com formação no CBEE calcula previamente o nível de curto-circuito no ponto de instalação do disjuntor que fará a proteção do circuito de serviço auxiliar, utilizando de ferramentas matemáticas avançadas, como o cálculo complexo, a análise fasorial (nos planos cartesiano e polar) e o cálculo da corrente de curto-circuito observando o circuito elétrico equivalente do sistema. Nessa situação o profissional com formação no CBEE irá especificar o mesmo equipamento de proteção que o profissional com formação CTNME. O disjuntor utilizado na Situação 1 é o mesmo utilizado na Situação 2.
4. Para a Situação 3, verifica-se que o profissional com formação no CTNME, ao utilizar das ferramentas matemáticas que adquiriu ao longo de sua formação no CTNME, dimensiona o disjuntor de proteção do circuito de serviço auxiliar da mesma forma, seja o transformador de 75 kVA ou de 750 kVA, desconsiderando a importante variável "nível de curto-circuito" no ponto de instalação do disjuntor. O resultado do dimensionamento do disjuntor do circuito auxiliar situado no QGP, para o transformador de 750 kVA utilizando desse método, resulta em um dimensionamento equivocado, haja vista que o nível de curto-circuito é muito maior que a capacidade de abertura do disjuntor, levando à destruição do equipamento de proteção e a danos tanto ao circuito de ser-

viço auxiliar quanto ao circuito que alimenta o curto. A Figura 9 apresenta duas figuras de disjuntores danificados. Um dos motivos que pode causar esse tipo de dano, que também pode ser fonte de incêndio, é o subdimensionamento da capacidade de abertura em condições de curto-circuito compatíveis com a instalação.

Figura 9 - Exemplo de disjuntor danificado



Fonte: (SHUTTERSTOCK, 2019).

5. Para a Situação 4, o profissional com formação no CBEE utiliza das ferramentas de análise matemática que desenvolveu no curso e identifica que o nível de curto-circuito no QGP é de aproximadamente 15,3 kA, ou seja, três vezes superior à capacidade de abertura do disjuntor utilizado no caso de quando alimentado pelo transformador de 75 kVA. Ao identificar essa situação, o profissional com formação no CBEE irá analisar a melhor alternativa técnica e econômica para atender com confiança à especificidade que o sistema exige, podendo ser a instalação de um disjuntor coordenado com os condutores do circuito de serviço auxiliar, que possua capacidade de abertura de curto-circuito superior a 15 kA. Na Figura 10 está apresentada uma possibilidade de solução,

em que o profissional com formação no CBEE poderá aplicar um disjuntor modelo caixa moldada com capacidade de abertura em curto-circuito de até 25 kA para tensão de até 240 Vca.

Figura 10 - Exemplo de disjuntor modelo caixa moldada que atende à NBR IEC 60947-7-2

Fonte: Cortesia ABB.

6. Adicionalmente, o profissional com formação no CBEE tem a capacidade técnica, não explorada neste estudo de caso, de analisar a contribuição de alimentação de curto-circuito que outras fontes podem oferecer, tais como bancos de capacitores e motores da instalação em análise. Ou, ainda, pode sugerir o uso de alternativas técnicas, como o uso de transformador auxiliar, protegido por fusível, a fim de reduzir o nível de curto-circuito. As possibilidades não se esgotam para esse profissional provido de um maior rol de ferramentas de análise.
7. Resta claro que o profissional com formação no CTNME tem restrições de atuação quanto ao limite de potência da instalação, não dispondo de ferramentas de análise básicas que os profissionais com formação no CBEE dispõem, podendo colocar em risco a integridade das instalações, bem como a vida de pessoas (incluindo

a própria) e animais. Não é plausível tecnicamente a responsabilização técnica e a atuação dos profissionais com formação no CTNME em instalações de até 800 kVA, e, acima de 75 kVA possuem dificuldades de cunho formativo para atender às necessidades técnicas exigidas.

7.2. Correção do Fator de Potência em Redes com Distorções Harmônicas

A correção do fator de potência é um procedimento essencial para que o consumidor de energia elétrica não seja faturado por extrapolar o valor de referencial dessa grandeza (f_R) . Sobretudo, em instalações pertencentes ao grupo A, geralmente formado por consumidores industriais e comerciais, atendidos por tensão igual ou superior a 2,3 kV (ANEEL. n.º 414/2010).

Esse procedimento é apresentado no CTNME e no CBEE, porém com significativa profundidade no segundo, de maneira que na formação superior seja exibida uma série de ferramentas para tratar as diversas possibilidades de correções de fator de potência.

Este estudo de caso demonstra a diferença entre as soluções dadas pelos conhecimentos apresentados por profissionais com formação no CBEE e por aquelas com formação provenientes do CTNME.

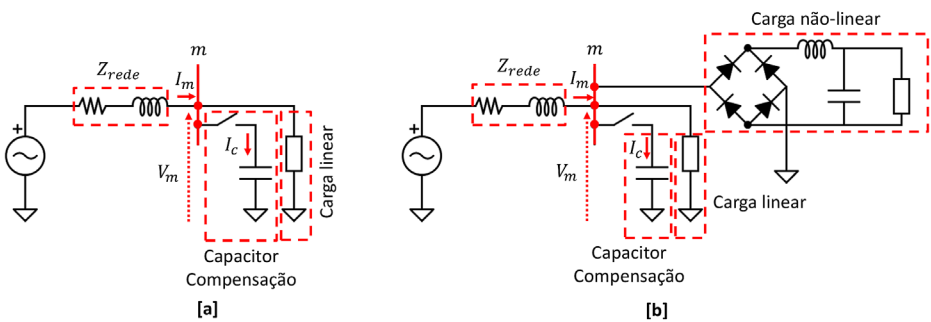
Para tal, nesta seção são apresentadas duas situações em que a correção do fator de potência deve ser realizada. As duas situações foram modeladas e estão representadas pelos circuitos da Figura 11 em forma de casos. Por motivos de comparação, os dois casos possuem características semelhantes de fator de potência (fp), potência ativa (P) e aparente (S), mas o que difere os dois casos é justamente o tipo de carga conectada. No Caso 1 é usada uma carga linear e no Caso 2 uma carga não linear. A seguir apresenta-se uma breve caracterização dos casos:

- Caso 1:
  - composto por uma carga linear, que apresenta corrente senoidal. Ex.: motores elétricos;
  - um banco de capacitores é calculado para a correção do fator de potência e inserido em paralelo com a carga;

- duas simulações são realizadas, a primeira antes da inserção do capacitor (Caso 1 – Base com carga linear) e a segunda depois da inserção do capacitor (Caso 1 - Compensado com Capacitor);
- neste caso os conhecimentos de ambas as formações foram suficientes para resolver a situação problema de maneira satisfatória.

- Caso 2:
  - composto por uma carga não linear, que apresenta corrente distorcida. Ex.: conversores de frequência para acionamento de motores (*inversor*);
  - um banco de capacitores é calculado para a correção do fator de potência e os resultados estão analisados;
  - um filtro é calculado para a correção do fator de potência, como alternativa à correção realizada por meio de capacitores. Essa estratégia é contemplada pelos conhecimentos desenvolvidos no CBEE e não contemplada pela estrutura curricular pedagógica do Curso Técnico de Nível Médio em Eletrotécnica - CTNME.
  - três simulações são realizadas, a primeira sem inserção de compensação (Caso 2 – Base com carga não-linear), e outras duas contemplando as alternativas de compensação (Caso 2 - Compensado com Capacitor e Caso 2 - Compensado com Filtro).

Figura 11 - Sistema utilizado no caso 1[a] e no caso 2[b]



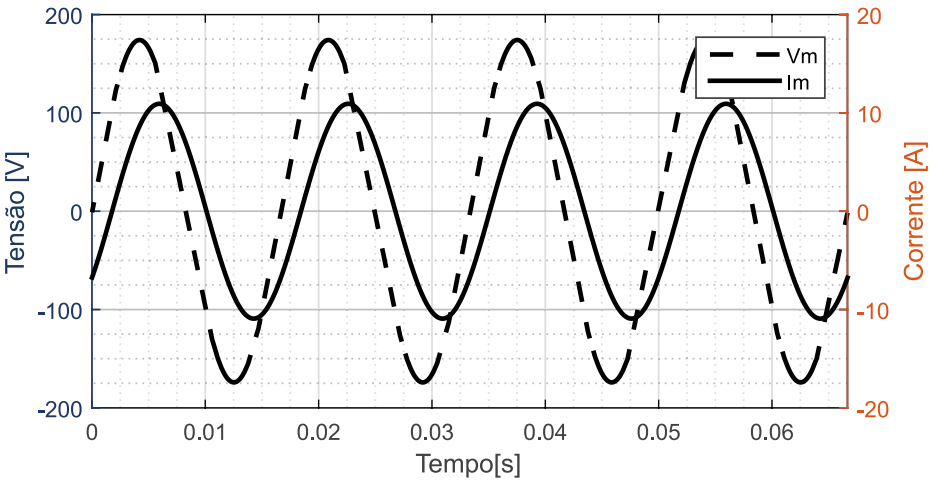
Fonte: Dos autores.

O ponto de medição (m) está representado pelo barramento e nele são medidas a tensão (V_m) e a corrente (I_m).

Caso 1 – Compensação em sistema com carga linear

No caso 1[a], representado na Figura 11 [a], obtêm-se a tensão e a corrente (V_m e I_m, respectivamente) não distorcidas, devido à característica da carga que pode ser vista pela forma de onda na Figura 12.

Figura 12 - Formas de V_m e I_m no sistema antes do procedimento de compensação



Fonte: Dos autores.

Com o intuito de efetuar a compensação do reativo para não violar o limite do fator de potência de referência $f_R = 0{,}92$, conforme a normativa da Aneel n.º 414/2010, um banco de capacitores deverá ser inserido na instalação. Para obter o valor da capacitância, primeiramente deve-se calcular o valor da potência reativa (Q_m) medida no ponto , conforme a Equação 9:

$$Q_m = \sqrt{S^2 - P^2} = 582,14 \text{ VAr} \qquad \text{[Eq. 9]}$$

Com a compensação, deseja-se obter o fator de potência de 0,92 ou maior. Portanto, é calculado o valor de referência $Q_{ref} = 319{,}64\ VAr$, este é o valor máximo que a componente reativa pode ter para que a compensação atinja seu objetivo. Sendo assim, a Equação 10 apresenta a mínima potência reativa que deve ser disponibilizada pelo banco de capacitores para correção (Q_c):

$$Q_c = Q_m - Q_{ref} = 262,50 \text{ VAr} \quad \text{[Eq. 10]}$$

Levando-se em consideração a tensão no barramento de medição (V_m) é possível obter o valor da capacitância para correção do fator de potência aplicando a Equação 11:

$$C = \frac{Q_c}{2\pi f V_m^2} \quad \text{[Eq. 11]}$$

onde: f é a frequência da rede, neste caso 60 Hz.

Logo, tem-se que a capacitância necessária para a correção do fator de potência de 0,79 para 0,92 é de 46 μF. Em um caso real, deve-se buscar um banco de capacitores com capacitância equivalente igual ou imediatamente superior ao valor calculado. Entretanto, nesse caso utilizou-se o valor calculado na simulação para manter fidelidade à exatidão de cálculo em todo o procedimento.

Com a inserção do banco de capacitores o sistema passa a ter as características apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores das grandezas de potência, fator de potência, corrente e tensão antes e depois da compensação

	Caso 1 – Base com carga linear	Caso 1 - Compensado com capacitor
P[*W*]	750,34	761,00
S[*VA*]	949,68	827,12
fp	0,79	0,92
V_m [*rms*]	123,00	123,86
I_m [*rms*]	7,72	6,68
I_c [*rms*]	-	2,15
I_{cp} [*pico*]	-	3,04

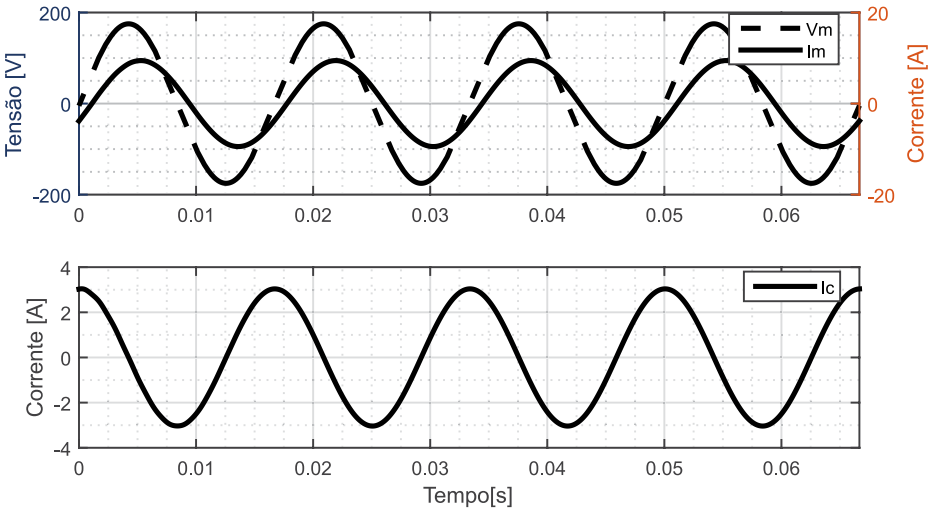
Fonte: Dos autores.

Verifica-se na Tabela 1 que o objetivo de elevar o fator de potência é cumprido e tem-se valores de corrente de pico circulando pelo capacitor (I_{cp}) equivalente a $\sqrt{2} \cdot I_c$, visto que se trata de uma carga linear. A

potência ativa P se elevou devido à variação de V_m , uma vez que o caso apresentado leva em consideração a existência de uma impedância de rede (Z_{rede}) . Dessa forma, com a compensação efetuada, a queda de tensão na impedância é reduzida.

Na Figura 13 verificam-se as tensões e correntes após a compensação. Sendo todas lineares, e sem observar qualquer distorção.

Figura 13 - Formas de onda de tensão e correntes medidas no sistema depois da compensação

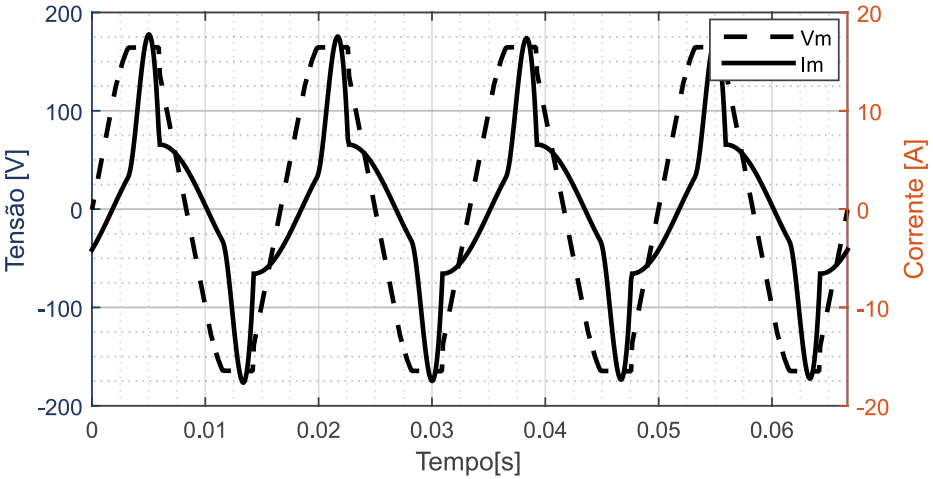


Fonte: Dos autores.

Caso 2 – Compensação em sistema com carga não linear

Nesse caso, para a representação da carga não linear, utilizou-se um retificador monofásico com filtro capacitivo e indutor de alisamento, circuito frequentemente utilizado em eletrodomésticos rotulados e comercializados como *inverter*. Essa topologia pode ser encontrada em condicionadores de ar, geladeiras, máquinas de lavar e lâmpadas LED. Na indústria, tem-se parte considerável de conversores de frequência com essa mesma configuração de entrada de alimentação, sendo então um perfil de carga frequentemente encontrado no ambiente industrial. A Figura 14 apresenta as formas de onda nessa situação.

Figura 14 - Formas de onda de tensão e correntes medidas no sistema antes da compensação com carga não linear



Fonte: Dos autores.

As distorções encontradas nas formas de onda de tensão e corrente podem ser quantificadas por meio da decomposição em ordens harmônicas. Esse procedimento é aplicado utilizando a ferramenta matemática "Série de Fourier", que está representada pela Equação 12:

$$T(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[a_n \cdot cos\left(\frac{n\pi t}{L}\right) + b_n \cdot sin\left(\frac{n\pi t}{L}\right) \right] \quad \text{[Eq. 12]}$$

Os coeficientes são obtidos pelas Equações 13, 14 e 15, sendo $f(t)$ o sinal a ser representado pela Série de Fourier:

$$a_0 = \frac{1}{L} \int_c^{c+2L} f(t)dt \quad \text{[Eq. 13]}$$

$$a_n = \frac{1}{L} \int_c^{c+2L} f(t) \cdot cos\left(\frac{n\pi t}{L}\right) dt \quad \text{[Eq. 14]}$$

$$b_n = \frac{1}{L} \int_c^{c+2L} f(t) \cdot sin\left(\frac{n\pi t}{L}\right) dt \quad \text{[Eq. 15]}$$

Dessa forma, a soma de infinitos termos senoidais e cossenoidais periódicos com frequências múltiplas da fundamental resultam na forma de onda resultante, que hora fora decomposta por meio da série de Fourier, $T(t)$.

O conceito de DHT (Distorção Harmônica Total) é fundamental para a realização da análise da correção de fator de potência, na presença de formas de onda de tensão e corrente distorcidas. A DHT pode ser definida como a relação eficaz das componentes harmônicas de corrente e tensão que, conforme o módulo 8 do Prodist (2018), pode ser expressa pelas Equações 16 e 17:

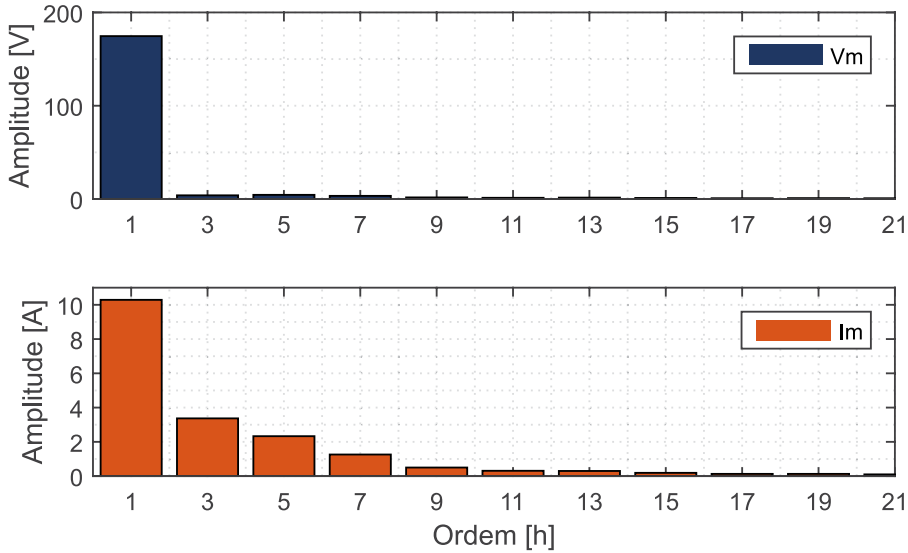
$$DHTi\% = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \cdot 100 \qquad \text{[Eq. 16]}$$

$$DHTv\% = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \cdot 100 \qquad \text{[Eq. 17]}$$

O Prodist, em seu módulo 8, seção 8.1, apresenta o conceito de DHT por meio da terminologia Distorção Harmônica Total de Tensão (DTT%), e apenas quantifica as distorções de tensão. Dessa forma, optou-se por utilizar a terminologia DHT%, que poderá se referir tanto à tensão, como à corrente.

A ferramenta matemática fundamental para trabalhar a correção de fator de potência na presença de formas de onda não senoidais, denominada "Série de Fourier", não é apresentada nos CTNME, devido à falta de componentes curriculares pré-requisitos, como: Integrais, Limites e Derivadas. Essas bases matemáticas são fundamentais para os cálculos e aplicação desses conceitos. A Figura 15 mostra o resultado da decomposição da tensão e corrente em Série de Fourier.

Figura 15 - Amplitude das ordens harmônicas de V_m e I_m com carga não linear e antes da compensação



Fonte: Dos autores

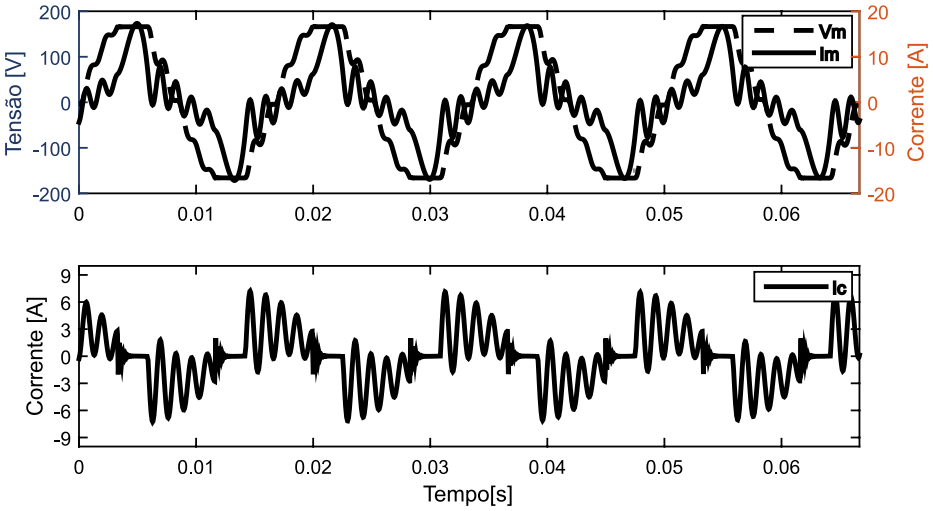
Solução apresentada em acordo com os conhecimentos do profissional com formação no CTNME (Compensação apenas com banco de capacitores).

Com os conceitos adquiridos no CTNME, a correção do fator de potência se daria de forma semelhante àquela apresentada no Caso 1. Aplicando as Equações 9, 10 e 11, determina-se um banco de capacitores com a capacitância $C = 42\mu F$.

Na simulação optou-se por inserir um capacitor igual ao usado no Caso 1, portanto $C = 46\mu F$ para motivos de comparação, o que em situações lineares apresentaria um fp maior que 0,92, satisfazendo o valor de referência.

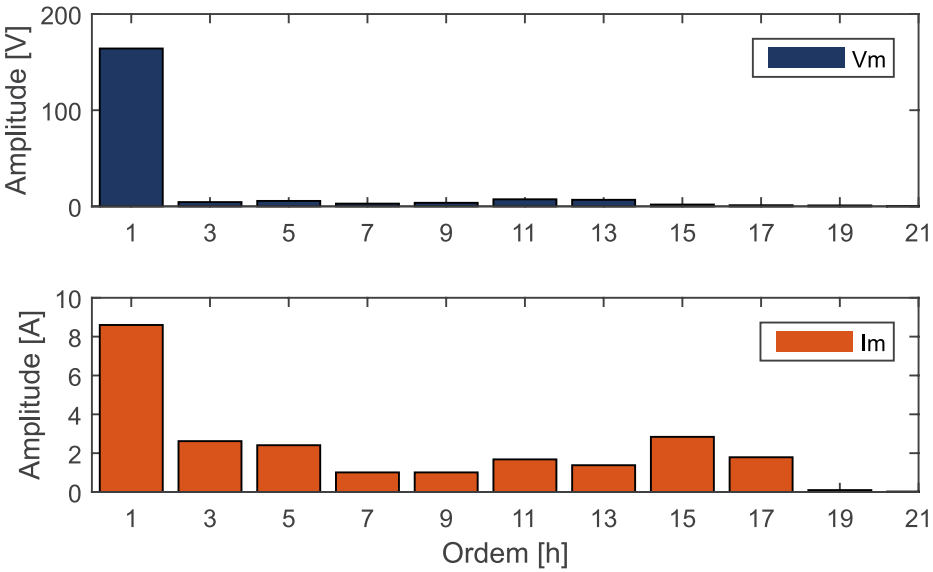
A Figura 16 apresenta as formas de onda de tensão e corrente no ponto de medição após a compensação. O espectro harmônico da corrente e tensão no ponto de medição pode ser vista na Figura 17, evidenciando o aumento das componentes harmônicas de correntes. Observa-se particularmente a elevação na 11ª, 13ª, 15ª e 17ª ordem harmônica, que antes da compensação (Figura 15) possuíam valores significativamente menores.

Figura 16 - Formas de onda de V_m e I_m e do capacitor no sistema depois da compensação da carga não linear



Fonte: Dos autores.

Figura 17 - Amplitude das ordens harmônicas de V_m e I_m com carga não linear após compensação com banco de capacitores



Fonte: Dos autores.

Ao inserir o banco de capacitores para compensação, o fator de potência não foi corrigido para o valor de 0,92 conforme projetado, mas sim para 0,85. Além disso, o valor de distorção de tensão se eleva em 82% e a distorção na corrente também foi significativamente amplificada. A Tabela 2 mostra o comparativo dos dois casos.

Tabela 2 - Valores das grandezas de potência, fator de potência, corrente e tensão antes e depois da compensação em sistema com carga não linear

	Caso 2 – Base com Carga não linear	Caso 2 - Compensado com capacitor
P [W]	781,80	789,44
S [VA]	970,30	931,86
fp	0,80	0,85
V_m [rms]	123,41	124,55
V_m [DHT_v %]	4,48	8,16
I_m [rms]	7,86	7,44
I_m [DHT_i %]	41,98	56,61
I_c [rms]	-	2,91
I_{cp} [pico]	-	6,95

Fonte: Dos autores.

A corrente drenada pelo banco de capacitores apresentou elevação de 42% em termos de valor eficaz (RMS), em relação ao Caso 1, bem como uma elevação de 128% em seu valor de pico, atingindo 6,95 A. Essa elevação excede os valores limites apresentados pela recomendação da IEEE (IEEE Std. 18 2002), que disponibiliza os limites de suportabilidade de capacitores energizados em paralelo em sistemas elétricos e dispõem dos limites apresentados nas Equações 18 e 19:

- **Limite de corrente eficaz:**

$$\frac{I_{C(rms)}}{I_{C(In)}} \leq 1,8 \qquad \text{[Eq. 18]}$$

Onde:

$I_{C\,(rms)}$: corrente eficaz total no capacitor (fundamental + harmônicas)

$I_{C\,(In)}$: corrente fundamental nominal do capacitor.

- **Limite de corrente de pico:**

$$\frac{I_{C(pico)}}{\sqrt{2} \cdot I_{C(In)}} \leq 1,3 \qquad \text{[Eq. 19]}$$

Onde:

$I_{C\,(pico)}$: corrente pico total no capacitor (fundamental + harmônicas);

$I_{C\,(In)}$: corrente fundamental nominal do capacitor.

Como se trata de uma simulação, os valores de corrente utilizados foram os obtidos por meio desta. Porém, para fins de projetos, o valor da corrente circulante no capacitor deve ser calculado para seu dimensionamento. Com os conhecimentos do CTNME e desprezando a resistência série do banco, temos as Equações 20 e 21, demonstrando, respectivamente, os valores eficazes das correntes do capacitor projetado $I_{cp\,(rms)}$ e de pico $I_{cp\,(pico)}$:

$$I_{cp(rms)} = \frac{V_m}{X_c} = 2\pi f C V_m = 2,2\ A \qquad \text{[Eq. 20]}$$

$$I_{cp(pico)} = \sqrt{2} \cdot I_c = 3,11\ A \qquad \text{[Eq. 21]}$$

Logo, a corrente eficaz circulante no banco de capacitores, verificada nas simulações, é 72% maior em relação à projetada e a corrente de pico, 123%, esta última que caracteriza extrapolação do limite de corrente de pico, uma vez que o índice calculado por meio da Equação 19 é de 2,23, maior em 72% ao limite estabelecido que é de 1,3.

Dessa forma, verifica-se que a utilização dos métodos tradicionais de correção do fator de potência, em situações de cargas não lineares, pode não surtir o efeito desejado e, ainda, pode agravar as distorções no sistema. Além disso, as correntes circulantes pelo capacitor são incrementadas, contribuindo fortemente para seu sobreaquecimento e, em muitas situações, levando à explosão desse componente. Esse fenômeno é recorrente e inúmeros são os acidentes causados por distorções harmônicas envolvendo bancos de capacitores, conforme mencionado no Capítulo 6, item 6.6, Circuitos Elétricos.

A Figura 18 apresenta o aspecto típico de banco de capacitores queimado, que pode ter sido causado por diversos motivos, dentre os quais, a existência de circulação de correntes harmônicas.

Figura 18 - Banco de capacitores de baixa tensão danificado por harmônicos

Fonte: (JANITZA, 2021).

Para que o capacitor não ultrapasse os limites de suportabilidade da norma, deveria ser especificado para uma corrente nominal maior que 3,78A. A Equação 22 apresenta esse cálculo que foi obtido por meio da Equação 19.

$$\frac{6,95}{\sqrt{2} \cdot I_{c(In)}} \leq 1,3 \rightarrow I_{c(In)} \geq 3,78\ A \qquad \text{[Eq. 22]}$$

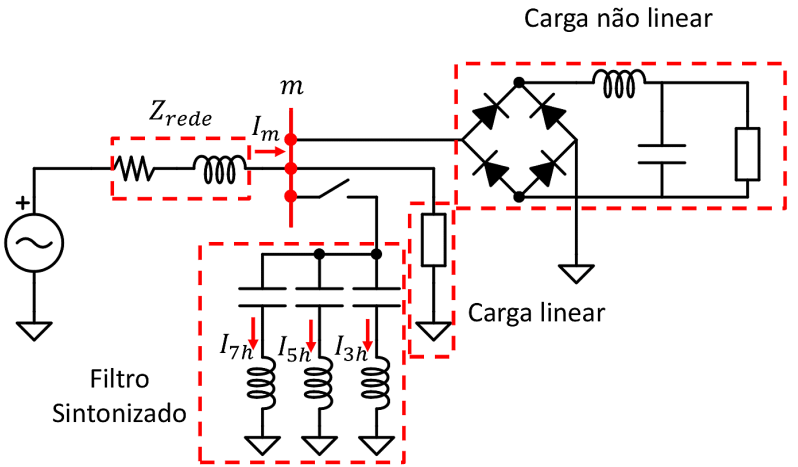
Solução apresentada pelos conhecimentos dos profissionais com formação no CBEE - (Compensação com filtro).

Com a base nos conhecimentos de cálculo construídos durante o CBEE, o profissional poderá apresentar a melhor opção para correção do

fator de potência, evitando acidentes e salvando vidas, que passa pelo dimensionamento de um filtro sintonizado e com compensação de reativos na componente fundamental.

Para o dimensionamento do filtro, toma-se o espectro harmônico apresentado na Figura 15, situação antes de qualquer compensação, e verifica-se um valor elevado dos harmônicos de 3ª, 5ª e 7ª ordem. Dessa forma, optou-se pelo cálculo de um filtro sintonizado nessas três ordens. A Figura 19 apresenta essa nova situação.

Figura 19 - Sistema utilizado projetado para compensação e filtragem



Fonte: Dos autores.

Existem diversas estratégias, inclusive a otimizada por meio de algoritmos iterativos para definir qual valor percentual da potência reativa será compensada em cada ramo do filtro (NASCIMENTO *et al.* 2007). Nesse caso, escolheu-se trabalhar com valores similares de corrente RMS em cada ramo do filtro. Escolheu-se também um fator de qualidade (Q) de 50, que levará em consideração as perdas nos componentes do filtro e será representado por meio de um resistor, conforme Pires (2010). Sendo assim, o filtro foi calculado para que cada ramo compensasse aproximadamente um terço da potência reativa necessária para correção. Por meio das equações 23, 24 e 25 são obtidos os valores do capacitor, indutor e resistor, respectivamente, que compõem o filtro sintonizado.

$$C = \frac{\mathrm{VAr}_{comp}}{120\pi \cdot V_m^2} \quad \text{[Eq. 23]}$$

$$L = \frac{1}{14400\pi^2 h^2 C} \quad \text{[Eq. 24]}$$

$$L = \frac{\sqrt{\frac{L}{C}}}{Q} \quad \text{[Eq. 25]}$$

Os parâmetros calculados estão dispostos na Tabela 3.

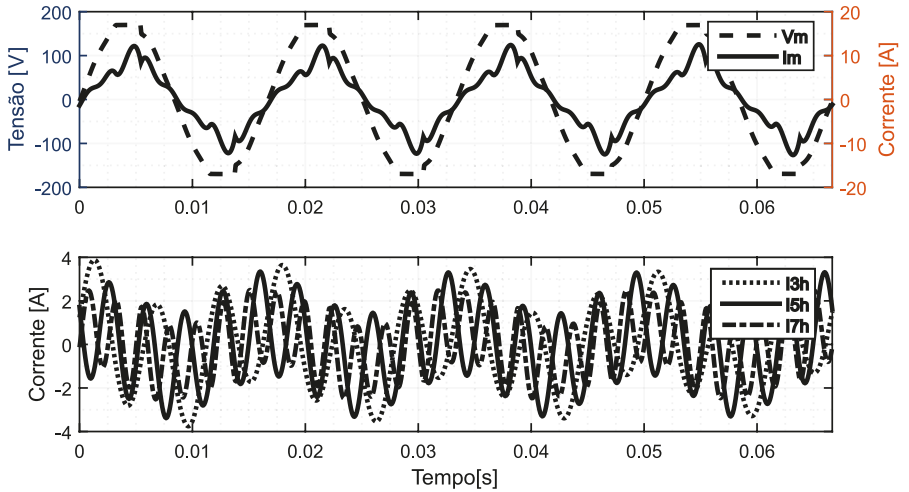
Tabela 3 - Valores do capacitor, indutor, resistor e compensação na frequência fundamental para o filtro projetado

	3ª Harmônico	5ª Harmônico	7ª Harmônico
R [Ω]	1,14	0,77	0,61
C [*μF*]	15,52	13,80	12,36
L [*mH*]	50,35	20,39	11,61
VAr na 1ªh	90	80	71,64

Fonte: Dos autores.

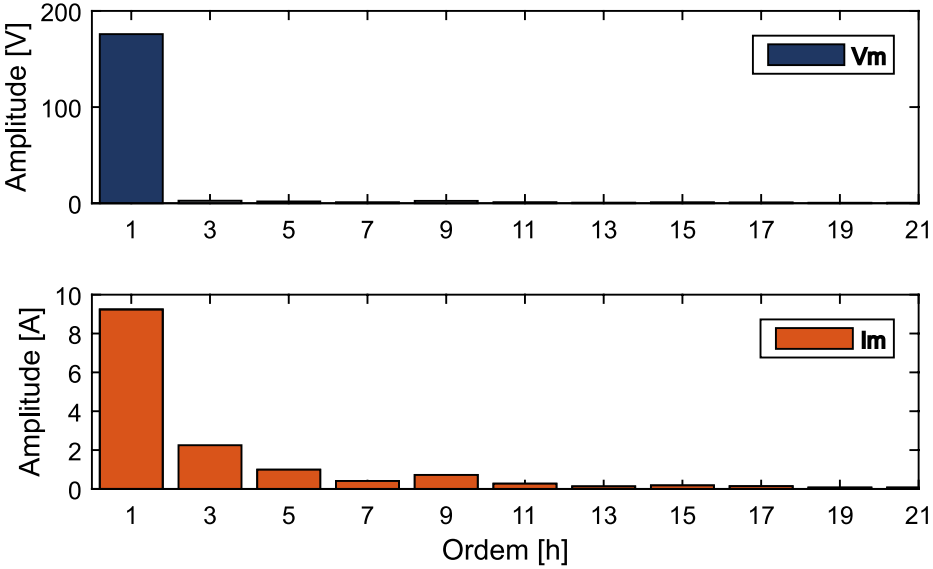
Com a inserção do filtro, obtiveram-se as formas de onda e espectro de frequência de V_m e I_m, representadas na Figura 20 e Figura 21, respectivamente.

Figura 20 - Formas de onda de V_m, I_m e das correntes em cada ramo do filtro depois da compensação por meio do filtro em carga não linear



Fonte: Dos autores.

Figura 21 - Amplitude das ordens harmônicas de V_m e I_m com carga não linear após compensação com o filtro projetado



Fonte: Dos autores.

É possível observar na Tabela 4 a diferença entre as duas soluções, onde pode ser visto que o objetivo de compensar o fator de potência foi atingido nesta última solução, sendo, portanto, 0,94 > 0,92. Para o caso das distorções, as *DHTs* de corrente e de tensão foram reduzidas, uma vez que as ordens harmônicas 3ª, 5ª e 7ª foram diminuídas em 33%, 58% e 68%, respectivamente, em relação ao seu valor antes da inserção do filtro.

Tabela 4 - Comparação dos valores das grandezas de potência, fator de potência, corrente e tensão com compensação por banco de capacitores e filtro em carga não linear

	Caso 2 - Compensado com Capacitor	Caso 2 - Compensado com Filtro
P [*W*]	789,44	799,73
S [*VA*]	931,86	845,31
fp	0,85	0,94
V_m [*rms*]	124,55	124,40
V_m [% DHT_v]	8,16	2,91
I_m [*rms*]	7,44	6,80
I_m [% DHT_i]	55,75	29,16

Fonte: Dos autores.

A Tabela 5 apresenta as correntes em cada ramo do filtro e do capacitor para a solução anterior, onde verifica-se a eficiência da solução e sua segurança.

Tabela 5 - Valores das correntes no capacitor e nos ramos do filtro projetado

	Caso 2 - Compensado com Capacitor	Caso 2 - Compensado com Filtro		
		3ªh	5ªh	7ªh
I_c [*rms*]	2,91	1,86	1,86	1,39
I_c [*pico*]	6,95	3,89	3,47	2,55

Fonte: Dos autores.

Considerações do estudo de caso 2.

Nesse estudo de caso foi apresentado uma situação corriqueira de compensação de fator de potência, algo comum em ambientes industriais pela ocasião do faturamento do excedente de reativo nas instalações que é calculado por meio do fator de potência medido na instalação.

Observou-se que, em sistemas com cargas lineares, a compensação ocorre como o esperado. Porém, em situação com predominância de cargas não lineares, representada na maioria das vezes por cargas eletrônicas e que estão cada vez mais presentes na sociedade moderna, são necessários conceitos abordados exclusivamente no CBEE para viabilizar uma compensação segura e eficaz do fator de potência. Sendo assim, evitam-se acidentes que podem originar incêndios acarretando a perda de patrimônio, parada de produtividade e mortes de pessoas e animais.

No caso base 1, a partir da matriz curricular pedagógica analisada, os conhecimentos do profissional com formação no CTNME podem ser considerados suficientes para projetar e executar a compensação (baixa tensão, apenas cargas lineares, baixos níveis de curto-circuito). Entretanto, no caso base 2, os conhecimentos do profissional com formação técnica de nível médio em eletrotécnica apresentaram uma solução à compensação reativa que poderá levar a uma série de danos.

É importante ressaltar que, mesmo com os profissionais com formação em CTNME não possuindo condições de solucionar com qualidade o caso base 2, eles estão aptos a atuar na execução da solução proposta construída

por um profissional com formação no CBEE. Solução esta que, neste estudo de caso proposto (Caso 2), consiste na instalação de um filtro sintonizado para as ordens harmônicas 3ª, 5ª e 7ª, evitando o superaquecimento dos capacitores utilizados para elevar o fator de potência até o nível desejado, evitando custos com multas aplicadas pela concessionária de energia elétrica.

Uma legislação que permite a atuação de um profissional que não tenha em sua matriz curricular pedagógica conhecimentos para atuar em uma determinada função coloca em risco não apenas o profissional, mas todos os usuários diretos e indiretos da edificação. Dessa forma, de posse da legislação que lhes permite realizar atividades para as quais não possuem conhecimentos prévios, os profissionais com formação no CTNME podem ainda ser responsabilizados criminalmente por terem disponibilizado uma solução que tecnicamente ocasionou um infortúnio.

8. Resolução n.º 074/2019 do CFT e a demanda de 800 kVA

Como exaustivamente argumentado ao longo deste livro, o exercício do profissional com formação no CBEE e do profissional com formação no CTNME deve ser pautado pela sua formação curricular. Nesse contexto, além das inúmeras situações já abordadas no decorrer desta obra, no tocante às limitações do profissional com formação do CTNME, faz-se necessário destacar a atuação desse profissional na elaboração de projetos elétricos, na emissão de laudos e na realização de perícias, bem como no tocante às prerrogativas, atribuições e competências tendo como limite as instalações até 800 kVA, o que é feito nesta seção.

8.1. Projetos

Para a elaboração de projetos elétricos, é necessário que a formação acadêmica do profissional seja robusta e possua **carga horária expressiva**, abordando conhecimentos conforme destacado abaixo:

1. o manuseio e o conhecimento das normas técnicas vigentes;
2. técnicas de elaboração e execução de projetos elétricos complexos decorrentes de elevadas potências e tensões de suprimento;
3. dimensionamento do sistema elétrico em regime permanente sob condições lineares e não lineares;
4. dimensionamento do sistema elétrico em condições transitórias;
5. especificação de equipamentos elétricos visando à suportabilidade em condições transitórias e subtransitórias de curto-circuito, dentre outros.

Como já discutido, os tópicos supracitados não estão em sua totalidade contemplados na estrutura curricular pedagógica do CTNME. Isso fica evidente devido à compacta carga horária associada à ausência de ferramentas matemáticas robustas do ciclo básico (física e matemática) que subsidiam

tais análises mais complexas. Portanto, pode-se afirmar que o profissional com formação no CTNME em tela **não** dispõe de ferramentas científicas que o habilitem a elaborar projetos elétricos de média, alta e extra-alta tensão. Em outras palavras, a formação do CTNME possibilita ao profissional projetar instalações elétricas de baixa complexidade, em baixa tensão, para unidades consumidoras com carga instalada abaixo de 75 kW, atendidas em tensão secundária (baixa tensão), o que vai na contramão do disposto no art. 5° da Resolução n.º 074/2019 do CFT, onde se lê:

> Os técnicos em Eletrotécnica para as prerrogativas, atribuições e competências disciplinadas nesta Resolução, tem como limite as instalações com demanda de energia de até 800 KVA, independentemente do nível de tensão que supre esse montante de carga.

8.2. Laudos e Perícias[1]

Inicialmente, cabe destacar que o Confea, através do Anexo I da Resolução n.º 1.010, de 2005, conceitua as atividades de Laudo e Perícia como sendo:

> **Laudo** - peça na qual, com fundamentação técnica, o profissional habilitado, como perito, relata o que observou e apresenta as suas conclusões, ou avalia o valor de bens, direitos ou empreendimentos.
> **Perícia** - atividade que envolve a apuração das causas que motivaram determinado evento, ou da asserção de direitos, e na qual o profissional, por conta própria ou a serviço de terceiros, efetua trabalho técnico visando a emissão de um parecer ou laudo técnico, compreendendo: levantamento de dados, realização de análise ou avaliação de estudos, propostas, projetos, serviços, obras ou produtos desenvolvidos ou executados por outrem.

Ao exame minucioso, realizado por especialista em determinado ramo ou assunto, confrontando a execução com o projeto e as normas vigentes, dá-se o nome de perícia. A perícia pressupõe expertise, ou seja, o conhecimento especializado do objeto de estudo (YEE, 2011).

1 Por Lauro Leocádio da Rosa e Antônio Geraldo Ferreira.

Já o laudo é o documento elaborado pelo perito, devidamente habilitado, com independência técnica, que analisa um objeto de avaliação por meio do seu conhecimento especializado (VENDRAME, 2012).

Verifica-se, portanto, que se trata de atividades técnicas especializadas que exigem para a sua elaboração conhecimentos específicos e competências normalmente adquiridas nos cursos de graduação, não sendo, consequentemente, objeto da formação escolar prevista nos CTNME.

Do ponto de vista dos Sistemas Elétricos de Potência, que compreendem a geração, transmissão, distribuição e utilização da energia elétrica, laudos e perícias são considerados atividades de análises técnicas sobre a elaboração e/ou execução de projetos de instalações elétricas, à luz das normas vigentes e, principalmente, dos conhecimentos adquiridos no processo de formação profissional do perito. Destarte, tendo em vista toda a análise comparativa efetuada na seção 7, pode-se afirmar que essas atividades são exclusivamente voltadas ao âmbito da engenharia. Tanto é verdade, que diversas legislações corroboram tal afirmativa, através das suas disposições, conforme passaremos a aduzir.

A Lei n.º 5.194, de 1966, que regula o exercício das profissões de engenheiro, arquiteto e engenheiro-agrônomo, e dá outras providências, expressa de forma cristalina, em seu artigo 7º, alínea "c", como sendo inerente ao engenheiro, ao arquiteto e ao engenheiro agrônomo a atuação em perícias, senão vejamos:

> **Art. 7º**- As atividades e atribuições profissionais do engenheiro, do arquiteto e do engenheiro-agrônomo consistem em:
> [...]
> **c)** estudos, projetos, análises, avaliações, vistorias, **perícias**, pareceres e divulgação técnica; (Destaque nosso).

Por sua vez, a Resolução n.º 218, de 1973, do Confea, que discrimina atividades das diferentes modalidades profissionais da engenharia, arquitetura e agronomia, destaca como sendo reservada exclusivamente a profissionais graduados as atividades de perícia e laudo, contidas em seu artigo 1º, atividade 06:

Art. 1º - Para efeito de fiscalização do exercício profissional correspondente às diferentes modalidades da Engenharia, Arquitetura e Agronomia em nível superior e em nível médio, ficam designadas as seguintes atividades:
[...]
Atividade 06 - Vistoria, **perícia**, avaliação, arbitramento, **laud**o e parecer técnico; (Destacamos).

A Resolução n.º 345, de 1990, do Confea, que dispõe quanto ao exercício por profissional de nível superior das atividades de Engenharia de Avaliações e Perícias de Engenharia, prevê que:

Art. 2º - Compreende-se como a atribuição privativa dos Engenheiros em suas diversas especialidades, dos Arquitetos, dos Engenheiros Agrônomos, dos Geólogos, dos Geógrafos e dos Meteorologistas, as vistorias, **perícias**, avaliações e arbitramentos relativos a bens móveis e imóveis, suas partes integrantes e pertences, máquinas e instalações industriais, obras e serviços de utilidade pública, recursos naturais e bens e direitos que, de qualquer forma, para a sua existência ou utilização, sejam atribuições destas profissões. (Destaque nosso).

Observando o disposto no artigo 195 da CLT, que trata das Atividades Insalubres ou Perigosas, nota-se claramente a relação da atividade de perícia com as atribuições do engenheiro, neste caso específico, do engenheiro de segurança do trabalho, não sendo, portanto, atribuída ao técnico de segurança do trabalho, em virtude da respectiva formação escolar de nível médio adquirida, bem como por tratar-se de atividade técnica especializada, conforme anteriormente ressaltamos:

Art. 195 - A caracterização e a classificação da insalubridade e da periculosidade, segundo as normas do Ministério do Trabalho, far-se-ão através de **perícia** a cargo de Médico do Trabalho ou **Engenheiro do Trabalho**, registrados no Ministério do Trabalho. (Destaque nosso).

No mesmo sentido, as atividades de perícias judiciais nas áreas da engenharia somente podem ser exercidas por profissionais devidamente graduados, como assim preceitua o Código de Processo Civil, em seu artigo 464, parágrafo 4º:

Art. 464. A prova pericial consiste em exame, vistoria ou avaliação.
[...]
§4º Durante a arguição, o especialista, que deverá ter formação acadêmica específica na área objeto de seu depoimento, poderá valer-se de qualquer recurso tecnológico de transmissão de sons e imagens com o fim de esclarecer os pontos controvertidos da causa. (Destaque nosso).

Desse modo, são várias as razões e os fundamentos que asseguram aos profissionais habilitados da engenharia a prerrogativa legal para o exercício das atividades de perícias e laudos, nas suas respectivas especialidades, não podendo elas serem realizadas por profissionais de nível médio.

Importante ressaltar que a própria Lei n.º 5.524, de 5 de novembro de 1968, que dispõe sobre o exercício da profissão de técnico industrial de nível médio, em nenhum momento expressa as atividades de perícia e laudo como pertencentes ao espectro de atribuições desses profissionais:

Art. 2º- A atividade profissional do Técnico Industrial de nível médio efetiva-se no seguinte campo de realizações:
I - conduzir a execução técnica dos trabalhos de sua especialidade;
II - prestar assistência técnica no estudo e desenvolvimento de projetos e pesquisas tecnológicas;
III - orientar e coordenar a execução dos serviços de manutenção de equipamentos e instalações;
IV - dar assistência técnica na compra, venda e utilização de produtos e equipamentos especializados;
V - responsabilizar-se pela elaboração e execução de projetos compatíveis com a respectiva formação profissional.

Sabe-se que a emissão de laudos e a realização de perícias são atribuições que requerem uma capacitação nos mesmos moldes e rigores que a elaboração de projetos, haja vista apenas a diferença temporal da aplicação dos conhecimentos necessários para tais atividades.

Assim, encontra-se eivada de ilegalidade a Resolução n.º 074/2019 do CFT quando confere aos profissionais com formação em CTNME, em seu artigo 2º, inciso VII, a competência para atuar na elaboração de laudos:

Art. 2° As atribuições profissionais dos Técnicos Industriais com habilitação em eletrotécnica, para efeito do exercício profissional, consistem em:
[...]
VII - Emitir **laudos técnicos** referentes a rede de distribuição e transmissão de energia elétrica interna ou externa, ou de equipamentos de manobra ou proteção. (Destaque nosso).

Segue, ainda, o referido normativo afrontando os diplomas legais superiores, quando determina em seu artigo 3º, inciso XIV, que:

Art. 3° Os Técnicos Industriais com habilitação em eletrotécnica têm, ainda, as seguintes atribuições técnicas:
[...]
XIV - Emissão de **laudos técnicos** inclusive em perícias judiciais; (Destaque nosso).

Pode-se dizer, portanto, que a atribuição profissional dada pela referida resolução caracteriza flagrante **EXTRAPOLAÇÃO** de habilitação técnica do profissional com formação no CTNME, no tocante à emissão de laudos e realização de perícias, principalmente se levarmos em consideração a respectiva definição dessas atividades, bem como as disposições contidas nas legislações correlatas vigentes, que tratam dessa matéria.

É de conhecimento geral que os Sistemas Elétricos de Potência devem passar por avaliação e diagnóstico para verificação quanto às conformidades ou não, quanto à elaboração do projeto, quanto à execução, quanto à qualidade e adequabilidade dos materiais utilizados, dentre outros. Tal verificação se faz necessária por questões de segurança, interesses sociais, econômicos e judiciais, ocorrência de acidentes ou incêndios, entre outras possibilidades.

Como já destacado no capítulo 6, a formação dos CTNME não compreende ferramentas matemáticas (6.1), tampouco conhecimentos físicos (6.2) suficientes e adequados para elaboração de projetos complexos, como aqueles de unidades consumidoras com carga instalada acima de 75 kW, em que a análise dos níveis de curto-circuito das instalações (desde o ponto de conexão com a rede os terminais secundários do transformador

imediatamente a montante) são relevantes para o dimensionamento dos dispositivos de seccionamento, interrupção e disjunção, imprescindíveis para a desconexão da instalação em situações sem carga, à carga nominal e em condições de sobrecargas moderadas ou severas (curtos-circuitos), respectivamente. A mesma análise se aplica à realização de perícias e laudos, em que, indispensavelmente, há a necessidade de avaliar se o objeto de análise foi projetado de acordo com as normas técnicas, se é exequível ou se há contrariedade com a modelagem técnica concebida, o que, por consequência, demonstra mais uma extrapolação da capacidade técnica pretendida com a Resolução n.º 074/2019 do CFT.

Assim, diante de todo o exposto, constata-se que o CTNME **NÃO** apresenta estrutura curricular para formação técnica apropriada, considerada suficiente para atuar legalmente na elaboração de laudo e/ou perícia técnica nas áreas da Engenharia Elétrica, sendo tais atividades reservadas aos profissionais graduados dessa modalidade, conforme legislações em vigor.

Nessa mesma esteira, a Resolução n.º 074/2019 do CFT, que claramente modifica as disposições contidas em normativos superiores, a exemplo da própria Lei n.º 5.524/68, que dispõe sobre o exercício da profissão de técnico industrial de nível médio, revela-se como eivada de completa ilegalidade, ao atribuir ao profissional com formação no CTNME a competência para realizar perícias e elaborar laudos no âmbito das instalações elétricas, sobretudo aos perigos inerentes aos níveis de média e alta tensão, o que, certamente, põe em risco a sociedade em relação aos acidentes com possíveis danos à pessoa natural, ao patrimônio (próprio ou de terceiros) e ao meio ambiente.

8.3. Erro técnico histórico dos 800 kVA

Outro ponto que merece ser destacado é com relação às leis e decretos que regulamentam a atuação dos profissionais com formação no CTNME.

O art. 5° da Resolução n.º 074/2019 do CFT apresenta como limitação 800 kVA de "demanda de energia" e sem restrições de nível de tensão, onde se lê:

> Os técnicos em Eletrotécnica para as prerrogativas, atribuições e competências disciplinadas nesta Resolução, tem como limite as instalações com demanda de energia de até 800 kVA, independentemente do nível de tensão que supre esse montante de carga". (Grifo nosso).

Esse artigo baseia-se no Decreto n.º 90.922/1985, que regulamenta a Lei 5.524/1968. Pelo Decreto n.º 90.922/1985 não é explanado sobre nível de tensão, conforme o art. 4°, § 2º:

> Os técnicos em Eletrotécnica poderão projetar e dirigir instalações elétricas com demanda de energia de até 800 kVA, bem como exercer a atividade de desenhista de sua especialidade. (Grifo nosso)

Entretanto, a Lei 5.524/1968, em seu art. 2°, elenca as atividades do técnico industrial de nível médio, onde se lê: "V - responsabilizar-se pela elaboração e execução de projetos, **compatíveis com a respectiva formação profissional**".

Dessa forma, verifica-se que os decretos e leis originais da regulamentação das atribuições dos profissionais com formação no CTNME não versam acerca da não restrição de nível de tensão e sim compatibilidade com a sua formação. Observando o currículo apresentado, a não restrição de tensão se torna incompatível com a formação no CTNME, sendo assim, em desacordo com o trecho da Lei 5.524/1968.

Com relação ao parâmetro utilizado para limitar a atribuição dos profissionais com formação no CTNME no Decreto n.º 90.922/1985, que é de "800 kVA de demanda de energia", trata-se de um erro técnico histórico, de conhecimento geral, que não foi corrigido na Resolução do CFT. O conceito de "demanda de energia" é incorreto, uma vez que o conceito de demanda conforme a normativa 414 da Aneel é:

> Média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado, expressa em quilowatts (kW) e quilovolt-ampère-reativo (kVAr), respectivamente.

Sendo assim, não poderia ser utilizada a unidade kVA (quilovolt-ampere) como medida, que é a medida de potência aparente e resulta da soma fasorial das potências ativas (kW) e reativas (kVAr). Já a energia é um conceito que envolve o tempo de consumo e para fins de faturamento, é medida em Wh e seus múltiplos (kWh, MWh, GWh, etc.).

Portanto, o conceito "demanda de energia" dado em kVA se apresenta como uma medida sem conceito algum definido. Uma afirmação errônea, análoga aos "800 kVA de demanda de energia", seria dizer que "a velocidade do seu veículo é de 20 metros". O conceito correto que poderia ser utilizado é: demanda, ou demanda de potência ativa, expressa em kW.

Dessa forma, o termo "demanda de energia", utilizado na Resolução n.º 074/2019 do CFT e no Decreto n.º 90.922/1985, é um **conceito que não existe**.

Constata-se claramente que:

1. os erros se propagaram em cascata na legislação correlata e subsequente;
2. os profissionais devidamente capacitados com uma base sólida de formação a respeito do tema devem detectar tais erros, questioná-los, e não meramente reproduzi-los em seus documentos regulatórios;
3. a inserção do trecho "independentemente do nível de tensão que supre esse montante de carga" na Resolução n.º 074/2019 do CFT se faz de maneira temerária, pois contraria a compatibilidade da formação citada no art. 2º da Lei 5.524/1968, que origina esta resolução e o decreto;
4. Não há formação acadêmica no CTNME para responsabilizar-se por projetos cuja unidade consumidora possua carga instalada acima de 75 kW, principalmente para um nível de potência ou "demanda de energia" dessa magnitude (800 kVA) e sem níveis de tensão definidos;
5. a utilização do termo Demanda de energia é um erro técnico e conceitual grave;
6. a unidade kVA não deve ser utilizada para discutir demanda de potência. A unidade correta é kW, sendo, portanto, mais um erro técnico e conceitual grave;

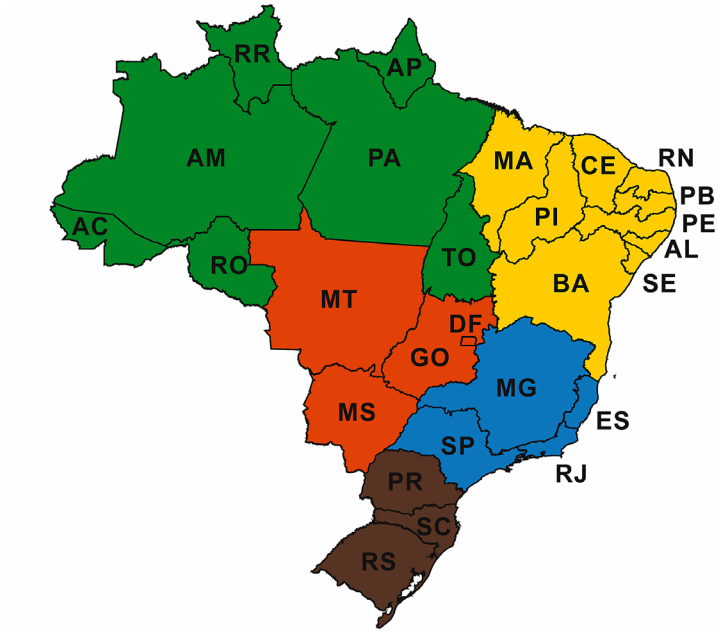
7. para se limitar atuação profissional de acordo com a formação o correto seria trabalhar com a carga instalada, e não com a demanda.

Evidencia-se que não há sentido regulatório em conceder a atribuição de elaboração de projetos tendo como limite um parâmetro tecnicamente equivocado, como é o caso da demanda, nos termos expostos no Decreto n.º. 90.922/1985 sem citar os níveis de tensão. Sobretudo para uma categoria profissional que não possui em sua formação os requisitos curriculares necessários para atuar nessa faixa de potência, assim como atuar em média e alta tensão. Insta a revisão do Decreto n.º 90.922/1985, visando à correção desse erro histórico, que desconsidera os currículos e as diretrizes pedagógicas e, sobretudo, que contraria os termos da lei que supostamente regulamenta, ao passo que se contrapõe a normas e princípios constitucionais.

Dessa forma, tanto o Decreto n.º 90.922/1985, como a Resolução n.º 074/2019 do CFT, possuem EQUÍVOCOS de conceito físico, o que acarreta conflitos regulatórios, extrapolação da capacidade técnica e riscos à sociedade.

Para se ter uma ideia da ordem de grandeza dos valores envolvidos e ilustrar um dos excessos contidos na Resolução n.º 074/2019 do CFT, considera-se que os 800 kVA em que se baseia o CFT sejam relativos à demanda, portanto, pode-se também considerar 800 kW. Observando-se o Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020 (EPE, 2020), página 192, de autoria da Empresa de Pesquisa Energética, ligada ao Ministério de Minas e Energia, pode-se observar na Figura 22 que o consumo *per capita* ao mês médio brasileiro é de 472 kWh/mês. Sabendo-se que a demanda é medida em 15 minutos, o equivalente ao consumo horário seria algo em torno de 3200 kWh. Levando-se em consideração uma instalação que ficasse seis horas funcionando com esse consumo, acarretaria um consumo mensal de 576.000 kWh/mês, equivalente ao consumo de 1.220 domicílios médios. Com essa quantidade de domicílios temos um município com algo em torno de 5000 habitantes, o que equivale a 22% dos municípios do Brasil (GAZETA DO POVO, 2019).

Figura 22 - Consumo e número de consumidores do Brasil (2019)



Brasil	2019	
População	210.147	mil
Consumo na rede	482.226	GWh
Consumo *per capita*	2,29	kWh/hab
Consumidores	85.071	mil
Consumidores Residenciais	73.380	mil
Consumo Médio	472	kWh/mês
Consumo Residencial Médio	162	kWh/mês

Fonte: Adaptado de EPE (2020).

Ainda com o objetivo de apontar um dos excessos na habilitação do profissional com formação no CTNME para a elaboração de projetos com 800 kW, apresentamos um exemplo prático:

Um projeto de um prédio, que foi executado na cidade de Cuiabá-MT, com entrada coletiva mista (residencial/comercial) com as seguintes características:

1. sistema de aquecimento de água das unidades de consumo a gás;
2. tensão de fornecimento em 220/127 V;

3. 20 apartamentos com área útil de 60 m²;
4. 12 lojas com área útil de 30 m²;
5. serviço exclusivo para os apartamentos;
6. serviço exclusivo para as lojas com área útil de 240 m²;
7. dois agrupamentos de medidores, sendo um para os 20 apartamentos e o outro para as 12 lojas;
8. transformador com tensão de entrada de 13,8 kV de 150 kVA.

Calculando-se a demanda desse prédio, obtém-se um valor aproximado de 130 kW e, portanto, **MUITO ABAIXO DOS 800 kVA** propostos pela Resolução n.º 074/2019 e Decreto n.º 90.922/1985, apesar do grande porte dessa instalação e a necessidade de alimentação em tensão primária de 13,8 kV (média tensão).

Dessa forma, a Resolução n.º 074/2019, ao manter o termo "800 kVA", habilita os profissionais com formação no CTNME a atuarem na maioria absoluta de unidades consumidoras sem o devido conhecimento técnico que unidades de grande porte requerem. Como discutido no item 6.8 (Instalações Elétricas), para elaboração de projetos elétricos que sejam superiores a 75 kW de carga instalada é preciso que se tenha conhecimentos avançados do dimensionamento em condições de anormalidade no sistema elétrico, como na presença do fenômeno conhecido como "curto-circuito", para que se especifiquem corretamente dispositivos de proteção que evitem incêndios e explosões. Essa habilitação, efetivamente, a formação do CTNME não possibilita, haja vista a matriz curricular analisada.

Em suma, constata-se que, devido aos excessos e equívocos conceituais identificados no seu corpo, a Resolução n.º 074/2019 do CFT, através dos seus artigos destacados nesta seção, expõe a sociedade a prejuízos materiais e, muito pior, coloca as pessoas sob os **RISCOS ENCADEADOS A PARTIR DE UM PROJETO INAPROPRIADO**.

9. Liberdade profissional e exigência de formação acadêmica

Por Maria do Socorro Almeida de Sousa, Geraldo Sidnei Afonso e Danilo Ferreira de Souza

Tal como sobejamente declinado, com o advento da Resolução n.º 074/2019, o CFT estabeleceu searas de atuação do profissional técnico industrial com habilitação em eletrotécnica, para tanto se valendo do permissivo legal inserto no art. 31 da Lei n.º 13.639/2018.

Note-se que as normas referidas devem ser compreendidas a partir de uma análise lógico-sistemática do arcabouço normativo brasileiro, identificando aquelas outras normas, constitucionais e legais, que se relacionam com o tema abordado.

No caso vertente, a estipulação de atividades laborativas que estão autorizadas aos técnicos industriais com habilitação em eletrotécnica, levada a efeito através da referida Resolução n.º 074/2019, guarda relação, em nível infraconstitucional, não apenas com a Lei n.º 13.639, de 26 de março de 2018, mas também com o Decreto n.º 90.922, de 6 de fevereiro de 1985, e com o Decreto n.º 4.560, de 31 de dezembro de 2002, que regulamentam a Lei n.º 5.524, de 5 de novembro de 1968, os quais dispõem sobre o exercício da profissão de técnico industrial.

Veja-se que, para além dessas referências normativas infraconstitucionais, os ditames da Resolução n.º 074/2019 do CFT se relacionam com normas constitucionais que estabelecem regras e princípios referentes ao "direito ao livre exercício de profissão" (art. 5º, XIII, da Constituição da República Federativa do Brasil - CRFB/1988) e ao "direito ao trabalho" (art. 6º, da CRFB/1988), sendo necessário, para a exata compreensão de seu conteúdo e alcance, que a referida Resolução n.º 074/2019 do CFT seja interpretada partindo dos parâmetros estabelecidos por ditas normas constitucionais.

Nesse sentido, importa, à partida, que se tenha em mira que tanto o "direito ao livre exercício de profissão" quanto o "direito ao trabalho" assumem, no âmbito da CRFB/1988, o caráter de direito fundamental, como tal entendido:

> [...] el conjunto de normas de un Ordenamiento jurídico, que forman un subsistema de éste, fundadas en la libertad, la igualdad, la seguridad y la solidariedad, expresión de la dignidad del hombre, que forman parte de la norma básica material de identificación del Ordenamiento, y constituyen un sector de la moralidad procedimental positivada, que legitima al Estado Social y Democrático de Derecho. (PECES-BARBA MARTÍNEZ, 2004, p. 42).

Na condição de direitos fundamentais, tanto a "direito ao livre exercício de profissão" quanto o "direito ao trabalho" têm por fundamento a dignidade humana, compreendida como:

> A qualidade intrínseca e distintiva reconhecida em cada ser humano que o faz merecedor do mesmo respeito e consideração por parte do Estado e da comunidade, implicando, neste sentido, um complexo de direitos e deveres fundamentais que assegurem a pessoa tanto contra todo e qualquer ato de cunho degradante e desumano, como venham a lhe garantir as condições existenciais mínimas para uma vida saudável, além de propiciar e promover sua participação ativa e co-responsável nos destinos da própria existência e da vida em comunhão com os demais seres humanos, mediante o devido respeito aos demais seres que integram a rede da vida. (SARLET, 2009, p. 67).

Ademais, têm, ambos os direitos, aptidão para concretizar muitos outros, também de caráter fundamental, dentre os previstos nos arts. 5º a 17 da CRFB/1988.

Essa circunstância revela a posição central que o trabalho ocupa nos sistemas produtivos ocidentais, o que é reconhecido também pela CRFB/1988, que atribui ao valor social do trabalho, a par de outros marcos valorativos referidos no seu art. 1º, a condição de fundamento do Estado Democrático de Direito brasileiro.

Assim demarcada a importância do "direito ao livre exercício de profissão" e do "direito ao trabalho", é necessário que se compreenda o alcance de cada uma dessas posições jurídicas.

Veja-se que o "direito ao trabalho", previsto no art. 6º da CRFB/1988 na condição de direito fundamental social, exige, para sua concretização nos parâmetros estabelecidos pela Carta Maior, que seu exercício se dê

dignamente. É dizer: não basta que o cidadão tenha direito a trabalhar, é mister que tenha acesso ao "trabalho digno", que não prescinde de normas que lhe confiram um ambiente laboral com "redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de saúde, higiene e segurança", conforme previsto no art. 7º, XII, da CRFB/1988.

O "direito ao livre exercício de profissão", por seu turno, correspondente a um direito individual, previsto no art. 5º, XIII, da CRFB/1988, que estabelece que "é livre o exercício de qualquer trabalho, ofício ou profissão, **atendidas as qualificações que a lei estabelecer**" (original sem negrito).

A análise conjunta desses dois direitos fundamentais permite concluir que, se de um lado os cidadãos são titulares do "direito ao livre exercício de profissão", com o que se concretiza, em dimensão individual, o "direito ao trabalho", por outro lado o exercício desses dois direitos fundamentais está submetido a normas que estipulem qualificações técnicas que os habilitem ao exercício da profissão por si eleita, ocasião em que deverá lhe ser garantido que desempenhem suas atividades em ambiente saudável e seguro, com o que se garante sua integridade física e sua vida (também reconhecidos constitucionalmente na condição de direitos fundamentais).

Veja-se que a observância dessas condições de fruição do "direito ao livre exercício de profissão" e do "direito ao trabalho" não se esgota nas perspectivas declinadas no parágrafo antecedente, ou seja, não se segrega às garantias de direitos legadas ao indivíduo. Com efeito, elas são dotadas de uma dimensão transcendente, repercutindo no entorno social em que se desenvolve a relação de trabalho de que se cuida: seja porque a exigência de qualificação profissional cumpre o papel de resguardar interesses de outras categorias profissionais, num universo em que as ofertas de trabalho decente são insuficientes a alcançar todos os interessados; seja porque a observância de regras de qualificação profissional igualmente salvaguarda interesses de beneficiários dos serviços que sejam executados por esses profissionais a quem se exige qualificação técnica específica para o desempenho de uma atribuição laboral em particular.

Essa ambiência normativa constitucional, que permeia a aplicação das regras estabelecidas através da Resolução n.º 074/2019 do CFT, de logo suscita a identificação dos limites de atuação do CFT, quando da estipulação do

rol de atividades para as quais reconhece a aptidão de técnicos industriais com habilitação em eletrotécnica, especialmente quando considerado o interesse de outras categorias profissionais, como seja, a dos profissionais com formação no CBEE.

Nesse particular, tem-se que o art. 31 da Lei n.º 13.639/2018, consolidando a competência do CFT para estipular regramento respectivo, estabelece, clara e precisamente, que:

> **Art. 31.** O Conselho Federal dos Técnicos Industriais e o Conselho Federal dos Técnicos Agrícolas detalharão, observados os limites legais e regulamentares, as áreas de atuação privativas dos técnicos industriais ou dos técnicos agrícolas, conforme o caso, e as áreas de atuação compartilhadas com outras profissões regulamentadas.

Veja-se, porém, que a competência nesse sentido conferida ao CFT encontra limites estabelecidos nos termos do § 1º, do referido art. 31 da Lei n.º 13.639/2018, que preleciona que:

> **§ 1º** Somente serão consideradas privativas de profissional especializado as áreas de atuação nas quais a ausência de formação específica exponha a risco ou a dano material o meio ambiente ou a segurança e a saúde do usuário do serviço.

Disso se conclui que o voluntarismo do CFT, no que diz respeito à matéria de estipulação de atribuições afetas aos trabalhadores a si vinculados, encontra limites na capacidade técnica detida por estes no sentido de desempenhar as atribuições de que se cuide. Dizendo-se de outro modo: a norma legal referida não autoriza o CFT a elencar, dentre atividades afetas à função laboral referida, atividades que sabidamente extrapolem as capacidades técnicas do profissional em questão.

A análise da capacidade técnica de ditos trabalhadores, para esse fim, deve ser realizada de modo sério, responsável e criterioso, a partir da averiguação das competências e habilidades que sua formação profissional lhes atribuiu.

E assim deve ser com o objetivo, primeiramente, de resguardar-se o interesse de técnicos industriais com habilitação em eletrotécnica, eliminando

condições de trabalho que os exponham a riscos de sinistros laborais, que tenham por consequências lesões físicas, inclusive fatais.

Observe-se que essa compreensão, que deve estar presente quando se trata da estipulação de áreas de atuação profissional, qualquer que seja a formação acadêmica do profissional de que se cuide, assume uma maior importância em se tratando de questões vinculadas à segurança dos equipamentos, edificações e instalações, visto que os sistemas elétricos e eletrônicos são fontes de acidentes diretos e indiretos, ocasionando ferimentos que, não raro, conduzem suas vítimas à morte.

Com efeito, de acordo com o Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica da Associação Brasileira para a Conscientização dos Perigos da Eletricidade (Abracopel), somente em 2019 foram registrados no Brasil 1.662 acidentes oriundos de incêndios por sobrecargas, curtos-circuitos, choques elétricos e descargas atmosféricas. Além disso, o documento mencionado revela que uma das causas dos sinistros referidos é a inexistência, baixa qualidade e/ou não execução dos projetos de acordo com os critérios das normas técnicas vigentes.

Veja-se que esses sinistros também vitimam destinatários dos serviços, revelando que estes igualmente podem ser lançados numa zona de risco acentuado, com aptidão para ocasionar-lhes lesões físicas, inclusive fatais, para além de prejuízos de ordem material, colocando, pois, em risco as vidas de pessoas e de animais e imprimindo prejuízos inestimáveis, que transcendem a pessoa do profissional executor dos serviços.

Nesse cenário, é necessário que se reconheça que um sistema elétrico com problemas no projeto, na sua execução e/ou na sua manutenção oferece riscos a toda a coletividade, fazendo com que vidas possam ser perdidas, sendo os riscos e as consequências muito mais avolumados em instalações críticas, como as de ambientes hospitalares, por exemplo.

Além disso, deve-se atentar para o fato de que os serviços públicos dos setores de abastecimento de água, comunicação, distribuição de gás e óleo, transportes, dentre outros considerados essenciais, são dependentes da confiabilidade do setor elétrico, de maneira que qualquer falha pode acarretar elevados prejuízos materiais e imateriais, com aptidão para, através da privação de acesso a esses serviços, repercutir no cotidiano da coletividade, desestabilizando o equilíbrio existente nessa seara.

Essa circunstância justifica a estipulação de regramento jurídico que salvaguarde o interesse dos usuários desses sistemas, o que se implementa através do art. 12 da Lei n.º 8.078, de 11 de setembro de 1990 (Código de Defesa do Consumidor), em cuja Seção II ("Da Responsabilidade pelo Fato do Produto e do Serviço"), está previsto que:

> O fabricante, o produtor, o construtor, nacional ou estrangeiro, e o importador respondem, independentemente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos decorrentes de projeto, fabricação, construção, montagem, fórmulas, manipulação, apresentação ou acondicionamento de seus produtos, bem como por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua utilização e riscos.

As preocupações do Estado brasileiro com essa questão não se esgotam na área da proteção ao consumidor. Na verdade, elas se situam em momento muito anterior à oferta de bens e serviços dessa ordem, especificamente no momento da formação profissional dos trabalhadores que se dedicam a essas tarefas, estabelecendo critérios e parâmetros que deverão ser observados para fins de sua qualificação, segundo as exigências que se apresentem, consideradas as atividades que estarão habilitados a desempenhar.

De fato, as autoridades em matéria de ensino, ao estipularem diretrizes de qualificação dos profissionais que trabalham no setor elétrico, estabeleceram vários graus de diplomação e formação. E não se pode compreender essa iniciativa como algo aleatório, destituído de razões e, principalmente, de objetivos. O que a justifica, sem que se admita nenhuma dúvida nesse sentido, é exatamente atribuir qualidade na prestação de serviço, através de uma formação profissional que seja mais reforçada para atividades que envolvem maior risco, assim garantindo um fornecimento de produtos e serviços que preserve o bem comum, através da garantia da segurança de trabalhadores e usuários, que preservará sua integridade física, inclusive a sua vida, assim como o patrimônio material.

Ora, a realização de um serviço elétrico por um profissional que não esteja qualificado academicamente para essa finalidade pode resvalar num acidente, que pode ocorrer não apenas na ocasião da realização do serviço (vitimando inclusive o profissional), mas também em momento posterior,

quando já esteja ausente do local de realização dos serviços o profissional que o levou a cabo, fragilizando a segurança de todas as pessoas que irão entrar em contato direto e/ou indireto com a instalação em questão.

Essas circunstâncias são particularmente preocupantes quando os riscos decorrem do agente físico "eletricidade". Nesses casos, dado o grau de periculosidade ocorrente, as diretrizes devem ser ainda mais criteriosas, uma vez que do sinistro pode resultar a morte de muitas pessoas, em decorrência de uma única ação inapropriada, realizada por um profissional que não tenha adquirido qualificação para o exercício daquela atividade.

É, portanto, com o objetivo de evitar danos dessa ordem e perdas de vidas que decorram da imperícia do profissional, que a formação acadêmica dos profissionais do setor elétrico se faz em diversos níveis, de modo a conferir-se, em níveis mais avançados de ensino, capacitações que habilitem o trabalhador ao exercício seguro de atribuições de maior complexidade.

De fato, não é razoável afirmar-se que um profissional que experimentou uma formação acadêmica menos avançada dispõe das mesmas capacidades de desempenho de atribuições no setor em que atua do que outro que, diferentemente, concluiu formação acadêmica significativamente mais avançada.

No que diz respeito à formação dos profissionais com atuação no setor elétrico, nota-se, a partir da mera comparação dos conteúdos programáticos estabelecidos para o CTNME e para o CBEE, e, conforme analiticamente explanado no capítulo 6 deste estudo (Análise do Ementário), que o conjunto de disciplinas, suas ementas e cargas horárias, ainda que similares, revelam que na formação superior não apenas se amplia o rol de matérias que são estudadas, porém, mesmo aquelas que são coincidentes no CTNME e no CBEE são abordadas de forma mais profunda neste nível de ensino, e ainda mais em nível de pós-graduação (nível de formação acadêmica que, pontue-se, não é imediatamente acessível a técnicos de nível médio, que carecem de formação universitária prévia para esse fim).

Não bastasse isso, ao analisar-se o Decreto Federal n.º 5.154/2004, a Lei n.º 11.741 e o CNCT, que é o instrumento que disciplina a oferta de cursos de educação profissional técnica de nível médio, orientando as instituições, estudantes e a sociedade, observa-se que uma das modalidades de oferta dos cursos técnicos de nível médio é aquela nominada "concomitante", em

cujo âmbito o estudante cursa o ensino técnico paralelamente ao ensino médio, dessa maneira demonstrando definitivamente que o CTNME necessita apenas de ferramentas teóricas presentes nos cursos do ensino fundamental e pode ser desenvolvido paralelamente ao curso ensino médio, o que revela que os conhecimentos que serão adquiridos no CTNME não são dotados de profundidade e tampouco exigem domínio prévio de saberes avançados, como ocorre no CBEE.

Resta patente, assim, a importância da qualificação profissional do trabalhador, que seja compatível com a complexidade das atribuições que sejam afetas. E, no exercício da prerrogativa que lhe confere o art. 31 da Lei n.º 13.639/2018, deve o CFT observar essa diretriz como via de concretização do direito à segurança e à preservação da vida não apenas dos trabalhadores que esta regulamenta e acolhe, mas também dos usuários dos seus serviços, como já fundamentado.

Dessa maneira, na demarcação do rol das atividades autorizadas à realização pelos trabalhadores que lhe estão vinculados, ao CFT está imposta a análise pormenorizada de cada etapa que para tanto é exigida, aferindo, caso a caso, se a formação a que foi submetido o profissional em questão de fato o prepara para seu desempenho. Deve, ademais, essa análise, ser ultimada de modo sério, criterioso, responsável, assumindo compromisso que tenham em mira a viabilização da concretização do direito ao trabalho por parte de seus representados, mas que seja nos moldes constitucionalmente consagrados: trabalho digno; trabalho seguro; trabalho que revele o seu valor social, que transcende a pessoa do trabalhador e alcança toda a sociedade.

É compreensível que, nesse trilhar, configurem-se circunstâncias em que interesses de diversas classes de trabalhadores se revelam concorrentes, ou mesmo colidentes, e as normas jurídicas que disciplinam a questão não se mantiveram despercebidas dessa realidade, estabelecendo, no § 2º do art. 31 da Lei n.º 13.639/2018, que, em tais casos:

> **§ 2º** Na hipótese de as normas do Conselho Federal dos Técnicos Industriais ou do Conselho Federal dos Técnicos Agrícolas sobre área de atuação estarem em conflito com normas de outro conselho profissional, a controvérsia será resolvida por meio de resolução conjunta de ambos os conselhos.

A solução apontada legalmente é a do consenso, que pressupõe racionalidade e a compreensão de que os avanços das áreas de trabalho de uma categoria profissional encontrarão sempre limites: primeiramente, nas suas capacidades técnicas; em segundo lugar, nos ditames legais que disciplinam a questão e que devem ser observados estritamente por todos os cidadãos e também por todas as entidades jurídicas, especialmente aquelas que desempenham atribuições afetas ao Poder Público, como é o caso das entidades de representação profissional.

Dessa maneira, essas ditas entidades, de modo próprio, devem observar suas atribuições de proteção não apenas dos profissionais que lhes estão vinculados, mas também de cumprimento de finalidades que estão mais além desses interesses de categoria, mirando o interesse comum e a segurança de toda a sociedade.

10. Considerações Finais

Diante do exposto, sem que se renuncie a toda e qualquer plausibilidade e se abandonem as mais simplórias compreensões da natureza complexa das atividades desempenhadas pelos profissionais do setor elétrico, não se pode afirmar que o profissional com formação no CTNME, segundo essas diretrizes (que não os habilita a utilizar elementos complexos para qualquer análise técnica, mas a, apenas, utilizar conceitos físicos e matemáticos concebidos no nível fundamental e médio do ensino básico) será titular do mesmo preparo para o desempenho de suas atividades que aquele outro profissional, que se dedicou a aprender de modo amplo, profundo e complexo as matérias que compõem o seu currículo acadêmico.

É necessário que os conselhos profissionais, por meio da análise dos conteúdos programáticos discutidos em sala de aula, nas ementas, nos planos de ensino das disciplinas, e aplicados em aulas de laboratórios, compreendam, e reconheçam de forma honesta as diferenças de níveis de formação de seus associados, demarcando as atribuições profissionais de acordo com habilidades e competências condizentes com a sua respectiva formação profissional. Isso não corresponde à prática de reserva de mercado, mas evidencia o resultado único das competências do egresso de uma formação, a partir da sua matriz pedagógica curricular, destinando-se a ofertar segurança e preservar a vida de usuários, mas também de profissionais que, eventualmente munidos de boa vontade, mas, destituídos de conhecimento técnico, findem por dar causa a sinistros fatais, para outros e também a si mesmos. Dessa forma, o que deve reger o atendimento das demandas do mercado é a competência técnica, partindo da formação pedagógica, e não a adaptação da legislação do seu conselho conforme os desejos de atuação profissional de uma categoria, sempre observando-se as leis e a ética profissional.

Tudo isso ponderado, a análise realizada neste livro, de forma extensa e completa, explana as diferenças fundamentais e profundas entre as formações no CTNME e no CBEE, evidenciando de modo claro e preciso que a discrepância entre o nível de profundidade das formações é significativamente elevada, de maneira que a argumentação presente nesta obra demonstra as imensas e profundas diferenças entre as formações analisadas. Dessa forma, resultando a necessidade de que se estabeleça coerência entre as atribuições e os conteúdos pedagógicos presentes nas matrizes curriculares responsáveis pela concepção do perfil do egresso de cada sistema de ensino.

Ressalta-se, ainda, que o CTNME do IFMT é um curso que apresenta carga horária e conteúdo abrangente. Conforme o PPC citado, possui, em seu quadro docente, professores com titulação de mestrado e doutorado, além de larga experiência de campo. Dessa forma, se a análise fosse realizada com um CTNME comumente ofertado no mercado, sem o mesmo comprometimento com a qualidade e preparo, tanto de corpo docente, como de estrutura as discrepâncias em relação ao CBEE **SERIAM SIGNIFICATIVAMENTE MAIORES**.

O CBEE analisado neste livro possui carga horária obrigatória de 4.036 horas, mais 1.200 horas ofertadas por meio de disciplinas optativas, totalizando 5.236 horas. Já o CTNME analisado possui 1.707 horas. Dessa forma, se consideradas apenas as disciplinas obrigatórias, o CBEE tem uma carga horária equivalente a 2,36 vezes à do CNTME.

Dessa forma, as atribuições profissionais devem ser o resultado dos conteúdos programáticos presentes em uma matriz curricular pedagógica; não apenas a presença do conteúdo, mas a profundidade com que se é discutido e carga horária dedicada ao desenvolvimento das habilidades e competências dos profissionais em formação.

Por fim, há que se ressaltar que a análise da legislação vigente atinente à matéria afirma, de forma indiscutível, a limitação do exercício profissional às atribuições compatíveis com o nível de formação de cada curso, o que se destaca em leis ordinárias e, de forma contundente, em normas da Constituição da República e seus princípios. Nesse sentido, o Decreto n.º 90.922/1985, a pretexto de regulamentar a lei, confere uma extensão de atribuições ao profissional com formação no CTNME que se contrapõe à

própria lei, à Constituição da República, aos seus princípios, sendo a conferência de atuação até o limite de 800 kVA de "demanda" um indiscutível excesso. Ao seguir o Decreto n.º 90.922/1985, a Resolução n.º 074/2019, bem como a Resolução n.º 094/2020 do CFT incorrem em idêntico excesso.

Agradecimentos

Agradecemos os colegas que atuaram na revisão do manuscrito, fazendo críticas e possibilitando melhorias significativas:

Leandro Elias dos Santos – Pedagogo membro da Gerência de Regulação e Avaliação da UFMT.

Jakson Paulo Bonaldo – Doutor em Engenharia Elétrica e professor da UFMT.

Referências

ABENGE; MEI/CNI. Inovação na educação em engenharia: proposta de diretrizes para o curso de engenharia *proposta conjunta* ABENGE – MEI/CNI. **Relatório de Comissão ABENGE/ MEI-CNI**, janeiro 2018.

ABNT. **NBR 5410** - Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT. **NBR 5419** - Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas. Parte 1: Princípios gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT. **NBR 5419** - Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas. Parte 2: Gerenciamento de risco. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT. **NBR 5419** - Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas. Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT. **NBR 5419** - Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas. Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT. **NBR 5462** - Confiabilidade e mantenabilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ABNT. NBR 14039. Instalações Elétricas de Média Tensão de 1,0 kV a 36,2 kV. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ABNT. **NBR IEC 60947-7-2:2014** - Dispositivos de manobra e controle de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ABNT. **NBR IEC 60898:2021** - Dispositivos elétricos - Disjuntores para a proteção contra as sobrecorrentes para instalações domésticas e análogas. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABRACOPEL. **Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica 2020** – ano base 2019. Salto – SP, 2020.

ABREU, André Souza; FREITAS, Pedro Augusto Ramos de. **Levantamento Histórico Da Eletrônica**: Principais Inventores e Suas Contribuições, v. 1, n. 1, jun. 2017. Anais do I Seminário de Pesquisa e Inovação Tecnológica.

AGUIAR NETO, B. G.; RIZZO, E.; VIEIRA, M.D.S. A Relação entre a Formação Continuada de Professores no Ensino Superior e o Projeto Político Pedagógico de Curso. Trabalho Docente e Formação: Políticas, Práticas e Investigação: Pontes para a mudança. *In:* ENCONTRO LUSO-BRASILEIRO TRABALHO DOCENTE E FORMAÇÃO, 2., 2014. Porto. **Anais [...]**. Porto: Centro de Investigação e Intervenção Educativas, 2014. p. 3252-3263.

AGUIAR NETO, B. G.; VIEIRA, M.D.S. Universidade contemporânea: desafios curriculares. *In: AGUIAR NETO, B. G.; MARCONDES, R. C. (orgs.).* **Os desafios da universidade contemporânea**. São Paulo: Editora Mackenzie, 2014. p. 15-46.

ANEEL. **PRODIST Módulo 3**. Acesso ao Sistema de Distribuição. Revisão 6. 91p. De 1 de março de 2016. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/modulo-3. Acesso em: jan. 2021.

ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional, módulo 8**. De 01 de janeiro de 2018. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo_8-Revis%C3%A3o_10/2f7cb862-e9d7-3295-729a-b619ac6baab9

ANEEL. **Resolução normativa ANEEL, n.° 414/2010**. De 09 de setembro de 2010. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf. Acesso em: 26 jan. 2021.

ARANHA, E. A. *et al.* Educação empreendedora e as novas diretrizes curriculares nacionais em engenharia. *In:* TONINI, A.; PEREIRA, T.R.D.S.P. (orgs.). **Desafios da educação em engenharia: Empreendedorismo, Industria 4.0, Formação do Engenheiro, Mulheres em STEAM**. Brasília: ABENGE, 2019.

BANTOCK, G.H. **Dilemmas of the Curriculum**. Oxford: Martin Robertson Press, 1980.

BARBA-SANCHEZ, V.; ATIENZA-SAHUQUIDO, C. **Entrepreneurial intention among engineering students**: The role of entrepreneurship education European Research on Management and Business Economics, 24, p. 53-61, 2018. http://dx.doi.org/10.1016/j.iedeen.2017.04.001.

BAZZO, W.A.; PEREIRA, L.T.V. **Refletir, questionar, pensar...** para a construção de um engenheiro-cidadão. COBENGE 2005, 12-15/9, Campina Grande-PB, 2005.

BENDER, J.E.C. A utilização de mapas mentais como ferramenta de estudo e avaliação em engenharia. *In: COBENGE 2021*. **Anais [...]**. DOI:10.37702/COBENGE.2021.3481

BERTOLINI, Rodolfo. O Ecossistema de Aprendizagem e a Nova IES. *In:* REIS, F. **Revolução 4.0** – A educação superior na era dos robôs. São Paulo: Cultura, 2019. Cap. 3.

BONJORNO, Clintone Luíz. **Física – Eletromagnetismo – Física Moderna**. Ed. FTD. 2016.

BORGES, M.N.; AGUIAR NETO, B.G. Diretrizes Curriculares para os Cursos de Engenharia – Análise Comparativa das Propostas da ABENGE e do MEC. **Revista Brasileira de Ensino de Engenharia**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 1-8, 2000. ISSN 0101-5001.

BRASIL. **Decreto n.° 5.154/2004**, que "Regulamenta o § 2º do art. 36 e os arts. 39 a 41 da Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e dá outras providências", com fundamento no parecer CNE/CEB 39/2004, que dispões sobre "Aplicação do Decreto n.º 5.154/2004 na Educação Profissional Técnica de nível médio e no Ensino Médio.

BRASIL. **Decreto n.° 7.566, de 23 de setembro de 1909**. Crêa nas capitais dos Estados da República Escolas de Aprendizes Artífices, para o ensino profissional primário e gratuito. Estado da Guanabara, RJ.

BRASIL. **Decreto n.° 23.569, de 11 de dezembro de 193**3. Regula o exercício das profissões de engenheiro, de arquiteto e de agrimensor. Diário Oficial da União: seção 1, Rio de Janeiro, RJ, 11 dez. 1933.

BRASIL. **Decreto n.° 90.922, de 06 de fevereiro de 1985**. Regulamenta a Lei n.º 5.524, de 05 de novembro de 1968, que dispõe sobre o exercício da profissão de técnico industrial e técnico agrícola de nível médio ou de 2º grau.

BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Relatório de Curso**: Engenharia Elétrica: Universidade Federal de Mato Grosso: Cuiabá - 44. Brasília: INEP, 2019.

BRASIL. **Lei n.º 5.194, de 24 de dezembro de 1966**. Regula o exercício das profissões Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo, e dá outras providências.

BRASIL. **Lei n.º 5.524, de 5 de novembro de 1986**. Dispõe sobre o exercício da profissão de Técnico Industrial de nível médio. Brasília, DF.

BRASIL. **Lei n.º 8.078, de 11 de setembro de 1990**. Dispõe sobre a proteção do consumidor.

BRASIL. **Lei n.º 11.741, de 16 de julho de 2008**. Altera dispositivos da Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, para redimensionar, institucionalizar e integrar as ações da educação profissional técnica de nível médio, da educação de jovens e adultos e da educação profissional e tecnológica.

BRASIL. **Lei n.º 11.892, de 29 de dezembro de 2008**. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Brasília, DF.

BRASIL. **Lei n.º 13.639, de 26 de março de 2018**. Cria o Conselho Federal dos Técnicos Industriais, o Conselho Federal dos Técnicos Agrícolas, os Conselhos Regionais dos Técnicos Industriais e os Conselhos Regionais dos Técnicos Agrícolas. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Educação. **Catálogo Nacional de Cursos Técnicos (CNCT)**. Brasília, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. **Resolução CES/CNE 11/2002, de 09 de abril de 2002**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Engenharia, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. **Resolução N.º 1, de 5 de dezembro de 2014**. Atualiza e define novos critérios para a composição do Catálogo Nacional de Cursos Técnicos, 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. **Resolução CFE N.º 48, de 27 de abril de 1976**. Fixa os mínimos de conteúdo e de duração do curso de graduação em Engenharia e define suas áreas de habilitações, 1976.

BRASIL. Ministério da Educação. **Resolução CNE/CES 2/2019, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação em Engenharia, 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. **Resolução CNE/CES 01/2021 de 26 de março de 2021**. Altera as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação em Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, 2019.

BRASIL. **Resolução n.º 2, de 24 de abril de 2019**, que "Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia - DCN", com fundamento no Parecer CNE/CES n.º 1/2019, homologado por Despacho do Senhor Ministro de Estado da Educação, publicado no DOU de 23 de abril de 2019.

BRASIL. **Resolução n.º 218, de 29 de junho de 1973**. Discrimina atividades das diferentes modalidades profissionais da Engenharia, Arquitetura e Agronomia.

BRASIL. **Resolução n.º 1.010, de 22 de agosto de 2005**. Dispõe sobre a regulamentação da atribuição de títulos profissionais, atividades, competências e caracterização do âmbito de atuação dos profissionais inseridos no Sistema Confea/Crea, para efeito de fiscalização do exercício profissional.

BRASIL. **Resolução n.º 1.040, de 14 de agosto de 2013**. Consolida as áreas de atuação, as atribuições e as atividades profissionais relacionadas nas leis, nos decretos-lei e nos decretos que regulamentam as profissões de nível superior abrangidas pelo Sistema CONFEA/CREA.

BROCKMAN, J. B. **Introdução à Engenharia**: Modelagem e Solução de Problemas. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

CAMPOS, L.C. *et al*. A educação em engenharia no contexto da quarta revolução industrial. *In*: TONINI, A.M., PEREIRA, T.R.D.S.P. (orgs.). **Desafios da educação em engenharia**: Empreendedorismo, Industria 4.0, Formação do Engenheiro, Mulheres em STEAM. Brasília: ABENGE, 2019.

CFT. CONSELHO FEDERAL DOS TÉCNICOS INDUSTRIAIS. **Resolução n. 074, de 05 de julho de 2019**. Disciplina e orienta as prerrogativas e atribuições dos Técnicos Industriais com habilitação em Eletrotécnica, Brasília, DF.

CFT. CONSELHO FEDERAL DOS TÉCNICOS INDUSTRIAIS. **Resolução n. 094, de 13 de fevereiro de 2020**. Disciplina e orienta as prerrogativas e atribuições dos Técnicos Industriais com habilitação em Eletrotécnica, Brasília, DF.

CHAPMAN, S. J. **Fundamentos De Máquinas Elétricas**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. 700p.

COCIAN, L.F. **Introdução à Engenharia**. Editora: Bookman, Porto Alegre/RS. p. 2017.

CNI. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Destaque da Inovação**: recomendações para o fortalecimento e modernização no Brasil. Brasília: CNI, 2018.

CONFEA. **Resolução n. 218, de 29 de junho de 1973**. Regulamenta as atribuições profissionais inseridos nos sistemas Confea/Crea. Disponível em: http://www.confea.org.br/. Acesso em: 02 fev. 2020.

DEHUA, H. **The Analysis of Harmonics Damage on the Reactive Network**. 2012. p. 0–3.

DEL TORO, Vincent. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1994.

DUARTE, L. H. S. **Degradação dos Capacitores de Potência Sob Influência dos Componentes Harmônicos**. p. 1–170, 2000. Disponível em: http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EngEletrica{_}DuarteLH{_}1.pdf.

ELMÔR-FILHO, G.; SAUER, L. Z.; ALMEIDA, N. N.; VILLAS-BOAS, V. **Uma Nova Sala de Aula é Possível**: Aprendizagem Ativa na Educação em Engenharia. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

EL-ZEIN A. H.; HEDEMANN, C. **Beyond problem-solving: engineering and the public good in the 21st century**. J. Clean. Prod., 137, p. 692-700, 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.07.129

EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020** – ano base 2019. Empresa de pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energias, Governo Federal. 2020.

ERKKILÄ, K. **Entrepreneurial Education**: Mapping the Debates in the United States, the United Kingdom and Finland. Garland Publishing, Taylor & Francis Group: London, 2000.

FERLIN, A.P. Aplicação das técnicas de aprendizagem ativa em cursos de engenharia. *In: COBENGE 2021*. **Anais [...]**. DOI:10.37702/COBENGE.2021.3490

FILGUEIRAS, L. V.O.; ARAUJO, D. N.; OLIVEIRA, T. M. **Formação e Competência do Engenheiro Eletricista** - Análise Sistêmica. Disponível em: https://www.brazilianjournals.com/index.php/BASR/article/view/796. Acesso em: fev. 2021.

FINOCCHIO, M. A. F. Manutenção Elétrica. Apostila Didática – Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Cornélio Procópio – PR, 2013.

FUENTES, R. C. **Eletrônica**. 3. ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, Curso Técnico em Automação Industrial, 2009. 83 p.

FRANCO, M.; HAASE H. University–industry cooperation: Researchers' motivations and interaction channels. **Journal of Engineering and Technology and Managemen**t, v. 36, p. 41-51, 2015. Journal Homepage: www.elsevier.com/locate/jengtecman

GAZETA DO POVO. Municípios com Menos de 5 Mil Habitantes no Brasil. Disponível em: https://infograficos.gazetadopovo.com.br/politica/municipios-ate-5-mil-habitantes-no-brasil/. Acesso em: mar. 2021.

HÄGG, G.; GABRIELSSON, J. A systematic literature review of the evolution of pedagogy in entrepreneurial education research. **International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research**, v. 26, n. 5, p. 829-861, 2020 © Emerald Publishing Limited, 1355-2554. DOI: 10.1108/IJEBR-04-2018-0272.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER J. **Fundamentos de Física**. v. 3, 4. ed. LTC, 1996.

HERNANDEZ NETO, A. **Avaliação de metodologia de ensino centrada no aluno**. *In:* COBENGE 2000, 29/10-01/11, Ouro Preto-MG, 2000.

HOLTZAPPLE, D; REECE, W. **Introdução à Engenharia**. 1. ed. Rio de Janeiro/R: Editora: LTC, 2017. p. 105-106,

IEEE. **Standard for shunt power capacitors**, 15 de outubro. IEEE Std. 18-2002, 2002. Disponível em: https://standards.ieee.org/findstds/standard/18-2002.html.

INEP. **Indicadores de Qualidade da Educação Superior**. Brasília. Disponível em: https://www.gov.br/inep/pt-br/acesso-a-informacao/dados-abertos/indicadores-educacionais/indicadores--de-qualidade-da-educacao-superior. Acesso em: fev. 2021.

INEP. **Nota Técnica n.° 58/2020/CGCQES/DAES**. Brasília, Processo N.° 23036.000675/2020-07. 2020.

JANITZA. Harmonics. 2021. Disponível em: https://www.janitza.com/harmonics.html. Acesso em: 10 out. 2021.

JORGE, J.M.; SANTOS, A.C. A contribuição das metodologias de aprendizagem para a formação de engenheiros do futuro. DOI:10.37702/COBENGE.2021.3629

KOSOW, I. **Máquinas Elétricas e Transformadores**. Editora Globo. 1986.

LOBO e SILVA FILHO, R.L.; LOGO, M.B.; CARDOSO, J.R.; PERRENNOUD, R. **Engenheiros para Quê?** Formação e Profissão do Engenheiro no Brasil. São Paulo: Edusp, 2020.

MANFREDI, Silvia Maria. **Educação Profissional no Brasil**: Atores e Cenários ao Longo da História. 1. ed. São Paulo: Paco Editorial, 2017. 476 p. v. 1. ISBN 8546206457.

MATA, L.R.; LOPES, R.D. Aprendizagem ativa no desenvolvimento de produtos no contexto da indústria 4.0. *In: COBENGE 2021*. **Anais [...]**. DOI:10.37702/COBENGE.2021.3420

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Resolução CNE/CEB n.º 6, de 20 de setembro de 201**2. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional Técnica de Nível Médio, com fundamento no Parecer CNE/CEB n.º 11/2012.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR 10** – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2004.

MOAVENI, S. **Fundamentos de Engenharia: uma introdução**. Tradução da 5ª edição norte-americana. Cengage Learning Brasil, 2018. p. 22.

MORSELLI, D. Form@re - Open Journal per la formazione in rete ISSN 1825-7321, v. 19, n. 2, p. 149-160, 2019. Firenze University Press DOI: http://dx.doi.org/10.13128/formare-25176.

MUNDO EDUCAÇÃO. Disponível em: https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/lei-ampere.htm. Acesso em: 19 fev. 2021.

NASCIMENTO, R. P. d. *et al*. **Propostas de procedimentos para projetar filtros harmônicos a partir de um programa de penetração harmônica, incluindo cálculos de desempenho e de suportabilidade**. Universidade Federal de Uberlândia, 2007.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração Universal dos Direitos Humanos, 1948**. Disponível em: https://www.unicef.org/brazil/declaracao-universal-dos-direitos-humanos. Acesso em: dez. 2020.

PASSOS, F.L.; HERDY, F.H.; PASSOS, F.V. Aprendizado baseado em problema: O PBL nos cursos de Engenharia e Arquitetura no Brasil. *In:* CONGENGE 2010, 12 a 15/9, Fortaleza-CE, 2010. **Anais [...]**. Fortaleza-CE, 2010

PECES-BARBA MARTÍNEZ, Gregorio (com colaboração de Rafael de Asís Roig, Carlos R. Fernández Liesa e Ángel Llamas Cascón). **Lecciones de Derechos Fundamentales**: teoría general. Madrid: Dykinson, 2004.

PEREIRA, T.R.S. **O profissional de engenharia frente ao novo cenário das organizações**. *In*: COBENGE 2005, 12-15/9, Campina Grande-PB, 2005.

PERKMANN, M.; SALANDRA, R.; TARTARI, V.; MACKELVERY, M.;& HUGHES, A. **Academic engagement**: A review of the literature 2011-2019. Research Policy, 50: 1-20, 2021.

PIRES, I. A. Medidas de mitigação de harmônicos. **Revista O setor Elétrico**, dez. 2010. Disponível em: https://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2011/01/ed59_fasc_harmonicos_capXII.pdf. Acesso em: 26 mar. 2021.

POMILIO, J. A. **Apostila**: Pré-reguladores de Fator de Potência, Capítulo 1. Disponível em: https://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/pdffiles/pfp/Cap1.pdf

RIBEIRO, L.R.C.; ESCRIVÃO FILHO, E.; MIZUKAMI, M.G.N. Uma Experiência com a PBL no Ensino de Engenharia sob a Ótica dos Alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Engenharia**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 63-71, jun. 2004. ISSN 0101-5001.

RUF: Ranking Universitário da Folha de São Paulo. São Paulo, 2019. Disponível em: https://ruf.folha.uol.com.br/2014/oruf/comoefeitorankinguniversidades/. Acesso em: fev. 2021.

SARLET, Ingo Wolfgang. **Dignidade da Pessoa Humana e Direitos Fundamentais na Constituição Federal de 1988**. 7. ed. rev. atual. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2009b.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (SENAI). **Transparência Senai**: Dados de Infraestrutura. São Paulo, 2021. Disponível em: http://www.portaldaindustria.com.br/senai/canais/transparencia/dados-de-infraestrutura/. Acesso em: 12 jul. 2021.

SHUTTERSTOCK. Banco de dados de imagens. Disponível em: https://www.shutterstock.com/pt/image-photo/circuit-breaker-main-burn-fire-control-723706741. Acesso em: 30 nov. 2021.

SILVA, M. M. D. da. **Distorção e Filtro de Harmônicos na Alimentação de Conversores CA/CC por Rede CA e Gerador Síncrono**. Rio de Janeiro, 2007.

SIMONETTI, Ana Paula Morais Mourão *et al*. Diagnóstico de entendimento das atribuições do Engenheiro Agrônomo pelos profissionais da área em Cascavel, PR. *In:* SIMPÓSIO DE SUSTENTABILIDADE E CONTEMPORANEIDADE NAS CIÊNCIAS SOCIAIS, v. 1, n. 1, 2013. **Anais [...]**.

SINGH, R.; SINGH, A. **Energy Loss Due to Harmonics in Residential Campu**s – A Case Study. Universities Power Engineering Conference (UPEC), 2010 45th International, p. 1–6, 2010.

SZAJNBERG, M; ZAKON, A. Introdução às Ciências Naturais e o Ensino de Física e Matemática para as Engenharias. *In:* ENCONTRO ÍBERO AMERICANO DE DIRIGENTES DE INSTITUIÇÕES DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2., 2001, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro, 2001.

TELLES, P.C. S. **A Engenharia e os Engenheiros na Sociedade Brasileira**. Rio de Janeiro, RJ: Editora: LCT, 2015.

THURER, I.M.; STEVENSON, T.M; HUISINGH, A.D. **A systematic review of the literature on integrating sustainability into engineering curricula J. Clean**. Prod., 181, p. 608-617, 2018. DOI:10.1016/j.jclepro.2017.12.130

UFRGS. Instituto de Física. Física II. Unidade XIII. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/fis/sumulas/keller/rot13.pdf. Acesso em: fev. 2021.

UMANS, S. D. **Máquinas elétricas de Fitzgerald e Kingsley**. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014. 708 p.

VASCONCELOS, M.L.M.C. **Autoridade Docente no Ensino Superio**r: Discussão e Encaminhamentos. São Paulo: Ed. Intertexto e Xamã, 2006.

VENDRAME, A. C. **Curso de Introdução à Perícia Judicial**. 2. ed. Rio de Janeiro: Vendrame, 2012. 465 p.

VIEIRA, M.D.S.; AGUIAR NETO, B.G. Peer instruction: continuing teacher education in higher education. Procedia - Social and Behavioral Sciences 217, p. 249 – 256, 2016. DOI: 10.1016/j.**sbspro.20**16.02.078.

VILAS-BOAS, V. *et al*. Educando o engenheiro do século XXI: aprendizagem ativa para formação por competências no contexto das novas DCNS I*n:* TONINI, A.M.; PEREIRA, T.R.D.S.P. (orgs.). **Os desafios para formar hoje os engenheiros do amanhã**. Brasília: ABENGE, 2020.

VOM RAESFELD, A.; GEURTS, P.; JANSEN, M., BOSHUIZEN, J., LUTTGE, R. Influence of partner diversity on collaborative public R&D project outcomes: A study of application and commercialization of nanotechnologies in the Netherlands. **Technovation**, v. 31, 227-233, 2012. Journal Homepage: www.elsevier.com/locate/technovation.

WANG, Y.; YONG, J., SUN, Y. *et al*. Characteristics of Harmonic Distortions in Residential Distribution Systems. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 32, n. 3, p. 1495–1504, jun. 2017. ISSN: 0885-8977. DOI: 10.1109/TPWRD.2016.2606431. Disponível em: http://ieeexplore.ieee.org/document/7563330/.

YEE, Zung Che. **Perícias de Engenharia de Segurança do Trabalho**. 2. ed. Curitiba: Juruá, 2011. 206 p.

ZAKON, A; NASCIMENTO, J. L. SZANJBERG, M. As Funções dos Cientistas, Engenheiros, Técnicos E Tecnólogos. *In:* COBENGE 2003. **Anais [...]**. [s.l: s.n.].

Autores

Adriana Fatima Dussel dos Santos é engenheira eletricista e de Segurança no Trabalho, mestranda em arquitetura e urbanismo em Arquitetura e Urbanismo na linha de pesquisa: Ambiente Construído e Sustentabilidade. Professora do curso de Engenharia Civil, arquitetura e engenharia elétrica do Centro Universitário de Várzea Grande – UNIVAG.

Adriano Breunig possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Mato Grosso (1992). Pela Universidade Federal de Uberlândia/UFU, é mestre (1996) e doutor (2002) em Engenharia Elétrica. Professor Titular de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Professor EBTT do IFMT desde 1996. Diretor de Políticas, Projetos e Articulação Institucional do IFMT de 2017 a 2021. Diretor de Sede e Diretor Geral Substituto do Campus Cuiabá - Octayde Jorge da Silva do Instituto Federal de Mato Grosso - IFMT 2015 a 2017. Diretor de Ensino do Centro Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso de 2003 a 2006. Secretário de Estado de Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso no período de 2011 a 2012. Secretário Adjunto de Ciência Tecnologia do Estado de Mato Grosso no período de 2013 a 2014. Presidente da Câmara de Educação Profissional e de Educação Superior do Conselho Estadual de Educação de Mato Grosso - CEE/MT 2015 a 2017. Conselheiro do Conselho Estadual de Educação do Estado de Mato Grosso - CEE/MT de 2011 a 2019. Membro da Comissão Executiva Nacional do Catálogo Nacional dos Cursos Técnicos – CONAC. Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso de 2009 a 2011. Avaliador Institucional e de Cursos do INEP desde 2006. Avaliador

da Comissão de Informática da SETEC/MEC de 2002 - 2005. Avaliador da SEED/MEC para procedimentos de Supervisão de Polos Cursos Superiores na modalidade de educação a distância de 2008 a 2010. É Conselheiro da Câmara de Engenharia Elétrica do Crea-MT. É Chefe do Departamento de Regulação, Supervisão e Acompanhamento da Avaliação de Cursos do Instituto Federal de Mato Grosso.

Ana Cristina Kubo Almada possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Mato Grosso, pós-graduada em Engenharia de Segurança do Trabalho e Sistema de Energia (Ambos na UFMT). Mestre na área de Ciências Ambientais com ênfase em Energia Renováveis - (UNIC). Trabalhou nas Centrais Elétricas Mato-grossenses - CEMAT, atuou como analista reguladora na Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL/AGER - MT, atua como consultora da Federação das Indústrias de Mato Grosso (FIEMT – Sócio Indústria) na área de Eficiência Energética, Instalações Elétricas, atuando também no segmento da Segurança do Trabalho em empresas. No segmento acadêmico superior atuou como coordenadora no curso de Tecnologia de Segurança do Trabalho (UNIC - Beira Rio – Cuiabá-MT), como docente nas Engenharias da Universidade de Cuiabá (UNIC - Barão de Melgaço - Cuiabá - MT) e coordenação dos cursos de Engenharia Elétrica e Mecânica. Atualmente como instrutora do Sistema FIEMT - SENAI para os cursos técnico profissionalizante e analista técnica em Desenvolvimento de Projetos na Secretaria de Educação - Seduc. Também possui anotação de responsabilidade técnica na empresa própria Electra Engenharia Gestão e Segurança no Trabalho.

Antônio Geraldo Ferreira possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG e pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Federal da Bahia - UFBA. É graduando em Direito na Universidade Salvador - UNIFACS. Servidor do Crea-BA, há 27 anos, onde exerce o cargo de analista técnico da

Câmara Especializada de Engenharia Elétrica - CEEE. Possui amplo conhecimento e domínio da legislação profissional, tendo atuado junto ao Confea como especialista na discussão e elaboração da Resolução n.º 1010/2005. É professor de cursos de graduação e pós-graduação em Instituições de Ensino privadas da Bahia, atuando, também, como perito judicial e profissional autônomo nas áreas de Engenharia Elétrica e de Segurança do Trabalho.

Benedito Guimarães Aguiar Neto é Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (1977), mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (1982), doutor em *Elektrotechnik/Fernmeldetechnik pela Technische Universität* Berlin, Alemanha (1987) e com pós-doutorado pela University of Washington, EUA (2008). É professor titular aposentado do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, onde foi coordenador do Curso de Engenharia Elétrica da UFPB de 1989 a 1993 e diretor do Centro de Ciências e Tecnologia da UFPB e UFCG de 1997 a 2005. Em janeiro de 2013 foi agraciado com o título de Doutor Honoris Causa pelo Gondon College, USA, e em junho de 2013 com o título de Professor Emérito do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande. Foi editor da Revista de Educação em Engenharia da ABENGE (1999-2004) e seu diretor acadêmico de 2011 a 2016. De 2016 a outubro de 2019, foi presidente do Conselho de Reitores das Universidades Brasileiras (CRUB). De 2017 a 2019 e vice-presidente para a região Brasil da Associação Universitária Interamericana (OUI). Foi reitor da Universidade Presbiteriana Mackenzie de março de 2011 a fevereiro 2020 e presidente da CAPES de fevereiro de 2020 a abril de 2021. Atualmente é professor titular da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

Danilo Ferreira de Souza possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Mato Grosso (2011). É especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (2014). É especialista em Energia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2015).

É mestre e doutorando em Energia pelo Instituto de Energia e Ambiente/ IEE da Universidade de São Paulo/USP. É professor adjunto na Universidade Federal de Mato Grosso. Foi coordenador de Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UFMT no Biênio 2018-2020 e é membro dos Comitês Técnicos - ABNT/CB-003/CE.003.064.001 - Instalações Elétricas de Baixa tensão e ABNT/CB-003/CE.003.064.010 - Proteção contra descargas atmosféricas. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, atuando em projetos de instalações elétricas, proteção contra descargas atmosféricas, máquinas elétricas e eficiência energética. Desenvolve pesquisas em usos finais de energia e é membro do Grupo de Pesquisa em Desempenho e Segurança de Equipamentos e Materiais Elétricos da USP.

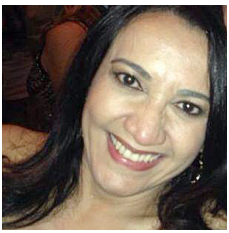
Diogo Vogel Lisboa é engenheiro eletricista - Crea MT: MT032787 e graduado em Física pela UFMT. Atualmente é engenheiro eletricista/sócio proprietário da Vogel Engenharia e Consultoria e responsável técnico por ela, na qual realiza serviços técnicos de consultoria em análise e gestão de faturas, projetos elétricos de média tensão, e sistemas solares fotovoltaicos de usinas de grande porte. Atualmente exerce o cargo de conselheiro regional do Crea-MT, no Mandato de (2021 – 2024), pela AMEE – Associação Mato-grossense de Engenheiros Eletricistas. Atuou como supervisor de Projetos Particulares na Energisa Mato Grosso, e como engenheiro de proteção. Possui experiência como professor substituto do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - IFMT. Experiência na realização de análises de projetos de sistemas solares fotovoltaicos e consultoria técnica regulatória junto às resoluções normativas da ANEEL.

Fabiano João Leoncio de Padua possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Mato Grosso (1999), mestrado em Engenharia de Telecomunicações pela Universidade Estadual de Campinas (2001) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista (2014). Atualmente é professor no Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT)

– Campus Cuiabá. Tem experiência na área de Sistemas de Telecomunicações. Tem atuado como professor no ensino técnico e superior. Também tem atuado nas áreas de rede de computadores, automação industrial e automação residencial.

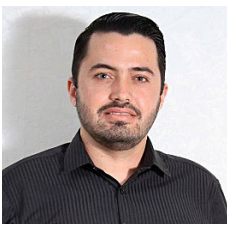
Geraldo Sidnei Afonso é graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Mato Grosso/UFMT (1986), mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília/UNB (2012), graduado em Direito pela Universidade Federal de Mato Grosso/UFMT (1997), advogado militante com registro pela OAB/MT sob número 5.740/MT, desde 2001. Foi professor de Direito da Universidade de Cuiabá/UNIC e da Universidade Cândido Rondon/Unirondon. É professor do Departamento de Engenharia Elétrica e Automação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso/IFMT desde 1989.

Lauro Leocádio da Rosa possui graduação em Engenharia Elétrica pela UFMT. É especialista em Planejamento Educacional pela Asoec. É mestre em Engenharia Elétrica pela UnB. É doutor em Física Ambiental pela UFMT. É professor titular no Departamento de Engenharia Elétrica e Automação do IFMT. Foi conselheiro e coordenador da Câmara Especializada de Engenharia Elétrica do Crea-MT de 2011 a 2014. É presidente da Associação Mato-grossense dos Engenheiros Eletricistas (AMEE) mandato de 2019 a 2022. É diretor de Relações Institucionais da Abracopel-MT. É conselheiro do Conselho Estadual de Educação CEE-MT.



Maria do Socorro Almeida de Sousa é doutora em Direitos Humanos pela Universidade de Salamanca (Espanha), com conclusão em 2016. Mestre em Ciências Jurídicas, com ênfase em Direito do Trabalho, pela Universidade de Lisboa (Portugal), com conclusão em 2006. Portadora do Curso de Preparação

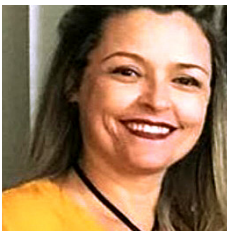
à Magistratura pela Escola Superior da Magistratura do Estado do Piauí (1990). Graduada em Direito pela Universidade Federal do Piauí (1989). Investigadora integrante do grupo de pesquisa "Grupo de Estudos Cultura, Direito e Sociedade" (UFMA). Investigadora integrante do grupo de pesquisa "Medicina Social: Direito, Saúde e Cidadania" (UFPB). Revisora da Revista Diálogos Críticos. É Juíza do Trabalho vinculada ao Tribunal Regional do Trabalho da 16ª. Região (empossada em 1994), exercendo desde 2014 a titularidade da Vara do Trabalho de Barreirinhas (MA). Tem experiência nas áreas de Direito do Trabalho, Direito Processual do Trabalho, Direito Processual Civil, Direitos Humanos e Direitos Fundamentais. Membro do Comitê Gestor de Ação Integrada à Saúde do Tribunal Regional do Trabalho da 16ª Região (desde 2018). Membro do Núcleo Permanente de Métodos Consensuais e Solução de Disputas do Tribunal Regional do Trabalho da 16ª Região (desde 2018). Membro da Comissão de Gestão do Teletrabalho do Tribunal Regional do Trabalho da 16ª Região (desde 2018). Membro do Programa "Justiça, Trabalho e Cidadania" do Tribunal Regional do Trabalho da 16ª Região (desde 2018). Membro da Comissão de Erradicação do Trabalho Escravo e de Combate ao Trabalho Infantil e Estímulo à Aprendizagem do Tribunal Regional do Trabalho da 16ª Região (desde 2018). Foi membro da Comissão da Comissão de Erradicação para acompanhamento das ações relacionadas à matéria de Direitos Humanos do Tribunal Regional do Trabalho da 16ª Região. Exerceu a função de gestora regional do Programa para Erradicação do Trabalho Infantil do Tribunal Superior do Trabalho (2013/2015). Foi membro da Comissão para Erradicação do Trabalho Escravo e Infantil, do Tribunal Regional do Trabalho da 16ª Região (2013/2015). Foi membro do Conselho Fiscal da Associação dos Magistrados do Trabalho da 16ª Região (MA). Exerceu o cargo de diretora de prerrogativas da Associação dos Magistrados do Trabalho da 16ª Região (MA).



Matheus da Silveira possui graduação em Engenharia Elétrica pelo IFG e pós-graduação *lato sensu* em Automação Industrial pela UNINTER. Atua na área de Engenharia Elétrica, mais precisamente nas áreas de Instalações Elétricas, Automação e do Sistema Elétrico

de Potência (SEP). É professor no Departamento de Engenharia Elétrica e Automação do IFMT-Cuiabá. É conselheiro Suplente da Câmara Especializada de Engenharia Elétrica do Crea-MT. É vice-presidente da Associação Mato-grossense dos Engenheiros Eletricistas (AMEE) e vice-diretor da Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade (Abracopel-MT).

Ruan Carlos Ramos da Silva possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Mato Grosso (2014) e pós-graduação *lato sensu* em Energias Renováveis pela UNINTER. Atualmente é professor do Instituto Federal de Mato Grosso e membro do comitê de Comunicação Eletrônica e Embarcada ABNT/CE-203:019.002.



Walkyria Krysthie Arruda Gonçalves Martins possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Mato Grosso/UFMT (1993). Pela Universidade Federal de Uberlândia/UFU, é mestre (1997) e doutora (2002) em Engenharia Elétrica. É especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Federal de Mato Grosso/UFMT (2017). Foi professora do Departamento da Área de Eletro-Eletrônica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso/IFMT-Cuiabá (2005-2008). Foi professora na Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia/UFU. Foi professora do Curso de Telecomunicações na Uniminas. É professora Associada na Universidade Federal de Mato Grosso/UFMT desde 2008. É fundadora do Programa de Educação Tutorial do Departamento de Engenharia Elétrica da UFMT/PET-ELÉTRICA-UFMT (2010) onde permaneceu como tutora até 2019. Tem experiência em consultorias e P&D na área de Qualidade da Energia Elétrica. Desenvolve pesquisas em Qualidade da Energia Elétrica, *Flexible AC Transmission Sistems FACTS*, Engenharia de Segurança do Trabalho.

Walter Aguiar Martins Júnior é bacharel em Engenharia Elétrica e Especialista em Sustentabilidade, pela Universidade Federal de Mato Grosso, 2017 e 2019. É conselheiro suplente da Câmara Especializada de Engenharia Elétrica do Crea/MT. É membro dos Comitês Brasileiros de “Eletricidade” & “Gestão e Economia de Energia”. Trabalha como engenheiro eletricista na área de desenvolvimento de consultoria, estudos e projetos em instalações elétricas, segurança de instalações elétricas e sistemas de gestão de energia.

Este livro apresenta uma discussão aprofundada da atuação profissional do(a) Técnico (a) em Eletrotécnica e do(a) Engenheiro(a) Eletricista a partir do confrontamento pedagógico-técnico de suas formações acadêmicas, do estudo fundamentado das orientações das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Técnico, dos recursos técnico-científicos de que cada profissão dispõe na resolução de problemas reais que são encontrados nas demandas profissionais e de estudos de caso e análise das legislações vigentes.

Sua leitura é esclarecedora e importante para aquele que quer elucidar a questão do limite profissional entre as duas áreas profissionais abordadas, sem deméritos, com imparcialidade e com método claro e específico, feita por autores que têm largo conhecimento para explanar as questões levantadas e analisadas.

ISBN 978-85-8009-304-9

Entidade Promotora:

AMEE
ASSOCIAÇÃO MATO-GROSSENSE DOS ENGENHEIROS ELETRICISTAS

Entidade Patrocinadora:

CREA-MT
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Mato Grosso

Entidade Apoiadora:

CONFEA CREA
Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia

ABENGE
Associação Brasileira de Educação em Engenharia

ABEE

MUTUA-MT
CAIXA DE ASSISTÊNCIA DOS PROFISSIONAIS DO CREA