



BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

RICARDO SZUPSZYNSKI

**INSTALAÇÕES ELÉTRICAS NA ENGENHARIA CIVIL – RISCOS NA ATUAÇÃO  
NA ÁREA**

PORTO ALEGRE

2022

RICARDO SZUPSZYNSKI

**INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E O ENGENHEIRO CIVIL – RISCOS NA ATUAÇÃO  
NA ÁREA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário Ritter dos Reis da Ânima Educação, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Dr. Eduardo Cesar Pachla

PORTO ALEGRE

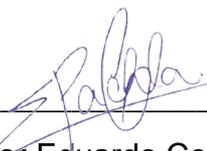
2022

**RICARDO SZUPSZYNSKI**

**INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E O ENGENHEIRO CIVIL – RISCOS NA ATUAÇÃO  
NA ÁREA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Ritter dos Reis.

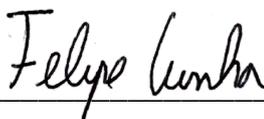
Porto Alegre, 13 de dezembro de 2022.



---

Prof. e orientador Eduardo Cesar Pachla, Dr.

Centro Universitário Ritter dos Reis



---

Prof. Felipe Silveira Prates da Cunha, Especialista

Centro Universitário Ritter dos Reis

Dedico este trabalho a minha esposa, filhos e pai Valdemar Szupczynski (*in memoriam*), que sempre me mostrou com seu exemplo o caminho correto da honestidade e ética.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que sempre me apoiaram na busca da segunda graduação, especialmente a minha esposa Joseane Cardoso Trelles Szupczynski, fazendo-se presente na rotina dos meus filhos nos momentos em que precisei me ausentar para estudar.

Estendo meus agradecimentos a todos os funcionários do Centro Universitário Ritter dos Reis, principalmente ao corpo docente pelos conhecimentos repassados, destacando o Dr. Eduardo Cesar Pachla pela orientação na condução deste trabalho de conclusão de curso.

## RESUMO

Este trabalho, com base em pesquisa de campo, analisou a atuação do engenheiro civil na área da elétrica, com a apresentação de exemplos como projetos e obras em que esses profissionais foram os responsáveis técnicos. Foram realizadas as avaliações dos exemplos vivenciados em campo, fazendo a conexão deles com exigências das normas de instalações elétricas vigentes, discutindo as não conformidades desses trabalhos com as possíveis carências ou ausências de conteúdos abordados nos planos de ensino de algumas universidades.

A motivação para a realização deste trabalho partiu da constatação ao longo do tempo de fatos em que normas e conceitos da elétrica não estavam sendo seguidos em sua plenitude por engenheiros civis.

O resultado deste trabalho foi o cruzamento destes fatos com os planos de ensino de algumas universidades, na busca de encontrar o por que da ocorrência destes fatos. Foram avaliados também as disciplinas e horas dedicadas a área elétrica na graduação de engenharia civil.

Nas universidades avaliadas, chegou-se a conclusão de que em média 2,6% do tempo total da graduação de civil é dedicado para a área de elétrica, acarretando em aproximadamente 110 horas de aula e práticas nesta área.

Palavras-chave: Projetos Elétricos; Engenheiro Civil; Instalações Elétricas

## **ABSTRACT**

This work, based on field research, analyzed the performance of the civil engineer in the electrical area, with the presentation of examples such as projects and works in which these professionals were the technicians in charge. Estimates of the examples experienced in the field were carried out, making their connection with the requirements of the current electrical installation standards, discussing the non-conformities of these works with the possible deficiencies or absences of content dispensed in the teaching plans of some universities.

The motivation for carrying out this work came from the observation over time of facts in which electricity standards and concepts were not being fully followed by civil engineers.

The result of this work was the crossing of these facts with the teaching plans of some universities, in the search to find the reason for the occurrence of these facts. Subjects and hours devoted to the electrical area at the civil engineering school were also evaluated.

In university evaluations, it was concluded that, on average, 2.6% of the total time of civil initiation is dedicated to the electrical area, resulting in approximately 110 hours of classes and practices in this area.

**Keywords:** Electrical Projects; Civil engineer; Electrical Installations

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Incêndios por sobrecarga – série histórica 2013-2021.....	16
Figura 2 - Fluxograma de um projeto elétrico.....	18
Figura 3 - Situação hipotética de equipotencialização .....	24
Figura 4 - Instalação típica DPS.....	25
Figura 5 - Possibilidades de posicionamento do dispositivo de proteção contra sobrecorrentes .....	26
Figura 6 - Segurança em instalações elétricas desenergizadas .....	27
Figura 7 - Vista do SPDA da caixa d'água .....	33
Figura 8 - Planta baixa da caixa d'água com o eletrodo de aterramento .....	34
Figura 9 – Eletrodo de aterramento conforme NBR-5410:2004 .....	35
Figura 10 - Parte do encaminhamento “E” dos circuitos elétricos e infraestrutura utilizada.....	36
Figura 11 - Circuitos elétricos do encaminhamento “E”.....	36
Figura 12 - Parte do quadro elétrico do projeto.....	37
Figura 13 - Parte do diagrama do quadro elétrico.....	38
Figura 14 – Infraestrutura única de saída do quadro elétrico .....	39
Figura 15 - Especificação em projeto de infraestrutura exclusiva para os condutores 120 mm <sup>2</sup> .....	40
Figura 16 - Especificação em projeto da infraestrutura para os condutores 120 mm <sup>2</sup> .....	40
Figura 17 – Projeto SPDA com telhas em fibrocimento e PVC .....	42
Figura 18 – Estrutura de madeira que seria reaproveitada .....	43
Figura 19 – Telhas de fibrocimento e PVC que seriam reaproveitadas .....	43
Figura 20 – Telhado metálico instalado.....	44
Figura 21 – Estrutura metálica instalada.....	44
Figura 22 – Quadro elétrico instalado .....	45
Figura 23 – Parte do projeto elétrico .....	46
Figura 24 - Tabela 42 da NBR-5410:2004: Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores num mesmo plano, em camada única.....	47

Figura 25 – Bloqueio de disjuntor de forma incorreta.....48

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.2	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	14
1.3	OBJETIVOS	14
1.3.1	Objetivo Geral	14
1.3.2	Objetivos Específicos	14
1.4	JUSTIFICATIVA	15
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	PROJETOS ELÉTRICOS	17
2.2	COMPETÊNCIA PROFISSIONAL	19
2.3	SEGURANÇA EM PROJETOS ELÉTRICOS	19
2.4	PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS	20
2.5	PROTEÇÃO CONTRA SOBRECARGA	21
2.6	ELETRODO DE ATERRAMENTO	21
2.7	ATERRAMENTO	22
2.7.1	Aterramento funcional	22
2.7.2	Aterramento de proteção	23
2.8	EQUIPOTENCIALIZAÇÃO	23
2.9	DPS	25
2.10	SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE	27
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	28
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	28
3.2	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1	APRESENTAÇÃO DAS UNIVERSIDADES E DOS PLANOS DE ENSINO	30

4.1.1	Universidade 1	30
4.1.2	Universidade 2	31
4.1.3	Universidade 3	31
4.1.4	Universidade 4	32
<b>4.2</b>	<b>APRESENTAÇÃO DE PROBLEMAS IDENTIFICADOS PELO AUTOR</b>	<b>32</b>
4.2.1	Problemas identificados em projetos	32
4.2.2	Problema em projeto 1: Projeto de SPDA e eletrodo de aterramento em caixa d'água	33
4.2.3	Problema em projeto 2: Dimensionamento de condutores elétricos	35
4.2.4	Problema em projeto 3: Dimensionamento de quadro elétrico	37
<b>4.3</b>	<b>PROBLEMAS IDENTIFICADOS EM EXECUÇÃO</b>	<b>38</b>
4.3.1	Problema em obra 1: Execução de edificação residencial	38
4.3.2	Problema em obra 2: Não atualização de projeto após alteração estrutural de telhado	41
4.3.3	Problema em obra 3: Montagem e instalação de quadro elétrico	45
4.3.4	Problema em obra 4: Operação inadequada de disjuntor	47
<b>4.4</b>	<b>ANÁLISE DA ORIGEM DOS PROBLEMAS</b>	<b>48</b>
4.4.1	Análise dos problemas identificados em projetos	48
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>52</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>53</b>
<b>7</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>55</b>
	ANEXO A - Programa Introdução a Instalações Elétricas Universidade 2	55
	ANEXO B - Programa Eletricidade C Universidade 3	57
	ANEXO C - Programa Instalações Elétricas Prediais Universidade 3	58
	ANEXO D - Programa Ondas, Eletricidade e Magnetismo Universidade 4	59
	ANEXO E - Programa Instalações Elétricas de Incêndio Universidade 4	60



## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com a ABRACOPEL, no ano de 2020, ocorreram no Brasil 764 mortes causadas por acidentes de origem elétrica, dos quais 691 foram por choques elétricos, 26 por sobrecargas e 47 causadas por descargas atmosféricas.

Os números mostram a importância de os projetos elétricos serem elaborados por profissionais capacitados, com conhecimento abrangente e ciência da aplicação de todas as normas em vigência. Além da preocupação com a segurança das instalações, a segurança de vidas e sua preservação deve ser um item indispensável nos dimensionamentos das instalações elétricas, tornando as edificações seguras e minimizando ao máximo os impactos de acidentes elétricos em vidas humanas.

Este trabalho abordará a atuação do engenheiro civil na área de projetos e instalações elétricas, seu conhecimento e base teórica adquiridos na universidade *versus* a necessidade do mercado para uma atuação segura.

Para embasamento teórico, o trabalho irá trazer os principais tópicos da NBR-5410:2004, elaborada no Comitê Brasileiro de Eletricidade pela Comissão de Estudo de Instalações Elétrica de Baixa Tensão. A norma estabelece as condições que devem ser atendidas pelos projetos e instalações elétricas, com o objetivo de assegurar a segurança de pessoas e o funcionamento adequado das instalações e equipamentos.

Foram trazidos também tópicos e posicionamentos de publicações da área de instalações elétricas, com citações e figuras sobre as instalações para uma fácil compreensão do leitor.

Exemplos práticos de fatos verificados e vivenciados na prática do dia a dia do autor deste trabalho serão mostrados, com possíveis exemplos de projetos e instalações executadas por engenheiros civis, avaliando o atendimento às normas vigentes e às boas práticas, verificando se estas acarretam algum risco à vida, às instalações ou a equipamentos.

### 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Ao término da graduação de engenharia civil, os engenheiros estarão habilitados a elaborar projetos elétricos, executar e fiscalizar as instalações elétricas, conforme a atividade W0456 - Instalações Elétricas em baixa tensão (1000 V), disponível para a categoria no CREA-RS. Esta atividade possibilita ampla atuação do engenheiro civil na área da engenharia elétrica.

Diante do fato acima, que envolve a liberação da atividade de instalações elétricas para engenheiro civil, mesmo com poucas referências acadêmicas durante o curso, é que surgiram dúvidas para a seguinte questão de pesquisa:

- Caso necessário, quais seriam os conhecimentos exigidos ao engenheiro civil para reduzir os riscos e custos em manutenções corretivas nas instalações elétricas?

## 1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho tem como alvo projetos elétricos de baixa tensão elaborados por profissionais da Engenharia Civil no Brasil. Para tanto, buscou-se fatos e exemplos em obras realizadas no estado do Rio Grande do Sul que envolveram instalações elétricas e que tiveram como gerenciamento ou fiscalização responsáveis técnicos com formação em engenharia civil, sem o acompanhamento de profissionais com formação específica em elétrica.

## 1.3 OBJETIVOS

Os objetivos do presente trabalho foram divididos em objetivo geral e objetivos específicos, os quais são apresentados a seguir.

### 1.3.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral verificar se a atuação do engenheiro civil na área elétrica acarreta riscos, e, caso a resposta seja sim, exemplificar quais os riscos e suas soluções.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Buscar fatos nas atuações do engenheiro civil em obras de instalações elétricas que houve possíveis riscos, como, por exemplo projetos e execuções;
- Buscar projetos elétricos elaborados por engenheiro civil;
- Avaliar tecnicamente os fatos práticos levantados e os projetos elétricos;
- Apontar itens de normas vigentes e boas práticas em instalações elétricas não seguidos nos projetos elaborados por engenheiro civil;
- Indicar os conhecimentos complementares necessários ao engenheiro civil para atuação na área elétrica.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

De acordo com o CREA-RS, todo engenheiro civil está habilitado a elaborar projetos elétricos, executar e fiscalizar instalações elétricas, conforme a atividade W0456 - Instalações Elétricas em baixa tensão (1000 V), disponível para a categoria no CREA-RS para a elaboração de ART (Anotação de Responsabilidade Técnica).

Com atuação superior a 10 anos na elaboração de projetos elétricos, o autor deste trabalho presenciou diversos fatos na sua vivência em que engenheiros civis atuavam na área elétrica em projetos, obras ou gerenciamento de atividades.

As instalações elétricas mal feitas são causa responsável por mais de 50% dos incêndios domésticos no Brasil em 2020, conforme a Agência Brasil divulgou em 03/05/2021.

Como o autor atualmente é acadêmico do curso da engenharia civil da Uniritter, (Centro Universitário Ritter dos Reis), sente-se habilitado a analisar seus conhecimentos como futuro engenheiro civil na área elétrica, comparando estes com os conhecimentos adquiridos na formação de engenheiro eletricitista.

A busca de fatos e exemplos práticos da atuação do engenheiro civil em projetos de instalações elétricas servirá como base de dados para avaliações técnicas ponto a ponto, citando possíveis itens ou parâmetros não seguidos pelos profissionais da engenharia civil.

Elucidando as possíveis falhas, normas técnicas e/ou boas práticas não seguidas em instalações e projetos no campo da elétrica por engenheiros civis, esta pesquisa poderá auxiliar a sociedade na escolha, seleção ou contratação de profissionais com habilitação e conhecimento para cada área afim, com a certeza de que todos os conhecimentos e normas técnicas serão aplicados.

#### 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 1, serão apresentados a questão de pesquisa, os objetivos e a justificativa. No capítulo 2, é realizada uma breve revisão bibliográfica sobre o tema, seguida do capítulo 3, em que é caracterizada a pesquisa e são apresentadas as técnicas e instrumentos de coleta de dados e definidas as variáveis. No capítulo 4, os resultados são apresentados e complementados pela discussão sobre eles, concluindo, no capítulo 5, o presente estudo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

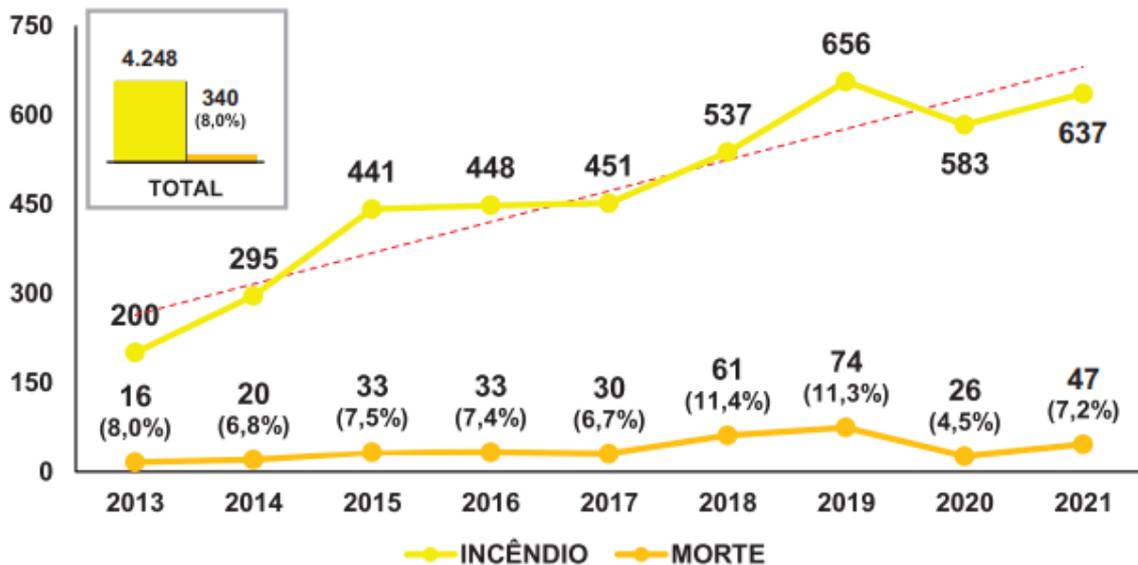
Toda edificação, sendo ela predial, pública, comercial, industrial ou de serviço possui instalações elétricas que devem seguir a NBR-5410:2004 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

A NBR-5410:2004 estabelece as condições que as instalações elétricas de baixa tensão devem atender, com o objetivo de assegurar a segurança de vidas e o funcionamento adequado da instalação e conservação de propriedades (NBR 5410:2004, p. 1). A norma possui diversos capítulos que devem ser seguidos pelo profissional habilitado para o exercício correto na área de instalações elétricas, tanto atividades de projeto quanto as de execução de obras.

Nos casos em que as especificações da NBR-5410:2004 não são seguidas por completo, ou são interpretadas de forma incorreta, as instalações elétricas correm risco de rápida deterioração ou, em casos mais graves, sofrer danos, como, por exemplo, o superaquecimento que provoca incêndios, colocando vidas em risco.

A Figura 1 ilustra incêndios por sobrecarga, apresentando o total de incêndios e a quantidade de mortes na série histórica de 2013 a 2021.

Figura 1- Incêndios por sobrecarga – série histórica 2013-2021



Fonte: ABRACOPEL (2021)

Conforme a avaliação da ABRACOPEL, há a tendência de crescimento tanto dos números de choques elétricos quanto do número de incêndios causados por sobrecarga nas instalações elétricas. Os anos de 2020 e 2021 são considerados exceção devido à alteração da atividade econômica e comportamental da população como um todo e à pandemia enfrentada pelo mundo. As causas dessas sobrecargas são decorrentes da não utilização de dispositivos de proteção, o dimensionamento errado ou alteração desses dispositivos.

Ainda conforme o anuário estatístico ABRACOPEL (2021), no ano de 2021 ocorreram 674 mortes causadas por choques elétricos no Brasil. Estas quantidades elevadas de sobrecargas e choques elétricos ocorrem devido a não consideração de todos fatores e parâmetros determinados na NBR-5410:2004 para o dimensionamento e a execução das instalações elétricas.

## 2.1 PROJETOS ELÉTRICOS

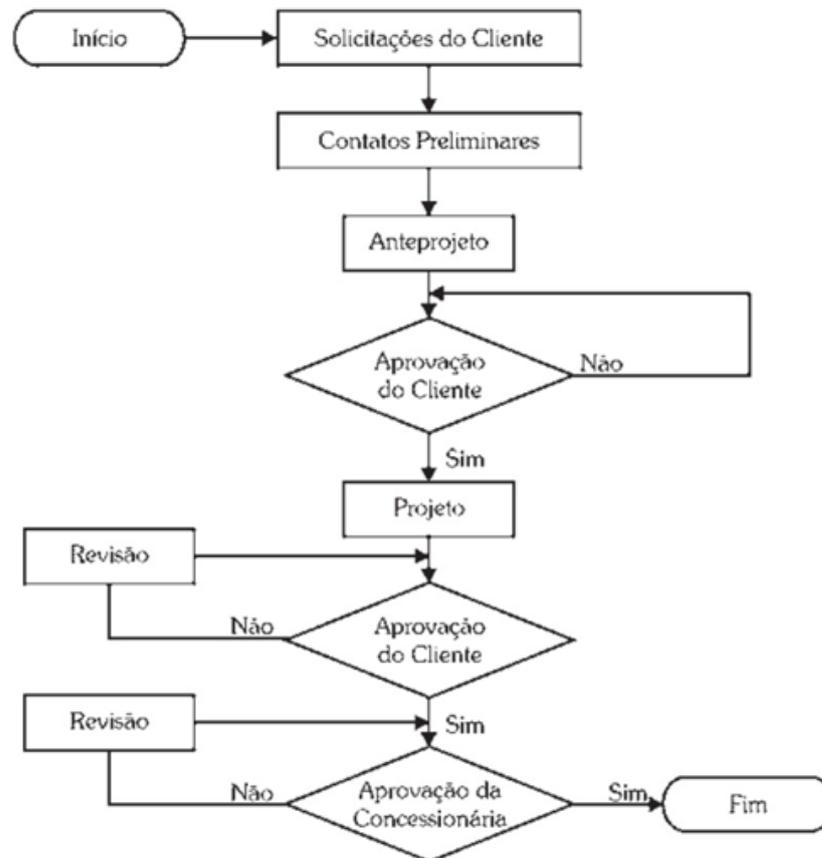
Abordando o assunto de projetos, Lima (2011) relata que nenhum problema possui uma solução única, que projetar é avaliar e apresentar possíveis soluções para a resolução de determinados problemas e que, frequentemente, para um único problema existem várias alternativas possíveis. Cabe ao profissional avaliá-las e decidir pela que julgar mais adequada. Podem existir aspectos contraditórios nessa decisão, pois envolvem a escolha do projetista, tendo como pesos na balança o atendimento às normas técnicas, segurança das instalações e usuários, operação das instalações e a relação custo-benefício.

Projetar é antecipar detalhadamente uma solução que seja implementada para cumprir um objetivo. Cabe ao projetista se perguntar se o que está sendo projetado pode ser realmente executado e será executado a um custo razoável:

Em uma palavra, projetar pressupõe capacidade de criação, para elaborar as soluções possível dentro de um determinado contexto, e capacidade de discernimento para compará-las e selecioná-las. (LIMA, 2011, p. 14)

Ainda conforme Lima (2011), o projeto é dinâmico e pode sofrer revisões e alterações que, preferencialmente, devem ocorrer na fase de projeto. Caso essas alterações ocorram na fase de execução, frequentemente será mais custosa ao cliente, com desperdício de recursos materiais, humanos e de tempo.

Figura 2 - Fluxograma de um projeto elétrico



Fonte: Lima (2011)

Observa-se que é essencial a aprovação do cliente na fase de anteprojeto, para que se tenha certeza de que todas as premissas recebidas estão sendo atendidas nessa etapa. Após a aprovação do cliente é que deve iniciar a etapa de projeto. Conforme Lima (2011), o projeto elétrico em relação à utilização das instalações elétricas deve levar em consideração três critérios:

- **Acessibilidade:** as instalações devem estar acessíveis para manutenção e operação.
- **Flexibilidade e reserva de carga:** o projeto deve considerar uma certa reserva de carga ou até possíveis pequenos ajustes posteriores.
- **Confiabilidade:** as instalações devem atender às normas técnicas, garantir a segurança das instalações e de pessoas.

## 2.2 COMPETÊNCIA PROFISSIONAL

De acordo com Leite (2011), os profissionais habilitados para a elaboração de projetos e execução de obras de instalações de energia são os engenheiros e os técnicos industriais de nível médio. Ainda conforme Leite (2011), a maioria dos CREAs tem seguido posições semelhantes de acordo com as soluções do CREA/MG no que se refere ao engenheiro, pois para o técnico de nível médio a legislação é bem clara. O CREA/MG estabelece duas categorias de atribuições para engenheiros, conforme decisão normalizadora N°2 de 24/05/89:

1ª Categoria: Abrange projetos e instalações elétricas sem restrições de cargas, tensão ou condição de trabalho. Estarão habilitados para estas atividades os engenheiros eletricitas ou mecânicos-eletricitas que possuem como atribuições o estudo, o projeto, a direção e a execução de obras relativas às usinas elétricas, às redes de distribuição e instalações energia elétrica.

2ª Categoria: Nesta categoria somam-se aos profissionais da 1ª categoria os diplomados em curso superior de engenharia civil ou arquitetura. Limita-se para esta categoria projetos em baixa tensão para fins residenciais e com carga total instalada até 50 kW. Não se enquadram nesta categoria projetos e instalações:

- locais que tem como objetivo o suprimento de energia a ambientes como hospitais, postos de gasolina;
- estruturas que utilizem sistema de geração de energia;
- locais como recintos de reuniões, teatros, cinemas, escolas, hotéis, shopping centers e afins;
- locais com presença de gases ou vapores inflamáveis, combustíveis, poeira, fibras etc.

## 2.3 SEGURANÇA EM PROJETOS ELÉTRICOS

Conforme Cruz (2012), é obrigatória nos projetos elétricos a especificação de dispositivos de desligamento dos circuitos elétricos que impeçam a reenergização, com a apropriada sinalização e indicação de condição de operação visível, ou seja, no momento do seccionamento do circuito para a manutenção, o dispositivo de seccionamento, por exemplo, o disjuntor, deve possuir a opção de travamento do

mesmo para não possibilitar a reenergização do circuito por outra pessoa que não seja o responsável pela manutenção.

Ainda conforme CRUZ (2012), os circuitos que possuem finalidades diferentes, como TI, telecomunicações, sinalização e outros, devem ser instalados separadamente, ou seja, com circuitos exclusivos.

## 2.4 PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS

Conforme a NBR-5410:2004, toda vida, seja ela humana ou de animais, deve ser protegida contra choques elétricos decorrentes do contato acidental ou por falha das instalações. Para evitar os choques elétricos, a NBR-5410:2004 especifica como proteções básicas a proteção das partes vivas evitando que fiquem acessíveis, bem como as instalações condutivas ou parte delas não devem oferecer riscos, tanto em condições normais de operação quando apresentaram falhas que as tornem vivas. (NBR 5410:2004, p. 35).

Além das proteções básicas acima, a NBR-5410:2004 determina a utilização de proteção adicional com o uso de DR (dispositivo diferencial residual) de alta sensibilidade com corrente diferencial residual nominal igual ou inferior a 30 mA. A utilização deste dispositivo não dispensa as proteções básicas citadas no parágrafo acima. (NBR 5410:2004, p. 49).

A utilização do DR é obrigatória nas seguintes situações:

- a) circuitos elétricos que atendem chuveiros ou banheiras;
- b) circuitos que possuam tomadas elétricas instaladas em áreas externas à edificação;
- c) circuitos que possuam tomadas elétricas instaladas no interior das edificações, mas que possam atender equipamentos externos a ela;
- d) circuitos em locais de habitação ou não residenciais que atendem tomadas elétricas em áreas como cozinha, lavanderia, copa, área de serviço e quaisquer outras áreas sujeitas a lavagens;

Essa proteção adicional só não é obrigatória pela NBR-5410:2004 em circuitos com correntes nominais acima de 32 A, aparelhos de iluminação instalados a uma altura de 2,50 m ou superior, equipamentos específicos de TI que atendam sistemas em que sua continuidade de funcionamento seja indispensável à segurança de pessoas ou quando há o risco de desligamento de congeladores que possa significar perdas ou consequências sanitárias relevantes. (NBR 5410:2004, p. 50).

## 2.5 PROTEÇÃO CONTRA SOBRECARGA

Leite (2011) diz que os dispositivos disjuntor, relé térmico ou fusível protegem os circuitos elétricos contra correntes de curto circuito e/ou correntes de sobrecarga. Estes dispositivos sempre possuem uma corrente nominal, que é a corrente que o dispositivo deve ser capaz de conduzir infinitamente, ou seja, é a corrente de operação do dispositivo sem que ele sofra aquecimento ou deformações. Quando a corrente de operação do circuito é superior à corrente nominal do dispositivo, o circuito está sofrendo uma sobrecarga, geralmente ocasionada por solicitações dos equipamentos acima de suas capacidades nominais ou alterações nas instalações não previstas em projetos, como, por exemplo, acréscimo de equipamentos.

A sobrecarga, mesmo sendo uma solicitação acima do normal, em geral, é moderada e tem uma duração limitada pelos dispositivos que possuem uma atuação segundo uma curva tempo x corrente.

Os dispositivos citados acima também supervisionam as correntes de curto-circuito que, conforme Gebran (2016), ocorrem quando o circuito passa a ter uma resistência próxima a zero. Este fato é ocasionado pela falha de isolamento de qualquer fase com o terra, neutro ou ainda entre as fases.

Os dispositivos também possuem uma curva de atuação tempo x corrente de proteção. Esta curva define o tempo e a corrente que o dispositivo suportará até a atuação da proteção. Isso porque alguns equipamentos podem exigir uma corrente de partida ou início maior, mas por um curto espaço de tempo.

## 2.6 ELETRODO DE ATERRAMENTO

Conforme exigência da NBR-5410:2004, toda edificação deve possuir uma infraestrutura de aterramento, chamada eletrodo de aterramento. A norma admite a utilização de algumas formas e opções para a concepção do eletrodo de aterramento:

- utilização das estruturas de ferragens da edificação, como, por exemplo, as armaduras das fundações, desde que assegurada a interligação elétricas entre elas;
- utilização de cabos, barras ou fitas metálicas projetados para essa utilização e imersos nas fundações de concreto. A instalação deve circundar o perímetro da edificação formando um anel envolvido por camada de concreto de, no mínimo, 5 cm de espessura e a uma profundidade mínima de 0,5 m;

- utilização de malhas metálicas enterradas no nível das fundações cobrindo toda a área da edificação;

- em caso de não possibilidade de adoção às formas citadas acima, pode-se utilizar um anel metálico enterrado no perímetro da edificação, formando um anel.

Quando não for possível a adoção de uma das formas citadas acima para a instalação do eletrodo de aterramento, a NBR-5410:2004 permite a utilização de alternativas, mas sempre tentando se aproximar o máximo possível de umas das formas de instalação da norma ou combinando mais de uma. Isso ocorre, por exemplo, em edificações existentes.

Não são permitidas o uso de outras instalações como eletrodo de aterramento, por exemplo, a utilização de canalizações de água.

## 2.7 ATERRAMENTO

Segundo Creder (2017), o aterramento é a conexão das instalações com o terra, com o objetivo de referenciar a rede elétrica e permitir que escoem para a terra as correntes de diversas naturezas, tais como, correntes de raio, descargas eletrostáticas, correntes de filtros, supressores de surtos ou de para-raios de linha e ainda correntes de faltas para a terra.

O aterramento tem como objetivo sensibilizar equipamentos de proteção, criar caminho para descargas elétricas e diminuir a resistência. (GEBRAN, 2016, p. 164)

Ainda conforme Creder (2017), existem dois tipos de aterramento:

### 2.7.1 Aterramento funcional

Aterramento funcional é a ligação de um dos condutores do sistema, que, geralmente, é o neutro, à terra. Este tipo tem como objetivo o funcionamento correto e seguro da instalação.

### 2.7.2 Aterramento de proteção

Aterramento de proteção é a ligação de todas as massas e dos elementos condutores estranhos à instalação, com o objetivo de proteção contra choques elétricos ocasionados por contato direto.

Ao contrário de Creder (2017), que somente cita o aterramento de trabalho, Cruz (2019) classifica este como o terceiro tipo de aterramento. O aterramento de trabalho, conforme Cruz (2019), é a ligação provisória de partes do sistema elétrico à terra, com o objetivo de proteção e segurança nas atividades de manutenção.

## 2.8 EQUIPOTENCIALIZAÇÃO

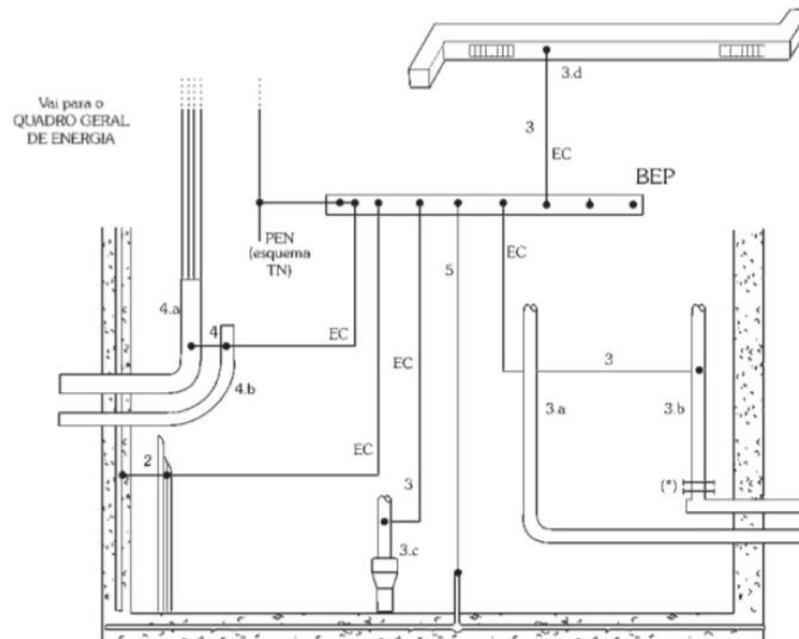
De acordo com a NBR-5410:2004, a edificação deve possuir uma equipotencialização principal, ou seja, um ponto único onde todas as massas e o eletrodo de aterramento devem ser conectados. Na equipotencialização, todos os elementos abaixo devem ser reunidos:

- tubulações metálicas de água, gás, esgoto, sistemas de ar condicionado;
- elementos estruturais metálicos;
- infraestruturas metálicas e condutores de proteção de energia e telecomunicações que entram e saem da edificação;
- condutores provenientes dos eletrodos de aterramento;
- condutores de proteção da instalação elétrica interna.

No local de equipotencialização deve ser previsto um BEP (barramento de equipotencialização principal), onde deverão ser conectados todos os elementos acima. No BEP deve ser executada uma conexão mecânica e eletricamente confiável.

A Figura 3 representa uma situação hipotética de equipotencialização.

Figura 3 - Situação hipotética de equipotencialização



Fonte: Lima (2011)

Legenda:

BEP - Barramento de equipotencialização principal

EC – Condutores de equipotencialização

PEN – Quando o condutor combina as funções de proteção e neutro

1 – Eletrodo de aterramento (neste caso embutido nas fundações)

2 – Armaduras de concreto armado e outras estruturas metálicas da edificação

3 – Tubulações metálicas de utilidades bem como os elementos estruturais a elas associadas.

Por exemplo:

3a – água

3b – gás

3c – esgoto

3d – ar condicionado

4 – Condutos metálicos, blindagens, armações, coberturas e capas metálicas de cabos.

4a – linha elétrica de energia

4b – Linha elétrica de sinal

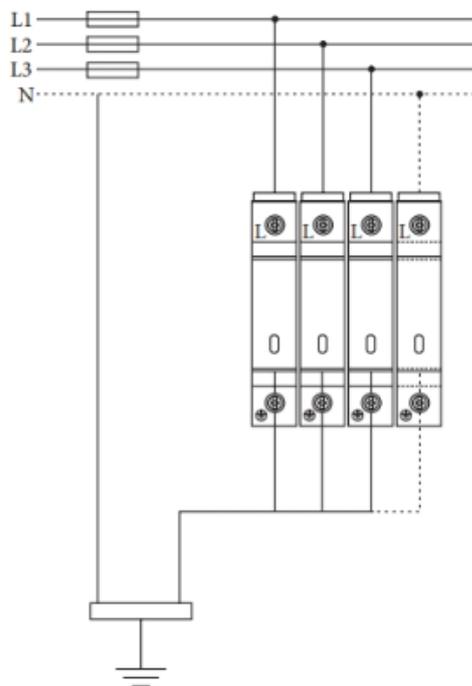
5 – Condutor de aterramento principal

## 2.9 DPS

Conforme Cruz (2012), o dispositivo de proteção contra surtos, chamado de DPS, é o dispositivo responsável pela proteção contra surtos de tensão, ou seja, sobretensões transitórias provocadas por descargas diretas ou indiretas na rede elétrica. Estas descargas são causadas por raios ou por manobras na rede elétrica.

Os surtos — aumento repentino na tensão da rede elétrica — podem causar sérios danos às instalações elétricas ou a equipamentos.

Figura 4 - Instalação típica DPS

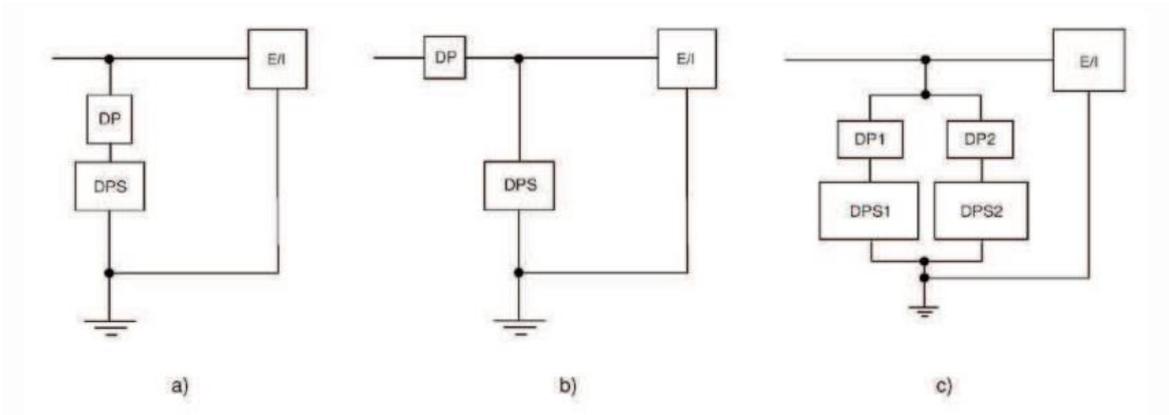


Fonte: Lima (2011)

De acordo com a NBR-5410:2004, a possibilidade de falha interna do DPS faz com que o mesmo entre em curto-circuito, tornando-se necessária a instalação de dispositivo de proteção contra sobrecorrentes, para eliminar o curto-circuito.

Existem três formas de instalação do DPS juntamente com a proteção contra sobrecorrente, conforme Figura 5 descritas abaixo:

Figura 5 - Possibilidades de posicionamento do dispositivo de proteção contra sobrecorrentes



Fonte: NBR-5410:2004

Legenda:

DP: dispositivo de proteção contra sobrecorrentes

DPS: dispositivo de proteção contra surtos

E/I: equipamento/instalação a ser protegido contra sobretensões

O posicionamento conforme a Figura 5-a, levando-se em consideração que as proteções estão devidamente coordenadas, no caso de uma sobrecorrente, assegura a continuidade de funcionamento da instalação, mas deixa a mesma desprotegida para o caso de uma nova sobretensão ou surto.

O posicionamento conforme a Figura 5-b, no caso de atuação da proteção contra sobrecorrente, afeta o funcionamento da instalação, pois interrompe a alimentação do circuito.

A solução ideal é a instalação das proteções conforme a Figura 5-c, pois oferece uma maior probabilidade de termos, tanto a continuidade de alimentação da instalação e equipamentos quanto a continuidade proteção contra sobretensão. Nessa forma de ligação são utilizados dois DPS idênticos, cada um protegido pelo seu DP específico, sendo estes idênticos também. A maior confiabilidade do esquema decorre da redundância adotada.

## 2.10 SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE

Com o objetivo de garantir a segurança de trabalhadores que interagem com instalações elétricas e prestam serviços na área, foi publicada, em 1978, a Norma Regulamentadora 10, conhecida como NR 10.

A NR-10 estabelece medidas de controle em manutenções, documentações que devem estar disponíveis no local das instalações, capacitação dos profissionais que atuam na área de instalações elétricas, medidas de proteção individual e coletiva. A NR-10 também trata em segurança que devem ser previstas em projetos elétricos objetivando a proteção dos profissionais da manutenção que irão operar o sistema após a sua finalização.

Dentre todos os itens importantes na NR-10, destaca-se a necessidade de bloquear a reenergização do dispositivo de seccionamento desligado, conforme o item 10.5.1 da NR-10 da Figura 6.

Figura 6 - Segurança em instalações elétricas desenergizadas

**10.5.1** Somente serão consideradas desenergizadas as instalações elétricas liberadas para trabalho, mediante os procedimentos apropriados, obedecida a seqüência abaixo:

- a) seccionamento;
  - b) impedimento de reenergização;
- 
- c) constatação da ausência de tensão;
  - d) instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos;
  - e) proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada (Anexo I);
  - f) instalação da sinalização de impedimento de reenergização.

Fonte: NR-10

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são descritas as metodologias utilizadas para a coleta de dados deste trabalho de conclusão de curso, incluindo a caracterização da pesquisa. Também são abordadas as técnicas para coletar os dados e os instrumentos que serão utilizados para medi-los. Encerra-se o capítulo elencando as variáveis que serão observadas para a execução do Trabalho.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Quanto a área do conhecimento, conforme definidas pelo CNPq (2020), este Trabalho se situa na grande área das engenharias, dentro da subárea engenharia civil, no ramo da construção civil, especificamente na área de instalações elétricas.

Quanto à finalidade, o trabalho classifica-se como sendo uma pesquisa aplicada, uma vez que, conforme Gil (2010), o tipo de pesquisa assim denominado pretende “aquisição de conhecimentos com vistas à aplicação numa situação específica” (GIL, 2010, p. 27), avaliando os possíveis riscos e da atuação de engenheiros civis na área de instalações elétricas.

Quanto aos métodos empregados, classifica-se a pesquisa, ainda conforme a sub-divisão estabelecida por Gil (2010), referente a natureza dos dados, como uma pesquisa de campo, uma vez que nos interessa neste Trabalho a coleta dos dados no próprio local onde ocorrem os eventos para os quais se buscam as respostas. Quanto ao ambiente em que os dados serão coletados, o trabalho será de campo, pois trata-se de pesquisa onde serão buscados projetos e exemplos de fatos em que os engenheiros civis atuam na área elétrica. Quanto ao grau de controle das variáveis, será uma pesquisa de campo, a qual, conforme Gil (2010), é conceituada como “aquela pesquisa onde a coleta de dados se dará no próprio local onde ocorrem os eventos para os quais se buscam respostas” (GIL, 2010, p. 28).

Quanto aos objetivos, enquadra-se esta pesquisa dentro do tipo denominado pesquisa descritiva, pois, tendo em vista o que afirma o mesmo autor, este é o tipo de pesquisa em que “a maioria das que são realizadas com objetivos profissionais” (GIL, 2010, p. 27), o que está em sintonia com o que pretende este Trabalho, uma vez que a coleta de dados se dará através de levantamento bibliográfico e levantamento de dados. Ainda dentro dessa subdivisão, a coleta de dados se dará por meio de levantamento de campo, que é descrito por Martins Junior (2008) como “contato maior

com a população pesquisada a fim de verificar a ocorrência de algum fenômeno que estaria influenciando sobre a mesma ou a fim de realizar alguma experiência com a sua participação”. (MARTINS JUNIOR, 2008, p. 58).

### 3.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS

Será utilizada a técnica da observação não sistemática com o autor deste trabalho sendo participante do grupo pesquisado, fazendo parte de trabalhos diretamente ou indiretamente na mesma equipe de forma natural. Sendo o autor participante, terá acesso a projetos elétricos elaborados por engenheiros civis ou acesso a instalações e trabalhos na área de instalações elétricas realizadas por esses profissionais.

No caso de projetos elétricos, eles foram armazenados e suas partes a serem avaliadas separadas e documentadas para exemplificação e apontamento e análise.

Os casos de instalações elétricas executadas ou gerenciadas por engenheiros civis serão exemplificados por fotos, tendo suas partes analisadas. Foi utilizada máquina fotográfica e projetos recebidos, sendo estes plotados ou de forma digital.

Ao longo da sua atuação na área de projetos elétrico, o autor deste Trabalho teve acesso a projetos elétricos, elaborados por engenheiros civis, de shoppings centers, escritórios de arquitetura, clientes atuais de sua empresa e projetos de concorrentes enviados para sua avaliação.

Para os casos de atuação do engenheiro civil em instalações elétrica, serão visitadas instalações executadas ou em andamento, com relatório fotográfico apontando possíveis não atendimentos às normas vigentes para instalações elétricas.

Após a coleta dos dados, eles serão avaliados e seus exemplos mais didáticos separados para exemplificação neste trabalho.

A identidade dos profissionais, bem como dos contratantes e clientes será mantida e nenhuma propriedade será exposta. Portanto, as imagens e as partes de projetos terão seus autores suprimidos e identificados como fonte o próprio autor do trabalho.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o objetivo de embasar e auxiliar o trabalho de análise de ocorrências de não conformidades em atividades profissionais do engenheiro civil na área de elétrica, o autor deste trabalho buscou no mercado instituições de ensino de engenharia civil.

### 4.1 APRESENTAÇÃO DAS UNIVERSIDADES E DOS PLANOS DE ENSINO

Neste capítulo serão apresentados as matrizes curriculares e os planos de ensino das disciplinas da área de elétrica de quatro universidades, sendo uma pública e três privadas. Essas informações foram obtidas através dos *sites* das instituições de ensino e contatos com as escolas especializadas, sendo os nomes das instituições preservados.

#### 4.1.1 Universidade 1

A universidade apresentada pelo autor como sendo a universidade 1 é privada e oferta o curso de engenharia civil na modalidade EAD, com carga horária de 3.636 horas e 200 vagas anuais. A matriz curricular desta universidade prevê somente uma disciplina da área elétrica, chamada neste curso de Instalações Elétricas e de Incêndio, ministrada no 6º semestre.

No caso da universidade 1, em um total de 3.636 horas do curso, somente 66 horas são dedicadas a área de elétrica, o que corresponde a menos de 1,9% do tempo total do curso, sendo compartilhado na disciplina com as instalações de incêndio.

A universidade 1 não informou o programa da disciplina, o que leva a concluir que fica a cargo do profissional responsável que ministra a disciplina selecionar os conteúdos a serem trabalhados.

#### 4.1.2 Universidade 2

A universidade apresentada pelo autor como sendo a universidade 2 é privada e oferta o curso de engenharia civil na modalidade presencial, com carga horária de 3.750 horas e 60 vagas anuais. A matriz curricular da universidade 2 prevê duas disciplinas da área elétrica: Introdução a Instalações Elétricas, ministrada no 4º semestre, com carga horária de 30 horas, e a disciplina de Instalações Elétricas Prediais, ministrada no 5º semestre, com carga horária de 90 horas.

No caso da universidade 2, em um total de 3.750 horas do curso, 90 horas são dedicadas à área de elétrica, o que corresponde a 2,4% do tempo total do curso.

O programa da disciplina de Introdução a Instalações Elétricas possui o conteúdo abaixo informado no ANEXO A - Programa Introdução a Instalações Elétricas Universidade 2:

#### 4.1.3 Universidade 3

A universidade apresentada pelo autor como sendo a universidade 3 é pública e oferta o curso de engenharia civil na modalidade presencial, com carga horária de 4.245 horas e 160 vagas anuais. A matriz curricular desta universidade prevê duas disciplinas da área elétrica: Eletricidade C ministrada na 4ª etapa, com carga horária de 60 horas, e a disciplina de Instalações Elétricas Prediais, ministrada na 9ª etapa, com carga horária também de 60 horas.

Nesta universidade, em um total de 4.245 horas do curso, 120 horas são dedicadas à área de elétrica, o que corresponde a 2,8% do tempo total do curso.

O programa da disciplina de Eletricidade C possui o conteúdo programático, conforme informado pela universidade 3 no ANEXO B - Programa Eletricidade C Universidade 3.

O programa da disciplina de Instalações Elétricas Prediais possui o conteúdo programático informado pela universidade, conforme o ANEXO C - Programa Instalações Elétricas Prediais Universidade 3.

#### 4.1.4 Universidade 4

A universidade apresentada pelo autor como sendo a universidade 4 é privada e oferta o curso de engenharia civil nas modalidades presencial, EAD e semipresencial, com carga horária de 3.867 horas e 200 vagas anuais. A matriz curricular da universidade prevê duas disciplinas da área elétrica: Ondas, Eletricidade e Magnetismo, com carga horária de 66 horas e a disciplina de Instalações Elétricas de Incêndio, também com carga horária 66 horas.

Nesta universidade, em um total de 3.867 horas do curso, 132 horas são dedicadas à área de elétrica, o que corresponde a 3,4% do tempo total do curso.

O programa da disciplina de Ondas, Eletricidade e Magnetismo possui o conteúdo programático conforme informado pela universidade 4 no ANEXO D - Programa Ondas, Eletricidade e Magnetismo Universidade 4.

O programa da disciplina de Instalações Elétricas de Incêndio possui o conteúdo programático informado pela universidade conforme o ANEXO E - Programa Instalações Elétricas de Incêndio Universidade 4 .

## **4.2 APRESENTAÇÃO DE PROBLEMAS IDENTIFICADOS PELO AUTOR**

Neste capítulo serão apresentados os problemas encontrados e vivenciados pelo autor na sua vida profissional, sendo estes tanto em execuções de obras ou elaboração de projetos por engenheiros civis. Serão apresentadas fotos e prints para apresentação das não conformidades.

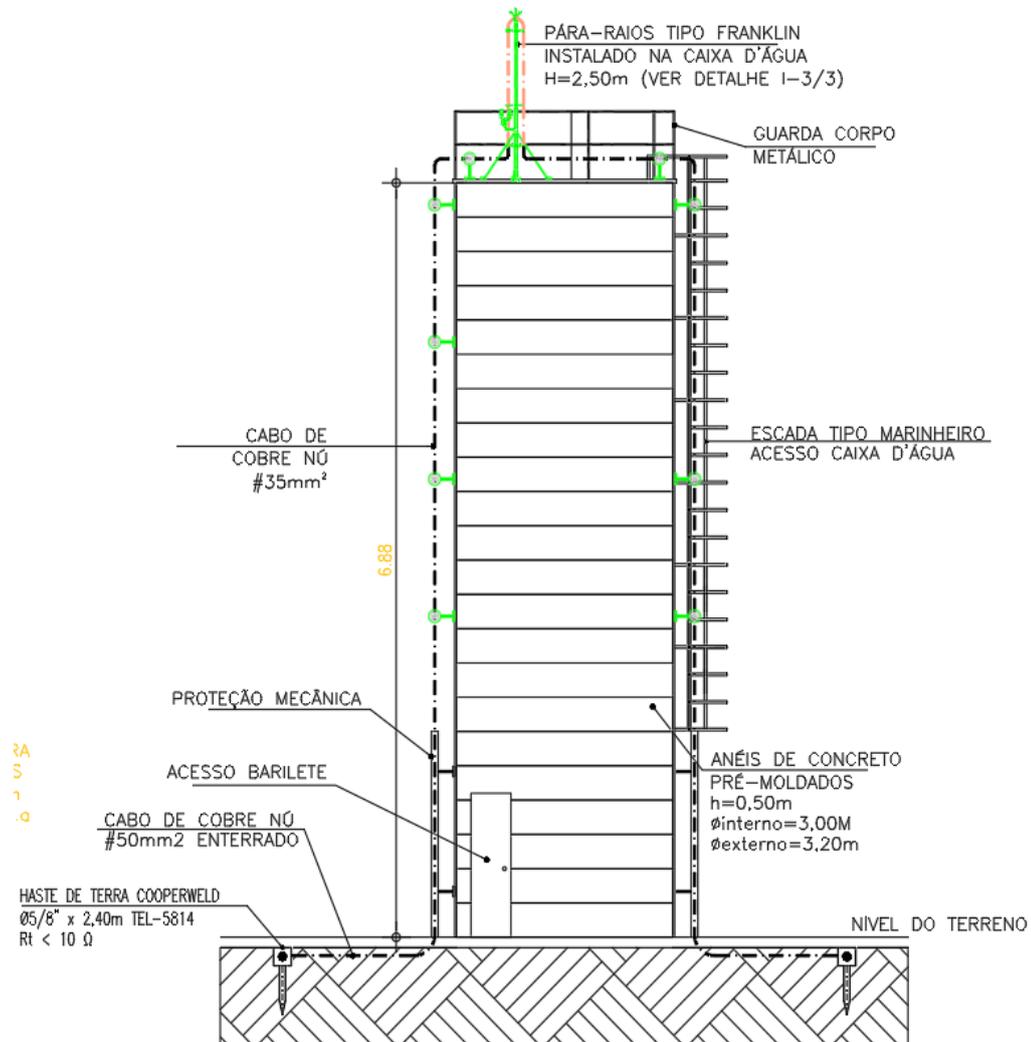
### 4.2.1 Problemas identificados em projetos

Neste capítulo serão mostrados problemas encontrados na vivência profissional do autor deste Trabalho em projetos elétricos elaborados por profissionais da engenharia civil.

#### 4.2.2 Problema em projeto 1: Projeto de SPDA e eletrodo de aterramento em caixa d'água

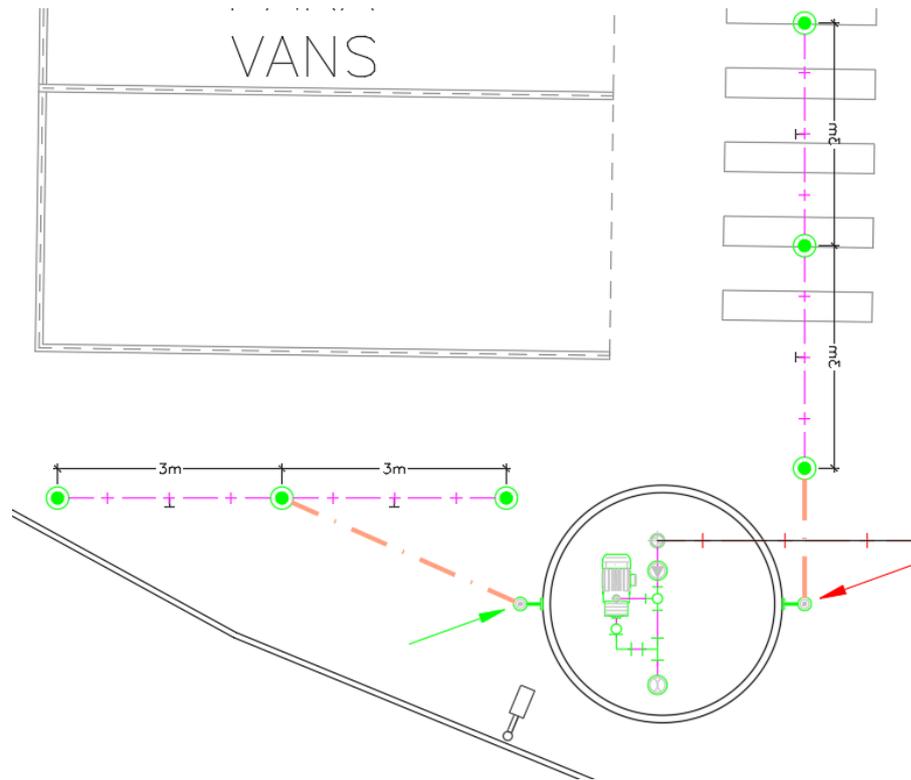
Este projeto é referente às especificações estruturais, hidráulicas e SPDA elaboradas por um engenheiro civil para uma caixa d'água a ser instalada e nova em sua totalidade. Na Figura 7 e na Figura 8 são exibidos trechos do projeto referente às instalações do SPDA da edificação.

Figura 7 - Vista do SPDA da caixa d'água



Fonte: elaboração própria

Figura 8 - Planta baixa da caixa d'água com o eletrodo de aterramento



Fonte: elaboração própria

Conforme abordado no item ELETRODO DE ATERRAMENTO deste trabalho, para ser considerado como tal, o eletrodo de aterramento deve levar em consideração a utilização das estruturas metálicas da edificação, ferragens imersas na estrutura ou ainda como alternativa um anel metálico enterrado circundando a edificação como eletrodo de aterramento.

Nenhuma dessas opções foram consideradas neste projeto, em total desacordo com a NBR-5410:2004 no seu item 6.4.1.1 exibido na Figura 9.

Figura 9 – Eletrodo de aterramento conforme NBR-5410:2004

**6.4.1.1 Eletrodos de aterramento**

**6.4.1.1.1** Toda edificação deve dispor de uma infra-estrutura de aterramento, denominada “eletrodo de aterramento”, sendo admitidas as seguintes opções:

- a) preferencialmente, uso das próprias armaduras do concreto das fundações (ver 6.4.1.1.9); ou
- b) uso de fitas, barras ou cabos metálicos, especialmente previstos, imersos no concreto das fundações (ver 6.4.1.1.10); ou
- c) uso de malhas metálicas enterradas, no nível das fundações, cobrindo a área da edificação e complementadas, quando necessário, por hastes verticais e/ou cabos dispostos radialmente (“pés-de-galinha”); ou
- d) no mínimo, uso de anel metálico enterrado, circundando o perímetro da edificação e complementado, quando necessário, por hastes verticais e/ou cabos dispostos radialmente (“pés-de-galinha”).

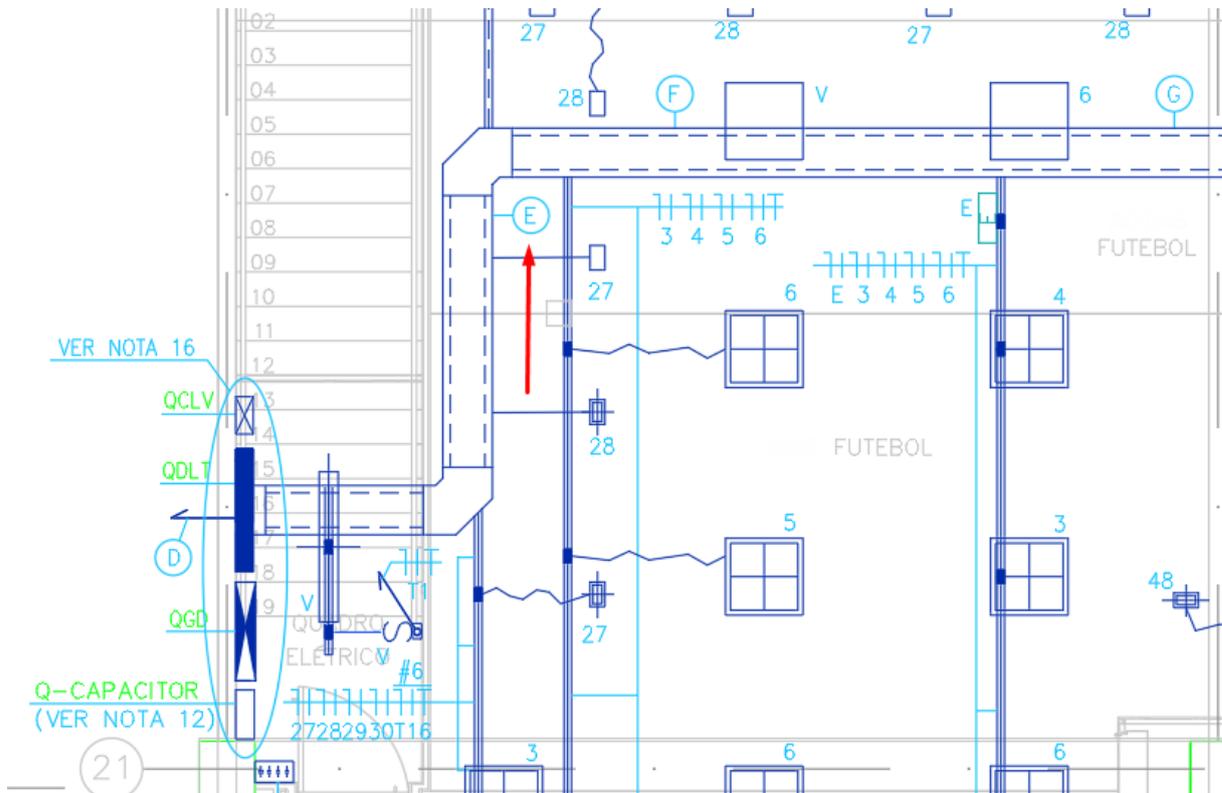
Fonte: NBR-5410:2004

#### 4.2.3 Problema em projeto 2: Dimensionamento de condutores elétricos

Este projeto é referente às especificações das instalações elétricas de um ponto comercial, com aproximadamente 1.000m<sup>2</sup> e uma quantidade aproximada de 90 circuitos elétricos.

Por se tratar de uma quantidade alta de circuitos, a utilização de infraestruturas com maiores dimensões é necessária. Conforme a Figura 10, o encaminhamento “E” é referente aos circuitos instalados na mesma infra-estrutura, neste caso, uma eletrocalha metálica.

Figura 10 - Parte do encaminhamento “E” dos circuitos elétricos e infraestrutura utilizada



Fonte: elaboração própria

Figura 11 - Circuitos elétricos do encaminhamento “E”



Fonte: elaboração própria

Conforme o encaminhamento “E” da Figura 11, nesta infraestrutura está instalada uma quantidade superior a 20 circuitos elétricos. De acordo com a Figura 24, para essa quantidade de circuitos, o fator de correção por agrupamento aplicado deve ser de 0,38, ou seja, o condutor de seção 2,5 mm<sup>2</sup>, que nesta forma de instalação poderia conduzir uma corrente de 24 A máxima, devido ao fator de correção por agrupamento, poderá ter uma corrente máxima de 9,12 A (24 A x 0,38).

Figura 12 - Parte do quadro elétrico do projeto

TABELA DE CARGAS INSTALADAS																		
N°	DO	LOCAL	ILUMINAÇÃO								TOMADAS (W)			PONTOS DE FORÇA		CARGA EM (W)	PROTEÇÃO (A)	FIO MM²
			COM FONTE (W)								300	600	700	RESISTIVO	INDUTIVO			
CIRC.	10	20	25	30	40	50	100	170										
E		ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA	39													390	16	2,5
V		ILUMINAÇÃO VIGIA				1		9								480	16	2,5
L1		LUMINOSO FACHADA						12	7							1300	16	2,5
L2		LUMINOSO FACHADA						5	7							950	16	2,5
L3		LUMINOSO FACHADA						11	7							1250	16	2,5
L4		LUMINOSO FACHADA						2	7							800	16	2,5
L5		LUMINOSO FACHADA						15	7							1450	16	2,5
1		ILUMINAÇÃO FLUORESCENTE SALÃO DE VENDAS						6	18	1						2270	16	2,5

Fonte: elaboração própria

O quadro de cargas do projeto especifica a instalação de luminárias no circuito totalizando uma corrente de 10,31 A (2.270 W/220 V) e uma proteção solicitada de 16 A, conforme marcações da Figura 12 - Parte do quadro elétrico do projeto.

A corrente a que o condutor irá conduzir ultrapassa os limites determinados pela NBR-5410:2004.

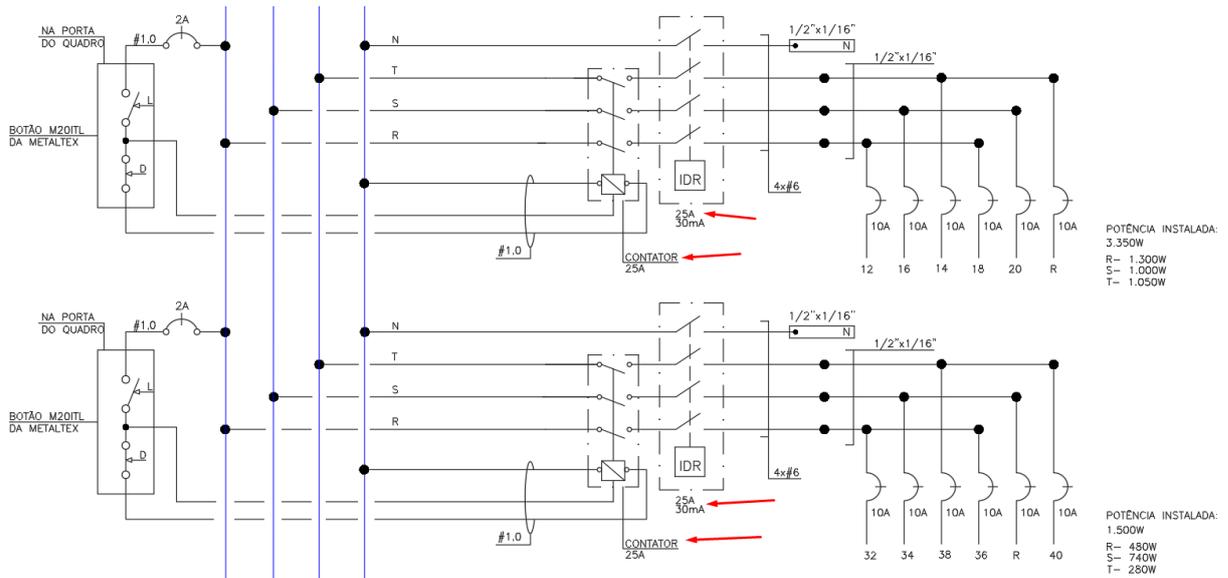
#### 4.2.4 Problema em projeto 3: Dimensionamento de quadro elétrico

Este projeto é referente às especificações das instalações elétricas de uma sala corporativa, especificamente o quadro elétrico. O projetista destacou grupos de circuitos elétricos comandados por contatores acionados por interruptores simples.

Conforme a Figura 13 para cada barramento comandado por um contator foram especificados disjuntores residuais, cuja função é detalhada no item PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS deste trabalho.

As funções dois dispositivos previstos em projeto não compreendem proteção contra curto-circuito e sobrecarga, ou seja, caso uma das fases desses barramentos ultrapassem a corrente de 25 A, que é a corrente suportada pela contadora e pelo DR projetados, ou ocorra um curto-circuito no barramento, os dispositivos não serão acionados para proteger o quadro elétrico, ocasionando, possivelmente, aquecimento, derretimento de condutores, dispositivos e, em casos mais graves, incêndio.

Figura 13 - Parte do diagrama do quadro elétrico



Fonte: elaboração própria

### 4.3 PROBLEMAS IDENTIFICADOS EM EXECUÇÃO

Neste capítulo, serão mostrados problemas encontrados na vivência profissional do autor, verificados em visitas de execuções de instalações elétricas gerenciadas ou fiscalizadas por profissionais da engenharia civil.

#### 4.3.1 Problema em obra 1: Execução de edificação residencial

Este fato, descrito como problema em obra 1, ocorreu na entrega de um empreendimento residencial. Na Figura 14 percebe-se a instalação de condutores elétricos de fase que não estão contidos no intervalo de três seções consecutivas, conforme determina a NBR-5410:2004 no item 6.2.10.2, ou seja, nesta mesma infraestrutura foram instalados condutores com seção nominal de 4,0 mm<sup>2</sup> e 120 mm<sup>2</sup>, fato não admitido.

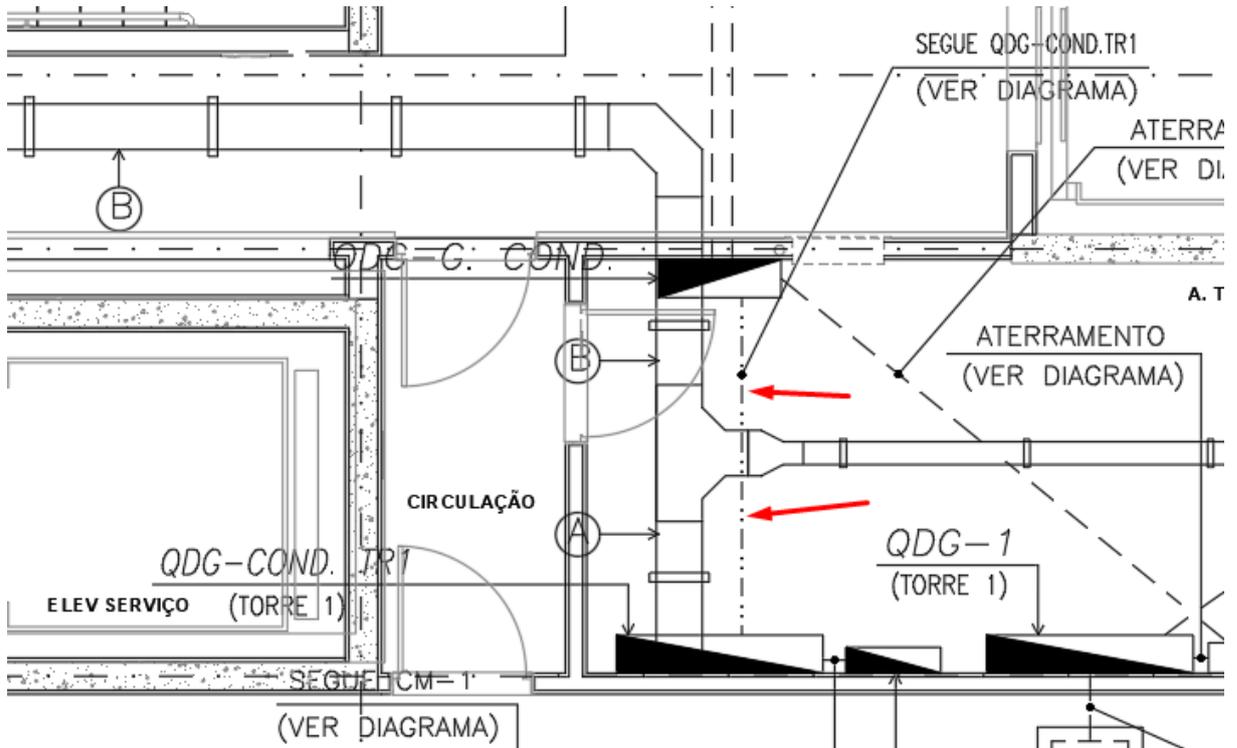
Figura 14 – Infraestrutura única de saída do quadro elétrico



Fonte: elaboração própria

Na Figura 15, parte do projeto elétrico especificando infraestrutura exclusiva para os condutores com seção de 120 mm<sup>2</sup>, sendo o mesmo um eletroduto.

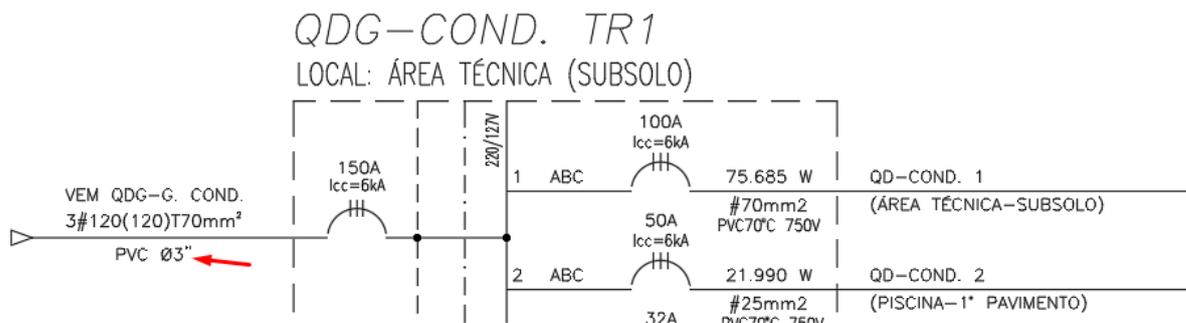
Figura 15 - Especificação em projeto de infraestrutura exclusiva para os condutores 120 mm<sup>2</sup>



Fonte: elaboração própria

Na Figura 16, está a especificação dessa infraestrutura, em acordo com a Figura 15 e confirmando que deveria ter sido instalada uma infraestrutura exclusiva para esses condutores, sendo que na Figura 16 está especificada a utilização de um eletroduto PVC com dimensão de 3".

Figura 16 - Especificação em projeto da infraestrutura para os condutores 120 mm<sup>2</sup>



Fonte: elaboração própria

#### 4.3.2 Problema em obra 2: Não atualização de projeto após alteração estrutural de telhado

Este caso, nomeado como problema em obra 2, ocorreu na alteração da estrutura de fixação do telhado de uma edificação comercial. Originalmente, o projeto estrutural previa o reaproveitamento da estrutura de madeira do telhado, com telhas de fibrocimento e PVC, conforme Figura 18 e Figura 19. Essa premissa levou o projetista das instalações elétricas, no item da especificação do SPDA, (Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas), a especificar diversos terminais aéreos, bem como barras de alumínio pela estrutura do telhado, conforme parte do projeto mostrada na Figura 17.



Figura 18 – Estrutura de madeira que seria reaproveitada



Fonte: elaboração própria

Figura 19 – Telhas de fibrocimento e PVC que seriam reaproveitadas



Fonte: elaboração própria

Após a conclusão de todos os projetos, deu-se início à obra, e, no decorrer dela, houve a decisão do não reaproveitamento do telhado existente, sendo totalmente substituído por estruturas e telhas metálicas. Após essa decisão, o

projetista das instalações elétricas deveria ter sido consultado para atualização do SPDA, levando-se em consideração o novo cenário, fato que não ocorreu.

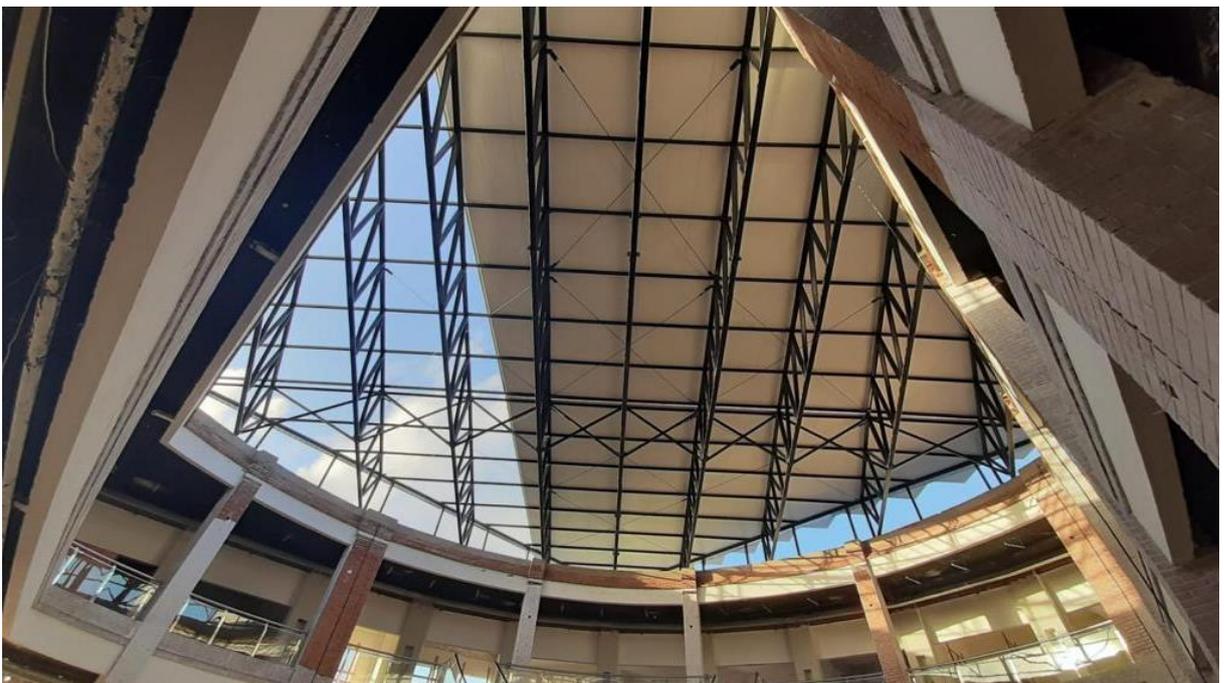
As Figura 20 e Figura 21 mostram a estrutura nova instalada.

Figura 20 – Telhado metálico instalado



Fonte: elaboração própria

Figura 21 – Estrutura metálica instalada



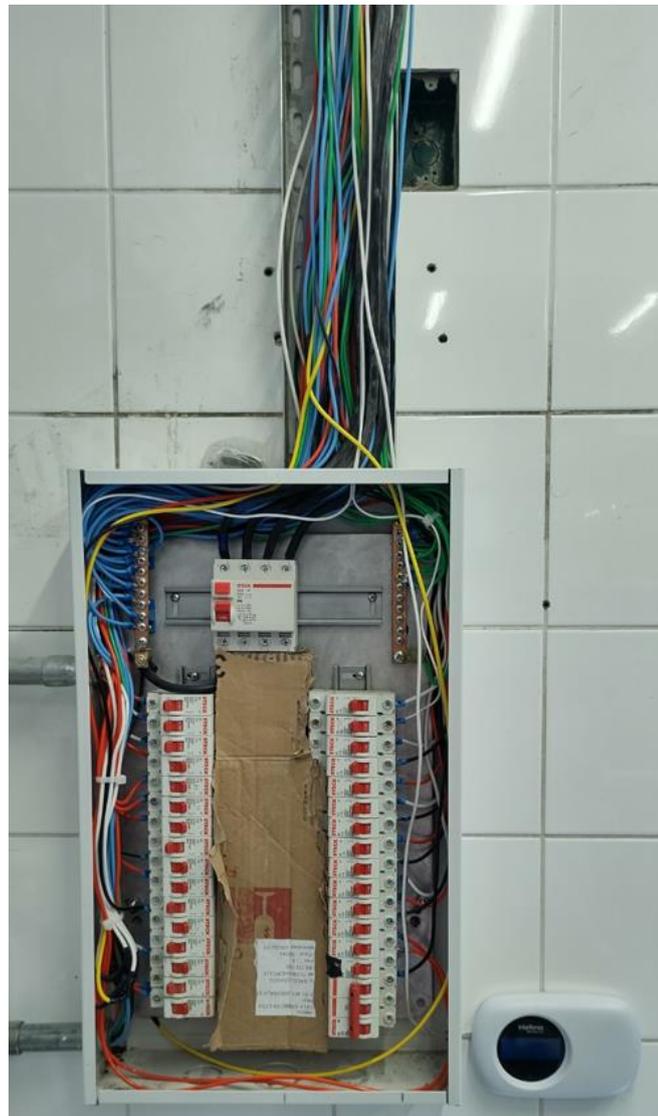
Fonte: elaboração própria

#### 4.3.3 Problema em obra 3: Montagem e instalação de quadro elétrico

Este fato, nomeado como problema em obra 3, ocorreu no término de execução de um ponto comercial de pequeno porte. Na Figura 22 percebe-se a instalação de condutores elétricos de fase que não estão contidos no intervalo de três seções consecutivas, conforme determina a NBR-5410:2004 no item 6.2.10.2, ou seja, nesta mesma infraestrutura foram instalados condutores com seção nominal de 2,5 mm<sup>2</sup> e 16 mm<sup>2</sup>, fato não admitido.

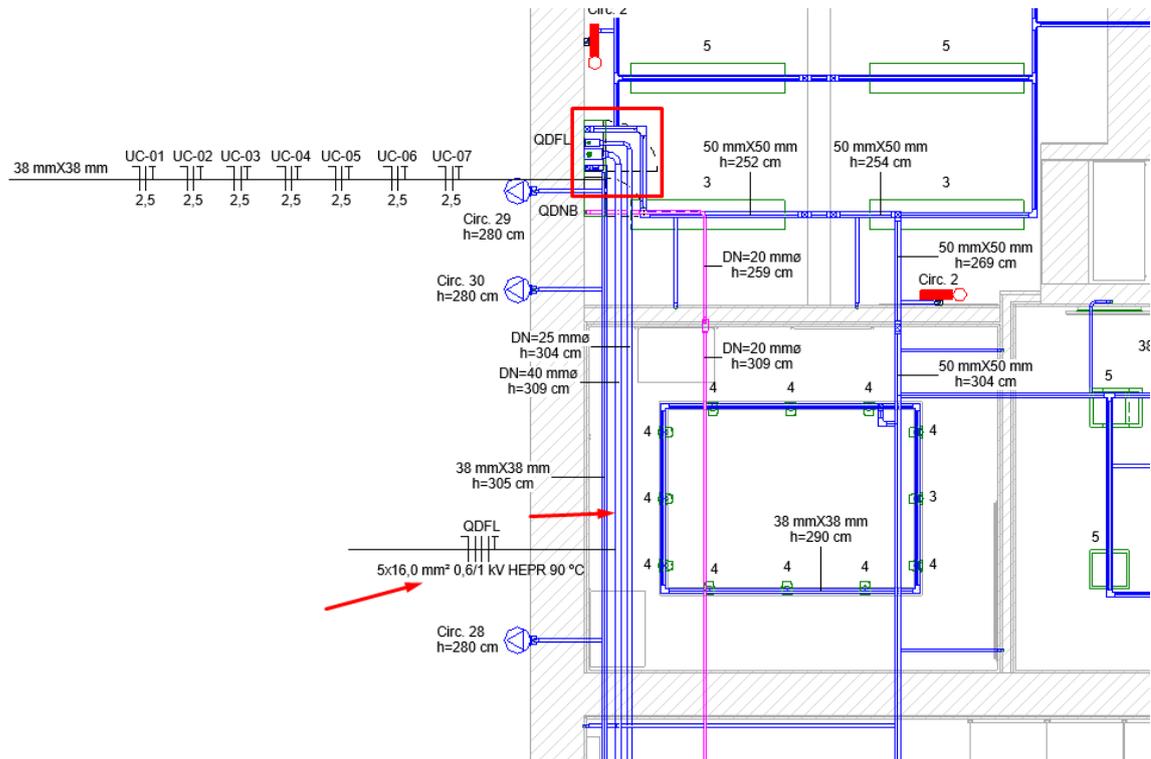
Na Figura 23 está parte do projeto elétrico especificando infraestrutura exclusiva para os condutores com seção de 16 mm<sup>2</sup>, utilizando um eletroduto metálico com diâmetro de 40mm<sup>2</sup>.

Figura 22 – Quadro elétrico instalado



Fonte: elaboração própria

Figura 23 – Parte do projeto elétrico



Fonte: elaboração própria

No quadro elétrico mostrado na Figura 14, pode-se verificar outras não conformidades: Conforme parte do projeto da Figura 15, o projetista elétrico especificou quatro infraestruturas partindo do quadro. Estas infraestruturas foram dimensionadas e utilizadas para circuitos elétricos, levando-se em consideração a perda da capacidade de condução de corrente dos condutores devido ao agrupamento de circuitos, ou seja, quanto maior a quantidade de circuitos em uma mesma infraestrutura, menor fica sua capacidade em conduzir corrente, conforme a tabela 42 da NBR-5410:2004, da Figura 24, que aplica fatores de correção conforme esse agrupamento.

Figura 24 - Tabela 42 da NBR-5410:2004: Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores num mesmo plano, em camada única

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥20	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

Fonte: NBR-5410:2004

O que ocorreu é que o engenheiro civil responsável pela obra simplificou a execução, centralizando em somente uma infraestrutura todos os circuitos do quadro elétrico. Tal decisão ocorreu sem a devida consulta ao projetista elétrico. Para esta alteração, o dimensionamento da seção dos condutores elétricos teria que ser refeito, fato que elevaria a seção dos condutores de alguns circuitos, e o custo com esses condutores aumentaria na ordem de 110%.

#### 4.3.4 Problema em obra 4: Operação inadequada de disjuntor

Este fato, descrito como problema em obra 4, ocorreu no acompanhamento de execução das instalações elétricas de uma torre comercial. O engenheiro civil responsável pela execução orientou bloqueio para evitar a energização de um quadro elétrico, conforme a Figura 25, totalmente em desacordo com a NBR-5410:2004, assunto abordado no item **SEGURANÇA EM PROJETOS ELÉTRICOS** deste trabalho.

Figura 25 – Bloqueio de disjuntor de forma incorreta



Fonte: elaboração própria

#### 4.4 ANÁLISE DA ORIGEM DOS PROBLEMAS

Este capítulo analisará os problemas encontrados, buscando identificar a origem deles, se ocorrem por falta de conteúdo técnico e deficiência dos planos de ensino das universidades ou se foram causados por despreparo do próprio profissional.

##### 4.4.1 Análise dos problemas identificados em projetos

Serão analisados os problemas encontrados pelo autor em projetos elaborados por engenheiros civis.

Analisando o Problema em projeto 1: Projeto de SPDA e eletrodo de aterramento em caixa d'água, conclui-se que o profissional não soube aplicar em projeto o que determina a NBR-5410:2004, conforme trazido pelo ator no item ELETRODO DE ATERRAMENTO. Por ser uma edificação nova, de forma resumida, a melhor solução seria utilizar as estruturas metálicas dela própria para o eletrodo de aterramento e como última alternativa um anel metálico enterrado circundando a edificação. Nenhuma dessas soluções foi adotada, em total desacordo com a NBR-5410:2004.

Ao avaliar os planos de ensino das universidades, duas delas mencionam o item aterramento em seus planos de ensino, conforme ANEXO A - Programa Introdução a Instalações Elétricas Universidade 2, em que, em um capítulo, o assunto é abordado com diversos outros itens como disjuntores, e, conforme o ANEXO E - Programa Instalações Elétricas de Incêndio Universidade 4, juntamente com o assunto padrão de entrada.

Referente ao Problema em projeto 2: Dimensionamento de condutores elétricos, o responsável técnico tomou como base a tabela padrão de capacidade de condução de corrente dos condutores, não levando em consideração o fator de agrupamento de circuitos, que reduz essa capacidade de condução e é utilizado quando os circuitos elétricos são instalados na mesma infraestrutura.

Analisando os programas de ensino das universidades, três universidades preveem em seus programas esse conteúdo em somente um capítulo, a Universidade 2, conforme ANEXO A - Programa Introdução a Instalações Elétricas Universidade 2, a Universidade 3, conforme ANEXO C - Programa Instalações Elétricas Prediais Universidade 3 e a Universidade 4, conforme ANEXO E - Programa Instalações Elétricas de Incêndio Universidade 4.

Conclui-se que o pouco tempo de abordagem de um item tão importante, como o dimensionamento de condutores elétricos, não seja o suficiente para o correto aprofundamento que exige o assunto.

Analisando o Problema em projeto 3: Dimensionamento de quadro elétrico, o profissional não previu no projeto elétrico a proteção contra sobrecarga e curto-circuito nas derivações dos quadros elétricos. As causas possíveis podem ser tanto por desconhecimento da necessidade, imaginando que os circuitos previstos nessas derivações não cheguem à corrente máxima, o que pode ocorrer devido às proteções utilizadas em cada um, quanto das características dos dispositivos utilizados, imaginando, por exemplo, que o DR utilizado faça essa função, o que não é verdade, conforme o item 2.4 PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS PROTEÇÃO CONTRA SOBRECARGA abordado neste trabalho.

Esse assunto foi abordado na Universidade 2 em dois momentos e compartilhado com outros assuntos tão relevantes quanto este, sendo abordado em conjunto com DR's, aterramento e outros e também em conjunto com o estudo do RIC

(Regulamento de Instalações Consumidoras ), conforme ANEXO A - Programa Introdução a Instalações Elétricas Universidade 2.

Na Universidade 3, o assunto é abordado em uma única exposição, conforme ANEXO C - Programa Instalações Elétricas Prediais Universidade 3. Outra universidade que menciona este assunto é a Universidade 4, conforme ANEXO E - Programa Instalações Elétricas de Incêndio Universidade 4, dentro do item esquemas ligação, com somente um exercício em grupo.

Conclui-se que o tempo de abordagem de itens tão importantes, como o dimensionamento de proteções contra curto-circuitos e quadros elétricos, com suas proteções, entendimento de correntes e proteções a montantes são insuficientes para o aprofundamento dos assuntos. Além desses, deveria ser abordada também a elaboração de diagramas multifilares.

Aprofundando a avaliação do Problema em obra 1: Execução de edificação residencial, verifica-se que, provavelmente, o engenheiro eletricitista responsável pela elaboração do projeto não foi consultado para aprovar a alteração pretendida em obra, pois o projeto especificava a infraestrutura exclusiva para os condutores de alimentação elétrica apontados. Além disso, o profissional responsável pela execução da obra, que neste caso é o engenheiro civil, não se ateu ao item 6.2.10.2 da NBR-5410:2004, ou seja, instalou condutores elétricos contidos além do intervalo de três seções consecutivas.

Nos planos de ensino das universidades, somente a Universidade 4 menciona, de forma bem simplificada, que será abordado o assunto de dimensionamento de eletrodutos, conforme o programa da disciplina de Instalações Elétricas de Incêndio do ANEXO E - Programa Instalações Elétricas de Incêndio Universidade 4, mas não deixa claro se serão conhecidas as normas técnicas brasileiras referentes as instalações para verificar as exigências para este dimensionamento e suas premissas.

Referente ao Problema em obra 2: Não atualização de projeto após alteração estrutural de telhado, verifica-se que o projeto do SPDA (Sistema de proteção contra descargas atmosféricas) atende a NBR 5419 na sua elaboração. Tudo indica que na decisão de alteração do tipo da estrutura e do telhado, o engenheiro civil não se preocupou ou não tinha o conhecimento de que o projeto do SPDA deveria ser revisitado, pois com a alteração para estrutura metálica, a solução em projeto deveria ter sido revisada.

Verificou-se que nenhuma das universidades aborda a NBR 5419 conforme os planos de ensinos divulgados. Na Universidade 2, há menção ao assunto, conforme o ANEXO A - Programa Introdução a Instalações Elétricas Universidade 2 de forma muito simples, dividindo a abordagem com outros inúmeros assuntos tais como disjuntores, interruptores e aterramento.

Analisando o Problema em obra 3: Montagem e instalação de quadro elétrico, verificou-se que além de não ter sido executado o projeto na sua plenitude, as alterações e adaptações implantadas em obra não atendem a - Tabela 42 da NBR-5410:2004: Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores num mesmo plano, em camada única e também ao item 6.2.10.2 da NBR-5410:2004, assunto já abordado na análise do problema em obra 1.

A Universidade 2 aborda o dimensionamento de condutores conforme o ANEXO A - Programa Introdução a Instalações Elétricas Universidade 2, a Universidade 3 aborda o assunto conforme o ANEXO C - Programa Instalações Elétricas Prediais Universidade 3 e a Universidade 4, conforme ANEXO E - Programa Instalações Elétricas de Incêndio Universidade 4, dentro dos itens esquemas ligação, com somente um exercício em grupo, e no item dimensionamento de condutores, neste caso, com um capítulo dedicado ao item, mas não deixando claro se serão conhecidas as normas técnicas brasileiras referentes às instalações, para verificar as exigências para o dimensionamento.

Referente ao Problema em obra 4: Operação inadequada de disjuntor, a execução e a manutenção tiveram como responsável técnico um engenheiro civil. Percebeu-se o total desconhecimento da NR-10 – Normal Regulamentadora Nº 10, pois o profissional não utilizou nenhum dispositivo para impedir a reenergização do circuito durante a manutenção, conforme determina o item 10.5.1 da NR 10 da Figura 6 - Segurança em instalações elétricas desenergizadas.

Ao avaliar os planos de ensino das universidades, verificou-se que somente a Universidade 3 possui a NR 10 em seu plano divulgado, conforme ANEXO C - Programa Instalações Elétricas Prediais Universidade 3.

## 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Os números de mortes que ocorrem no Brasil, causadas por acidentes oriundos de instalações elétricas, alertam para a importância de profissionais capacitados na elaboração de projetos elétricos e instalações. O conhecimento abrangente e a ciência da aplicação de todas as normas em vigência são essenciais nessa área.

Além da preocupação com a segurança das instalações, o profissional deve prezar pela segurança de vidas e sua preservação nos dimensionamentos das instalações elétricas, tornando as edificações seguras e minimizando ao máximo os impactos de acidentes elétricos em vidas humanas.

O autor do presente trabalho trouxe itens e capítulos das normas vigentes que julgou mais importantes e suscetíveis a não serem seguidos por profissionais com conhecimento básico em instalações e projetos elétricos. Foram apresentados, juntamente com as definições das normas, os embasamentos teóricos desses itens.

Os planos de ensino de 4 universidades foram avaliados na busca do registro do tempo e percentual que as instituições de ensino, na graduação de engenharia civil, dedicam ao assunto de instalações elétricas.

Devido à ocupação atual do autor deste trabalho como engenheiro eletricista, foram trazidos projetos elétricos e registros de obras que possuem como responsável técnico o engenheiro civil, registrados ao longo de sua atividade profissional, tanto em campo quanto na elaboração de projetos.

Com os fatos registrados, este trabalho apontou as não conformidades com as normas vigentes em vínculo aos itens e capítulos destacados no embasamento teórico, confrontando-os com possíveis deficiências dos planos de ensino das universidades avaliadas.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACOPEL - Associação Brasileira de Conscientização dos Perigos da Eletricidade, disponível em: [www.abracopel.org](http://www.abracopel.org). Acessado em: 19/04/2022.

AGÊNCIA BRASIL – disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-05/sobrecarga-na-rede-eletrica-Causa-mais-de-50-dos-incendios-domesticos#:~:text=Segundo%20a%20Associa%C3%A7%C3%A3o%20Brasileira%20de,apartamentos%2C%20resultando%20em%2023%20mortes>. Acessado em: 26/04/2022

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5410:** Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5419:** Proteção contra descargas atmosféricas. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Disponível em <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/engenharias>. Acesso em 28.09.2020.

CREA-RS – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. Disponível em: Minha Biblioteca, (16th edição). Grupo GEN, 2016.

CRUZ, Eduardo Cesar A.; ANICETO, Larry A. **Instalações Elétricas - Fundamentos, Prática e Projetos em Instalações Residenciais e Comerciais**. Editora Saraiva, 2012.

Cruz, Eduardo César, A. e Larry Aparecido Aniceto. **Instalações Elétricas Fundamentos, Prática e Projetos em Instalações Residenciais e Comerciais.**

Disponível em: Minha Biblioteca, (3rd edição). Editora Saraiva, 2019.

GEBRAN, Amaury, P. e Flávio A. P. Rizzato. Instalações elétricas prediais. (Tekne).

Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo A, 2016.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2010.

LIMA, Domingos Leite L Filho. **Projetos de Instalações Elétricas Prediais.** Editora Saraiva, 2011

MARTINS JUNIOR, Joaquim. Como escrever trabalhos de conclusão de curso.

Petrópolis (RJ): Vozes, 2008.

UNIRITTER – Centro Universitário Ritter dos Reis, disponível em:

<https://www.uniritter.edu.br/>. Acessado em: 25/04/2022.

## 7 ANEXOS

### ANEXO A - Programa Introdução a Instalações Elétricas Universidade 2

#### 1. CORRENTE ALTERNADA MONOFÁSICA E TRIFÁSICA

1.1 Conceito de circuito elétrico aplicado à corrente alternada monofásica.

1.2 Comportamento dos circuitos elementares R, L, C e RL de corrente alternada.

1.3 Potência em corrente alternada. Motores elétricos.

1.4 Fator de potência e sua correção. Transformadores e banco de capacitores.

1.5 Eficientização e certificação de produtos.

#### 2. CONDUTORES EMPREGADOS EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS

2.1 Característica dos condutores e isolantes. Modos de instalação.

2.2 Dimensionamento dos condutores elétricos no tocante a: maneiras de instalar, capacidade máxima de corrente em regime contínuo, queda máxima de tensão permitida.

2.3 Seleção de condutores.

#### 3 MANOBRA E PROTEÇÃO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS RESIDENCIAIS

3.1 Conceito de manobra e proteção.

3.2 Dispositivos de manobra.

3.3 Circuitos de comando empregados nas instalações elétricas residenciais.

3.4 Dispositivos de proteção: fusíveis, disjuntores, interruptores diferenciais residuais, para-raios. Aterramento.

3.5 Coordenação entre condutor e disjuntor.

3.6 Seleção de condutores sob os aspectos de sobrecorrentes e curtos-circuitos.

Para a disciplina de Instalações Elétricas Prediais, o conteúdo informado é o abaixo:

#### 1. INTRODUÇÃO AO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

1.1 Instalações elétricas domiciliares. Funções principais.

1.2 Normas e regulamentos.

1.3 Noção de memorial técnico: projeto, especificação e orçamento.

1.4 Etapas de um projeto de instalações elétricas.

## 2. PROJETO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA RESIDENCIAL

2.1 Colocação dos pontos de luz, interruptores e tomadas.

2.2 Divisão dos circuitos.

2.3 Traçado dos eletrodutos.

2.4 Colocação dos condutores.

2.5 Técnicas empregadas em obra.

2.6 Dimensionamento dos condutores.

2.7 Dimensionamento dos eletrodutos.

2.8 Condomínio (circuitos de minuteria e bomba d'água).

2.9 Dimensionamento do quadro de distribuição e determinação do fornecimento conforme RIC.

2.10 Coluna montante

2.11 Projeto da entrada e dimensionamento do quadro de medição; conforme o RIC.

2.12 Memorial descritivo.

## 3 LUMINOTÉCNICA

3.1 Engenharia de iluminação.

3.2 Grandezas e unidades.

3.3 Lâmpadas, luminárias e acessórios.

3.4 Métodos de projeto.

3.5 Projeto de iluminação interna empregando fluxo luminoso.

3.6 Projeto de iluminação interna.

## ANEXO B - Programa Eletricidade C Universidade 3

**Conteúdo Programático**

<b>Semana</b>	<b>Título</b>	<b>Conteúdo</b>
1 a 17	CONTEÚDO PROGRAMÁTICO	Leis de Kirchoff Resistividade Potência Elétrica Resolução de circuitos resistivos Resolução Sistemática de Circuitos Uso de Simulador Corrente alternada - Geração Valor Eficaz Fasores Transformadores Alternador Múltiplos Polos Análise de Circuitos CA Transformadores II Transformadores Trifásicos Fator de Potência

## ANEXO C - Programa Instalações Elétricas Prediais Universidade 3

## Conteúdo Programático

Semana	Título	Conteúdo
1	Introdução às Instalações Elétricas	1.1 Grandezas Elétricas Fundamentais 1.2 O SEP – Sistema Elétrico de Potência
2	O Projeto Elétrico	2.1 Etapas de projeto 2.2 Inserção de Pontos – Regras da Norma
3	Desenhos em Planta - I	3.1 Localização do CD 3.2 Distribuição dos circuitos
4	Desenhos em Planta - II	4.1 Lançamento de tubulações 4.2 Lançamento dos condutores - Comandos
5	Dimensionamento de Condutores	5.1 Condutores Elétricos - Características 5.2 Regras de Dimensionamento
6	Dimensionamento de Proteções Elétricas	6.1 Disjuntores - DR's - DPS – Características 6.2 Regras de Dimensionamento
7	Dimensionamento de Proteções Mecânicas	7.1 Conduos Elétricos - Características 7.2 Regras de Dimensionamento
8	Atividade de Avaliação - I	8.1 Prova P1
9	Padrões de Entrada Individual	9.1 Medições Individuais – Cálculos de Demanda 9.2 Elementos da Entrada de Serviço
10	Padrões de Entrada Coletiva	10.1 Medições Agrupadas – Cálculos de Demanda 10.2 Painel de Medidores - Detalhes Construtivos
11	Aspectos de Segurança	11.1 Choque elétrico 11.2 NR10 - Segurança nas Instalações Elétricas
12	SPDA - Proteção contra Descargas Atmosféricas	12.1 Fundamentos - Normalização 12.2 Métodos de proteção - Componentes
13	Luminotécnica Básica e Aplicada	13.1 Lâmpadas e luminárias 13.2 Projeto luminotécnico
14	Infraestrutura para Fluxo de Sinais	14.1 Sistemas para Comunicação de Voz 14.2 Sistemas de Segurança e Controle
15	Atividades de Avaliação - II	15.1 Prova P2 15.2 Entrega do Trabalho Final
16	Revisão de Conteúdos	16.1 Aula de Revisão
17	Atividades de Recuperação	17.1 Exame

## ANEXO D - Programa Ondas, Eletricidade e Magnetismo Universidade 4

## OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- Lembrar os principais tipos de funções trigonométricas (Capstone).
- Identificar os movimentos oscilatórios em termos da amplitude, período e frequência;
- Descrever o Movimento Harmônico Simples (MHS) quanto as funções horárias (posição, velocidade e aceleração) (Capstone);
- Interpretar modelos físicos que se comportam com movimentos harmônicos.
- Calcular a energia cinética e a energia potencial elástica com o uso do sistema massa-mola (Capstone);
- Reconhecer as modalidades de oscilações segundo os modelos físicos específicos;
- Calcular a energia cinética e a energia potencial elástica com o uso do pêndulo simples (Capstone);
- Avaliar dispositivos úteis confeccionados para proporcionar níveis adequados de amortecimento (Capstone).
- Distinguir as ondas mecânicas das ondas eletromagnéticas;
- Identificar os principais parâmetros de uma onda (Capstone);
- Interpretar a expressão matemática que caracteriza uma onda matemática senoidal.
- Descrever os fenômenos da superposição e interferência de ondas (Capstone);
- Calcular os padrões de interferência utilizando o princípio da superposição.
- Classificar os principais tipos de eletrização de um corpo bem como as propriedades da carga elétrica quanto a sua quantização e conservação;
- Empregar a lei de Coulomb no processo de interação envolvendo cargas elétricas (Capstone);
- Apontar o conceito de campo elétrico para cargas pontuais (Capstone).
- Apontar o conceito de campo elétrico para distribuições contínuas;
- Aplicar a formulação integral na obtenção de campos elétricos gerados por distribuição contínua (Capstone).
- Definir fluxo elétrico;
- Reconhecer a relação entre fluxo e sua fonte (Capstone);
- Empregar a lei de Gauss para fontes de cargas pontuais (Capstone);

- Identificar a conveniência do uso de simetria na escolha da Gaussiana.
- Compreender um produto escalar e sua aplicação na definição de trabalho (Capstone);
- Distinguir o potencial elétrico como uma grandeza escalar que caracteriza o campo.
- Descrever o potencial elétrico gerado por uma carga pontual (Capstone);
- Calcular o potencial elétrico devido a um sistema de cargas discretas.
- Reconhecer a aplicação da capacitância como propriedade útil na concepção de dispositivos eletrônicos;
- Calcular os valores da capacitância e energia de um capacitor (Capstone);
- Avaliar a influência da presença de um dielétrico entre as placas de um capacitor quanto à sua eficiência;
- Reconhecer os tipos básicos de associações envolvendo dois ou mais capacitores (Capstone).
- Identificar o trânsito de Cargas elétricas em meios materiais;
- Classificar as substâncias de acordo com sua resistividade e condutividade;
- Calcular a resistência de um condutor a partir das suas dimensões;
- Avaliar a corrente elétrica em um circuito com uso da Lei de Ohm (Capstone).
- Interpretar as leis de Kirchhoff nos circuitos em geral (Capstone);
- Empregar as leis de Kirchhoff para os nós e malhas;
- Calcular as correntes, diferenças de potenciais e potências nos diversos elementos dos circuitos;
- Reconhecer circuitos resistivos e capacitivos e suas aplicações.
- Compreender um produto vetorial (Capstone);
- Aplicar a definição de produto vetorial no cálculo de força magnética;
- Descrever o movimento de partículas eletrizadas no interior de campos magnéticos;
- Calcular a intensidade das forças atuantes em partículas movimentando-se em regiões com interações magnéticas (Capstone).
- Identificar as fontes de campo magnético;
- Discutir a relação envolvendo o campo magnético e sua respectiva fonte;
- Empregar as leis de Ampère e Biot-Savart para obter os campos magnéticos criados em fios e bobinas (Capstone).

## ANEXO E - Programa Instalações Elétricas de Incêndio Universidade 4

### 1 – Conceitos básicos de eletricidade

#### Objetivos de Aprendizagem:

Aplicar os princípios básicos de eletricidade: Conceitos de Tensão, Corrente, Potência e Resistência.

Aplicar a primeira e segunda Leis de Ohm em condutores elétricos.

#### Estratégias de Ensino:

Aula expositiva dialogada / Exercícios individuais / quiz / Discussão do tema tendo como parâmetro as questões do quiz.

Sequência sugerida:

Apresentação dos objetivos de aprendizagem

Levantamento de conhecimentos prévios: diálogo com anotações na lousa.

Aula expositiva com apoio de ppt.

Exercícios Individuais: propor uma atividade para a utilização dos conceitos estudados. Exercícios de cálculo envolvendo os conceitos de tensão, corrente, potência e resistência, efeito da segunda lei de Ohm em circuitos longos de alta potência.

### 2 – Tipos de potências

#### Objetivos de Aprendizagem:

Identificar as potências ativa, reativa e aparente.

Compreender e aplicar o conceito de fator de potência.

#### Estratégias de Ensino:

Aula expositiva dialogada / Exercícios individuais / quiz / Discussão do tema tendo como parâmetro as questões do quiz.

Sequência sugerida:

Apresentação dos objetivos de aprendizagem

Levantamento de conhecimentos prévios: diálogo com anotações na lousa.

Aula expositiva com apoio de ppt.

Exercícios Individuais: propor uma atividade para a utilização dos conceitos estudados. Exercícios de cálculo envolvendo os conceitos de potência ativa, reativa e aparente.

Exercício de correção de Fator de Potência.

### 3 –Previsão de carga

#### Objetivos de Aprendizagem:

Entrar em contato com a norma que rege as instalações em baixa tensão e entender a importância de sua aplicação.

Aplicar a metodologia para levantamento e previsão de carga de iluminação, quantidade de pontos de tomadas e previsão de carga de tomadas de uso geral e tomadas de uso específico, segundo a NBR 5410.

#### Estratégias de Ensino:

Aula expositiva dialogada / Exercícios em grupo de 03 pessoas com desenvolvimento de projeto/ Discussão do tema tendo como parâmetro o projeto desenvolvido.

Sequência sugerida:

Apresentação dos objetivos de aprendizagem

Levantamento de conhecimentos prévios: diálogo com anotações na lousa.

Aula expositiva com apoio de ppt.

Apresentação de um projeto arquitetônico de uma residência com dois quartos sendo uma suíte, banheiro social, sala, cozinha e área de serviço, fornecido impresso ou pré- disponibilizado para impressão.

Exercício individual propor uma atividade utilizando o projeto arquitetônico apresentado para a elaboração das previsões de carga. (O ideal é que seja desenvolvido em um laboratório de informática com utilização do software autocad para levantamentos de área e perímetros e planilhas excell para elaboração de planilhas de cálculo).

Guardar o trabalho realizado para dar continuidade nas próximas aulas.

Feedback através de discussão aberta com alunos envolvendo o desenvolvimento do projeto.

#### 4 – Simbologias e divisões em circuitos

##### Objetivos de Aprendizagem:

- Compreender as divisões de cargas em circuitos elétricos.
- Aplicar a divisão de cargas em circuitos
- Conhecer as simbologias utilizadas em instalações elétricas prediais.

##### Estratégias de Ensino:

- Aula expositiva dialogada / Exercícios em grupo de 03 pessoas com desenvolvimento de projeto/ Discussão do tema tendo como parâmetro o projeto desenvolvido.
- Sequência sugerida:
  - Apresentação dos objetivos de aprendizagem
  - Levantamento de conhecimentos prévios: diálogo com anotações na lousa.
  - Aula expositiva com apoio de ppt.
  - Exercício individual : propor uma atividade utilizando o projeto iniciado na aula anterior para a divisão de cargas e distribuição dos componentes com a utilização das simbologias. Guardar o trabalho realizado para dar continuidade nas próximas aulas.
  - Feedback através de discussão aberta com alunos envolvendo o desenvolvimento do projeto.

#### 5 – Esquema de ligações

##### Objetivos de Aprendizagem:

- Compreender os esquemas de ligações utilizadas nas instalações elétricas prediais.
- Aplicar os esquemas de ligações utilizadas nas instalações elétricas prediais.

##### Estratégias de Ensino:

- Aula expositiva dialogada / Exercícios em grupo de 03 pessoas com desenvolvimento de projeto/ Discussão do tema tendo como parâmetro o projeto desenvolvido.
- Sequência sugerida:
  - Apresentação dos objetivos de aprendizagem
  - Levantamento de conhecimentos prévios: diálogo com anotações na lousa.
  - Aula expositiva com apoio de ppt.
  - Exercícios Individuais: propor uma atividade para a utilização dos esquemas de ligação estudados.
  - Exercícios de esquemas de ligação. Exercícios hipotéticos de ligações com diagramas unifilares. Equivalência entre multifilar e unifilar.
  - Quizz (10 questões)
  - Feedback das questões através de discussão aberta com alunos envolvendo as questões do quizz e situações reais de projeto.

#### 6 – Esquema de ligações

##### Objetivos de Aprendizagem:

- Montar circuitos de iluminação e tomadas utilizando as simbologias utilizadas em instalações elétricas prediais.

##### Estratégias de Ensino:

- Montagem de circuitos de iluminação com diversos tipos de acionamento.
- Sequência sugerida:
  - Atividade em laboratório de instalações elétricas, em grupos de 3 a 4 pessoas, utilizando conjuntos didáticos experimentais. Montagem de acionamentos de iluminação com lâmpadas incandescentes e fluorescentes, fluorescentes compactas. Montar circuitos com interruptores série, paralelo, intermediário, acionamento por fotocélula, sensor de presença, interruptor pulsador. Utilizar diversos pontos de iluminação acionados simultaneamente e independentemente. de uma lâmpada Montagem de circuito de tomadas.
  - Feedback através de discussão aberta com alunos envolvendo o desenvolvimento do projeto.

#### 7 – Esquema de ligações

##### Objetivos de Aprendizagem:

- Aplicar os esquemas de ligações utilizadas nas instalações elétricas prediais.
- Criar diagrama unifilar

##### Estratégias de Ensino:

- Aula expositiva dialogada / Exercícios em grupo de 03 pessoas com desenvolvimento de projeto/ Discussão do tema tendo como parâmetro o projeto desenvolvido.

Sequência sugerida:

Apresentação dos objetivos de aprendizagem

Levantamento de conhecimentos prévios: diálogo com anotações na lousa.

Aula expositiva com apoio de ppt.

Exercícios em grupo de 03 pessoas: propor uma atividade utilizando o projeto apresentado aplicando os esquemas de ligação e criando o diagrama unifilar do projeto.

Feedback através de discussão aberta com alunos envolvendo o desenvolvimento do projeto.

#### 08 – Esquemas de ligação

Objetivos de Aprendizagem:

Aplicar os esquemas de ligações utilizadas nas instalações elétricas prediais.

Criar diagrama unifilar

Estratégias de Ensino:

Aula expositiva dialogada / Exercícios em grupo de 03 pessoas com desenvolvimento de projeto/  
Discussão do tema tendo como parâmetro o projeto desenvolvido.

Sequência sugerida:

Apresentação dos objetivos de aprendizagem

Levantamento de conhecimentos prévios: diálogo com anotações na lousa.

Aula expositiva com apoio de ppt.

Exercícios em grupo de 03 pessoas: propor uma atividade utilizando o projeto apresentado aplicando os esquemas de ligação e criando o diagrama unifilar do projeto.

Feedback através de discussão aberta com alunos envolvendo o desenvolvimento do projeto.

#### 9 – Dimensionamento de condutores

Objetivos de Aprendizagem:

Dimensionar condutores pelo critério da seção mínima

Dimensionar condutores pelo critério da capacidade de condução de corrente.

Dimensionar condutores pelo critério queda de tensão

Estratégias de Ensino:

Aula expositiva dialogada / Exercícios em grupo de 03 pessoas com desenvolvimento de projeto/  
Discussão do tema tendo como parâmetro o projeto desenvolvido.

Sequência sugerida:

Apresentação dos objetivos de aprendizagem

Levantamento de conhecimentos prévios: diálogo com anotações na lousa.

Aula expositiva com apoio de ppt.

Exercícios em grupo de 03 pessoas: propor uma atividade utilizando o projeto apresentado fazer o dimensionamento dos circuitos. (O ideal é que seja desenvolvido em um laboratório de informática com utilização do software autocad para levantamentos de área e perímetros e planilhas excel para elaboração de planilhas de cálculo).

Feedback através de discussão aberta com alunos envolvendo o desenvolvimento do projeto.

#### 10– Dimensionamentos dos sistemas de proteção

Objetivos de Aprendizagem:

Conhecer os tipos de proteção: Disjuntor termomagnético, Interruptor e disjuntor Diferencial Residual e Dispositivos de proteção contra Surto de tensão.

Dimensionar os dispositivos de proteção.

Estratégias de Ensino:

Aula expositiva dialogada / Exercícios em grupo de 03 pessoas com desenvolvimento de projeto/  
Discussão do tema tendo como parâmetro o projeto desenvolvido.

Sequência sugerida:

Apresentação dos objetivos de aprendizagem

Levantamento de conhecimentos prévios: diálogo com anotações na lousa.

Aula expositiva com apoio de ppt.

Exercícios em grupo de 03 pessoas: propor uma atividade utilizando o projeto apresentado fazer o dimensionamento das proteções. Criar o diagrama Unifilar do projeto. (O ideal é que seja desenvolvido em um laboratório de informática com utilização do software autocad para levantamentos de área e perímetros e planilhas excel para elaboração de planilhas de cálculo).

Feedback através de discussão aberta com alunos envolvendo o desenvolvimento do projeto.

### 11 – Dimensionamento de eletrodutos

#### Objetivos de Aprendizagem:

- Conhecer os tipos de eletrodutos existentes e sua função no projeto de instalações elétricas.
- Compreender os princípios de lançamento de eletrodutos nos projetos de instalações elétricas prediais.
- Aplicar os princípios de lançamento de eletrodutos nos projetos de instalações elétricas prediais. Dimensionar eletrodutos.

#### Estratégias de Ensino:

- Aula expositiva dialogada / Exercícios em grupo de 03 pessoas com desenvolvimento de projeto/ Discussão do tema tendo como parâmetro o projeto desenvolvido.
- Sequência sugerida:
  - Apresentação dos objetivos de aprendizagem
  - Levantamento de conhecimentos prévios: diálogo com anotações na lousa.
  - Aula expositiva com apoio de ppt.
  - Exercícios em grupo de 03 pessoas: propor uma atividade utilizando o projeto apresentado fazer o dimensionamento dos eletrodutos. (O ideal é que seja desenvolvido em um laboratório de informática com utilização do software autocad para levantamentos de área e perímetros e planilhas excel para elaboração de planilhas de cálculo).
  - Feedback através de discussão aberta com alunos envolvendo o desenvolvimento do projeto.

### 12– Cálculo de demanda

#### Objetivos de Aprendizagem:

- Compreender o conceito de carga instalada e carga demandada.
- Compreender o conceito do cálculo de demanda da edificação.
- Aplicar o cálculo de demanda no dimensionamento das edificações.

#### Estratégias de Ensino:

- Aula expositiva dialogada / Exercícios em grupo de 03 pessoas com desenvolvimento de projeto/ Discussão do tema tendo como parâmetro o projeto desenvolvido.
- Sequência sugerida:
  - Apresentação dos objetivos de aprendizagem
  - Levantamento de conhecimentos prévios: diálogo com anotações na lousa.
  - Aula expositiva com apoio de ppt.
  - Exercícios em grupo de 03 pessoas: propor uma atividade utilizando o projeto apresentado fazer o cálculo da demanda da edificação (O ideal é que seja desenvolvido em um laboratório de informática com utilização do software autocad para levantamentos de área e perímetros e planilhas excel para elaboração de planilhas de cálculo).
  - Feedback através de discussão aberta com alunos envolvendo o desenvolvimento do projeto.

### 13 – Padrão de Entrada e Aterramento

#### Objetivos de Aprendizagem:

- Conhecer os sistemas de aterramento recomendados pelas normas brasileiras.
- Compreender a construção do padrão de entrada.

#### Estratégias de Ensino:

- Aula expositiva dialogada / Exercícios em grupo de 03 pessoas com desenvolvimento de projeto/ Discussão do tema tendo como parâmetro o projeto desenvolvido.
- Sequência sugerida:
  - Apresentação dos objetivos de aprendizagem
  - Levantamento de conhecimentos prévios: diálogo com anotações na lousa.
  - Aula expositiva com apoio de ppt.
  - Exercícios em grupo de 03 pessoas: propor uma atividade utilizando o projeto apresentado dimensionando o disjuntor da entrada.
  - Feedback através de discussão aberta com alunos envolvendo o desenvolvimento do projeto.

#### 14 – Combate a Incêndio

##### Objetivos de Aprendizagem:

Caracterização da edificação para identificar as medidas de segurança contra incêndio necessárias.

Apresentar todas as medidas de segurança existentes na IT's do corpo de bombeiros

##### Estratégias de Ensino:

Aula expositiva dialogada / Exercícios sendo resolvidos em sala / Discussão do tema tendo como parâmetro o projeto desenvolvido. Sequência sugerida: - Apresentação dos objetivos de aprendizagem - Levantamento de conhecimentos prévios: diálogo com anotações na lousa. Aula expositiva com apoio de ppt. –

Exercícios em grupo de 03 pessoas: propor uma atividade utilizando o projeto apresentado fazer a classificação da edificação e definir as medidas de segurança necessárias. (O ideal é que seja desenvolvido em um laboratório de informática com utilização do software autocad para levantamentos de área e perímetros e planilhas excel para elaboração de planilhas de cálculo). Feedback através de discussão aberta com alunos envolvendo o desenvolvimento do projeto.

#### 15 – Combate a Incêndio

##### Objetivos de Aprendizagem:

Compreender a Dinâmica do fogo: combustão, pirólise, explosão, características dos elementos componentes do fogo.

Compreender a curva de evolução do fogo e seus meios de propagação.

Analisar as classes de fogo.

##### Estratégias de Ensino:

Aula expositiva dialogada / Exercícios individuais / quizz / Discussão do tema tendo como parâmetro as questões do quizz.

Sequência sugerida:

Apresentação dos objetivos de aprendizagem - Levantamento de conhecimentos prévios: diálogo com anotações na lousa. Aula expositiva com apoio de ppt.

Exercícios Individuais: propor uma atividade para a utilização dos conceitos estudados. Exercícios utilizando perguntas sobre os principais elementos que compõem as instalações prediais de esgoto.

Quizz (10 questões)

Feedback das questões através de discussão aberta com alunos envolvendo as questões do projeto.