

**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Goiás

AMANDA SOUSA DE CASTRO

**A IMPORTÂNCIA DO PROJETO ELÉTRICO:
ESTUDO DE CASO PARA O PAVIMENTO SUPERIOR
DO IFG - CÂMPUS VALPARAÍSO DE GOIÁS**

VALPARAÍSO DE GOIÁS - GO

2023



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

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

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

TERMO 10/2023 - VAL-CCBENG/VAL-DAA/CP-VALPARA/IFG

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

Identificação da Produção Técnico-Científica

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

Nome completo do(a) autor(a): Amanda Sousa de Castro

Matrícula: 20191150050177

Título do trabalho: A importância do projeto elétrico: Estudo de caso para o pavimento superior do IFG - Câmpus Valparaíso de Goiás

Autorização - Marque uma das opções

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

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

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

Declaração de distribuição não-exclusiva

O(A) referido(a) autor(a) declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;

- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Valparaíso de Goiás, 12 de dezembro de 2023.

(assinado eletronicamente)
AMANDA SOUSA DE CASTRO
Autor(a) e/ou Detentor(a) dos Direitos Autorais

Documento assinado eletronicamente por:

- **Amanda Sousa de Castro, 20191150050177 - Discente**, em 12/12/2023 12:24:04.

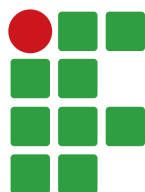
Este documento foi emitido pelo SUAP em 12/12/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 489276

Código de Autenticação: 310354337e



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
BR 040, KM 6, Avenida Saia Velha, S/Nº, Área 8, Parque Esplanada V, VALPARAÍSO DE GOIÁS / GO, CEP 72876-601
Sem Telefones cadastrados



**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Goiás

AMANDA SOUSA DE CASTRO

**A IMPORTÂNCIA DO PROJETO ELÉTRICO:
ESTUDO DE CASO PARA O PAVIMENTO SUPERIOR
DO IFG - CÂMPUS VALPARAÍSO DE GOIÁS**

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

Orientadora: PROFA. DRA. LARISSA MARQUES PERES, IFG

VALPARAÍSO DE GOIÁS - GO

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C355i Castro, Amanda Sousa de

A importância do projeto elétrico [recurso eletrônico] : estudo de caso para o pavimento superior do IFG - Câmpus Valparaíso de Goiás / Amanda Sousa de Castro. -- 2023.

Dados eletrônicos (1 arquivo).

98 f. : il. color.

Orientadora: Profa. Dra. Larissa Marques Peres.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, câmpus Valparaíso, 2023.

Modo de acesso: World Wide Web.

Arquivo de texto em formato PDF.

Disponível em: <https://repositorio.ifg.edu.br>.

1. Consumidores - Brasil. 2. Instalações elétricas - Normas - Brasil. 3. Instalações elétricas - Projetos e construção. 4. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Edifícios - Iluminação. I. Título. II. Peres, Larissa Marques, orient.

CDD 621.31



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

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

Folha de Aprovação

TERMO 11/2023 - VAL-CCBENG/VAL-DAA/CP-VALPARA/IFG

AMANDA SOUSA DE CASTRO

A IMPORTÂNCIA DO PROJETO ELÉTRICO: ESTUDO DE CASO PARA O PAVIMENTO SUPERIOR DO IFG - CÂMPUS VALPARAÍSO DE GOIÁS

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

Monografia defendida e aprovada, em 11 de dezembro de 2023, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

(assinado eletronicamente)

Profa. Dra. LARISSA MARQUES PERES
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG
Presidente da Banca / Orientador(a)

(assinado eletronicamente)

Prof. Me. ALISSON LIMA SILVA
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG
Membro da Banca

(assinado eletronicamente)

Profa. Me. LARISSA REZENDE ASSIS RIBEIRO
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG
Membro da Banca

Valparaíso de Goiás, 12 de dezembro de 2023

Documento assinado eletronicamente por:

- Larissa Marques Peres, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/02/2024 18:42:42.
- Larissa Rezende Assis Ribeiro, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 18/12/2023 10:18:58.
- Alisson Lima Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 12/12/2023 12:28:52.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 03/11/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 471691

Código de Autenticação: b2954d7205



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

BR 040, KM 6, Avenida Saia Velha, S/Nº, Área 8, Parque Esplanada V, VALPARAÍSO DE GOIÁS / GO, CEP 72876-601
Sem Telefones cadastrados

Agradecimentos

É uma grande honra poder expressar meus agradecimentos primeiramente a Deus e às pessoas que tanto contribuíram na minha vida e que foram graças a elas que foi possível chegar na etapa de elaboração deste TCC e concluí-lo. Dessa forma, gostaria de agradecer à minha orientadora, Dr. Larissa Marques Peres, pela dedicação e ensino, aos professores da banca que são exemplos de profissionais: Me. Alisson Lima Silva e Me. Larissa Rezende Assis Ribeiro, à minha família que sempre esteve torcendo para que eu pudesse vencer todos os desafios durante o curso. Um agradecimento especial ao Erick que me apoiou de forma integral em momentos decisivos da minha vida, às minhas amigas que o IFG concedeu-me Priscila, Evelin, Isabelle e Francielly, a todos os meus amigos e professores do IFG.

Sempre serei imensamente grata!

Resumo

As instalações elétricas devem estar de acordo com as normas vigentes para que esta ofereça qualidade para os seus consumidores. Assim, é importante ressaltar que, para esta finalidade, o projeto elétrico deve ser elaborado e executado a fim de cumprir com essas expectativas. Desta forma, este trabalho discorre sobre a importância do projeto elétrico, abordando sobre os riscos e medidas de segurança necessárias no manuseio das instalações elétricas. É apresentado também um estudo de caso para o pavimento superior do Instituto Federal de Goiás (IFG) - Câmpus Valparaíso de Goiás, com o intuito de demonstrar de forma prática a aplicabilidade das normas e elaboração de um novo projeto elétrico para o ambiente analisado. Além disso, é mencionada a importância das manutenções anuais e atualizações no projeto elétrico implantado, para que as instalações elétricas permaneçam seguras e ofereçam o bem-estar para os seus consumidores.

Palavras-Chave: Consumidores, Instalações Elétricas, Normas, Projeto Elétrico.

Abstract

Electrical installations must comply with current standards so that they offer quality to consumers. Therefore, it is important to emphasize that for this purpose, the electrical project must be designed and executed in order to meet these expectations. Therefore, this work discusses the importance of electrical project, addressing the risks and safety measures necessary when handling electrical installations. A case study is also presented for the upper floor of the Federal Institute of Goiás (IFG) - Câmpus Valparaíso de Goiás, with the aim of demonstrating in a practical way the applicability of the standards and the elaboration of a new electrical project for the analyzed environment. Furthermore, the importance of annual maintenance and updates to the implemented electrical project is mentioned, so that electrical installations remain safe and offer well-being to their consumers.

Keywords: Consumers, Electrical Installations, Standards, Electrical Design.

Lista de Figuras

2.1	Evolução da demanda de energia e da taxa de crescimento econômico, Brasil - 1970 - 2030	24
2.2	Sistema Elétrico.....	24
2.3	Matriz Energética Brasileira - Fonte	25
2.4	Mapa do Sistema de Transmissão de Energia Elétrica - Horizonte 2027	26
2.5	Localização dos consumidores em um sistema de distribuição de energia	28
3.1	Diagrama unifilar	42
3.2	Diagrama multifilar	43
3.3	Curvas características de disjuntores	50
4.1	Pavimento superior do IFG - Câmpus Valparaíso de Goiás	54
4.2	Inspeção no quadro de distribuição	55
4.3	Quadro de distribuição reserva	56
4.4	Medição de tensão.....	57
4.5	Medição Termográfica	58
4.6	Condutor exposto embaixo da mesa	59
4.7	Condutores expostos perto das tomadas	60
4.8	Pontos de tomadas em salas de aula	60
4.9	Planta Baixa	66
4.10	Projeto da Previsão de Cargas	67
4.11	Legenda do projeto.....	79
4.12	Projeto elétrico finalizado	82
4.13	Diagrama unifilar	83
4.14	Diagrama multifilar	84
4.15	Projeto 3D.....	84

4.16	Lista de materiais.....	85
------	-------------------------	----

Lista de Tabelas

3.1	Cálculo da potência aparente	35
3.2	Quadro de distribuição - Espaço reserva.....	39
3.3	Seção do condutor de neutro	44
3.4	Seção mínima do condutor de proteção	45
4.1	Pontos de conexão em tensão nominal igual ou inferior a 1 kV (380/220).....	58
4.2	Parâmetros medição termográfica	59
4.3	Previsão de carga de iluminação conforme o ambiente	63
4.4	Previsão de carga de tomada conforme o ambiente	64
4.5	Previsão número de tomadas conforme o ambiente	65
4.6	Divisão dos circuitos.....	68
4.7	Fator de demanda para iluminação e tomadas	69
4.8	Fator de demanda para ar-condicionado	70
4.9	Distribuição das cargas entre as fases	71
4.10	Quadro de carga inicial.....	72
4.11	Exemplo da determinação da CCC para o circuito de iluminação Circ. 1	73
4.12	Exemplo da determinação da CCC para o circuito de iluminação Circ. 2.....	73
4.13	Tabela Método B2	74
4.14	Tabela Método B2	75
4.15	Corrente corrigida	76
4.16	Tabela referente ao fator de correção de agrupamento	77
4.17	Tabela referente ao fator de correção de temperatura	78
4.18	Quadro de cargas corrigido	80
4.19	Quadro - Circuito Reserva.....	80
4.20	Seção reduzida do condutor de neutro.....	81
4.21	Seção mínima do condutor de proteção	81

A.1	Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D	91
A.2	Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D	92
A.3	Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G	93
A.4	Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G	94
A.5	Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas	95
A.6	Fatores de correção para linhas subterrâneas em solo com resistividade térmica diferente de 2,5 K.m/W	95
A.7	Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única	96
A.8	Fatores de correção aplicáveis a agrupamentos consistindo em mais de uma camada de condutores – Métodos de referência C (tabelas 36 e 37), E e F (tabelas 38 e 39)	96
A.9	Fatores de agrupamento para linhas com cabos diretamente enterrados	97
A.10	Fatores de agrupamento para linhas em eletrodutos enterrados	98

Lista de Abreviaturas e Símbolos

Lista de Abreviaturas

CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CCC	Capacidade de Corrente do Condutor
DPS	Dispositivos de Proteção Contra Surtos
DR	Dispositivos de Proteção Diferencial Residual
DTM	Disjuntores Termomagnéticos
EPC	Equipamentos de Proteção Coletiva
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
FCA	Fator de Correção de Agrupamento
FCT	Fator de Correção de Temperatura
I	Corrente Elétrica
IEC	Comissão Eletrotécnica Internacional
IFG	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
NBR-5410	Norma Brasileira - Instalações elétricas de baixa tensão
NR 10	Norma Regulamentadora 10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade
NR 26	Norma Regulamentadora 26 - Sinalização de Segurança

P	Potência Elétrica
PcD	Pessoas com Deficiência
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
PVC	Policloreto de vinila
QD	Quadro de Distribuição
SPDA	Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas
TA	Tensão de Atendimento
TL	Tensão de Leitura
TUE	Tomadas de Uso Específico
TUG	Tomadas de Uso Geral
V	Tensão Elétrica

Lista de Símbolos

α	Alpha
$\cos \varphi$	Fator de potência
I	Corrente elétrica
I_2	Corrente convencional de atuação para disjuntores
I_B	Corrente de projeto do circuito
I_n	Corrente nominal do dispositivo de proteção
I_z	Corrente corrigida - Capacidade de condução de corrente
N	Quantidade de circuitos efetivamente disponível
S	Seção do condutor
V	Tensão elétrica
VA	Volt-Ampère

P	Potência ativa
S	Potência aparente

Sumário

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	OBJETIVOS	21
1.1.1	OBJETIVO GERAL	21
1.1.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	21
1.2	METODOLOGIA	21
1.3	CONTRIBUIÇÃO	22
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	22
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1	DESENVOLVIMENTO DO SETOR ELÉTRICO	23
2.1.1	GERAÇÃO	24
2.1.2	TRANSMISSÃO	25
2.1.3	DISTRIBUIÇÃO	27
2.1.4	CONSUMIDOR	27
2.2	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	27
2.2.1	SEGURANÇA NAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS – NR 10	28
2.2.2	MEDIDAS DE PROTEÇÃO COLETIVA	29
2.2.3	MEDIDAS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL	30
2.2.4	SEGURANÇA EM PROJETOS	30
2.2.5	SEGURANÇA EM CONSTRUÇÃO, MONTAGEM, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	31
2.2.6	SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS ENERGIZADAS	32
2.2.7	PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO E EXPLOSÃO	32
2.2.8	SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA	32
3	RECOMENDAÇÕES DA NORMA NBR 5410	34

3.1	INTRODUÇÃO	34
3.2	PREVISÃO DE CARGA	34
3.2.1	PREVISÃO DE CARGA PARA ILUMINAÇÃO	35
3.2.2	PONTOS DE TOMADAS DE USO GERAL	35
3.2.3	PONTOS DE TOMADA DE USO ESPECÍFICO	37
3.2.4	AR-CONDICIONADO	37
3.3	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO	37
3.3.1	DEFINIÇÃO	37
3.3.2	MEDIDAS CONSIDERADAS NA MONTAGEM DE UM QD	38
3.3.3	PRINCIPAIS COMPONENTES DE UM QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO	39
3.3.4	LOCALIZAÇÃO DO QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO	40
3.4	DIVISÃO DA INSTALAÇÃO EM CIRCUITOS TERMINAIS	40
3.4.1	CRITÉRIOS PARA A DIVISÃO DA INSTALAÇÃO EM CIRCUITOS	41
3.4.2	DIAGRAMAS ELÉTRICOS.....	41
3.5	DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES ELÉTRICOS.....	43
3.5.1	SEÇÃO NOMINAL.....	44
3.5.2	CAPACIDADE DE CORRENTE DO CONDUTOR (CCC)	45
3.5.3	FATOR DE CORREÇÃO DE TEMPERATURA (FCT)	46
3.5.4	CORRENTE CORRIGIDA (I_z)	46
3.5.5	CORRENTE DE PROJETO (I_b).....	46
3.5.6	FATOR DE CORREÇÃO DE AGRUPAMENTO (FCA).....	46
3.5.7	FATOR DE DEMANDA	47
3.5.8	QUEDA DE TENSÃO ADMISSÍVEL - DIMENSIONANDO CONDUTORES	47
3.5.9	DISJUNTORES	48
3.5.10	CARACTERÍSTICA DE DISPARO - DISJUNTOR.....	49
3.5.11	DISJUNTOR DIFERENCIAL RESIDUAL (DR)	49
3.5.12	DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS (DPS)	51
3.5.13	ELETRODUTO NAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	52
3.5.14	ELETROCALHA NAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	52
4	ESTUDO DE CASO	53
4.1	INTRODUÇÃO	53
4.2	IDENTIFICAÇÃO DO CASO DE ESTUDO.....	53

4.3	INSPEÇÕES NAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DO IFG - CÂMPUS VALPARAÍSO	54
4.3.1	INSPEÇÃO VISUAL NO QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO	54
4.3.2	INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA DO QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO	56
4.3.3	INSPEÇÃO VISUAL DOS CONDUTORES ELÉTRICOS E TOMADAS.....	58
4.4	NOVO PROJETO ELÉTRICO PARA O PAVIMENTO SUPERIOR DO IFG	61
4.4.1	ELABORAÇÃO DO NOVO PROJETO ELÉTRICO.....	61
4.4.2	ETAPAS DA ELABORAÇÃO DO PROJETO	61
4.5	RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES	83
4.5.1	RECOMENDAÇÕES SOBRE AS INSPEÇÕES ELÉTRICAS IFG - CÂMPUS VALPARAÍSO	84
5	CONCLUSÃO.....	86
5.1	CONCLUSÕES GERAIS	86
5.2	TRABALHOS FUTUROS	87
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
	APÊNDICE	90

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Desde a evolução da sociedade agrária para a industrial até hoje, existe uma crescente demanda em produzir energia elétrica devido ao aumento de seu consumo [1]. Dessa forma, a energia elétrica é muito importante, pois impacta diretamente na qualidade de vida dos indivíduos da sociedade. Para que a energia elétrica esteja disponível de forma utilizável aos consumidores, é necessário que todas as etapas do sistema elétrico brasileiro, que envolve a parte de geração, transmissão e distribuição, estejam adequadas, seguindo as orientações das normas. Todo este processo, exige uma estrutura física, denominada instalação elétrica, responsável por permitir que o sistema elétrico funcione adequadamente numa edificação. Essa instalação é composta pelos componentes das ligações elétricas e pela conexão entre a fonte geradora de energia e as cargas elétricas. Com o intuito de fornecer a energia elétrica de forma adequada aos consumidores, a instalação elétrica precisa ser bem projetada e executada conforme normas específicas.

O projeto elétrico é muito importante para uma instalação adequada, pois contempla os pontos de utilização de energia elétrica, a divisão dos circuitos elétricos, o dimensionamento e trajeto dos condutores, os dispositivos de comando e proteção, a análise de segurança e a lista dos materiais que serão usados [2]. Sendo assim, o projeto elétrico do ambiente consumidor deve estar adequado e executado para garantir a segurança das pessoas e proteção dos equipamentos. Assim, tornou-se importante discorrer neste trabalho sobre o sistema elétrico brasileiro, a importância do projeto elétrico, normas reguladoras, riscos e demonstrar em forma de estudo de caso, realizado no pavimento superior do Instituto Federal de Goiás (IFG) - Câmpus Valparaíso de Goiás, a aplicabilidade de fatores primordiais que garantem o ambiente seguro das instalações elétricas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho é demonstrar a importância do projeto elétrico, utilizando como referência o IFG - Câmpus Valparaíso de Goiás, para verificar se o projeto seguiu as normas vigentes e propor um cenário de melhorias.

1.1.2 Objetivo Específico

Dentre os objetivos específicos pode-se citar os seguintes:

- Discorrer sobre a importância e elaboração do projeto elétrico;
- Apresentar as principais normas para elaboração e segurança em relação às instalações elétricas;
- Verificar a existência de melhorias para as inadequações levantadas no pavimento superior do IFG - Câmpus Valparaíso de Goiás;
- Realizar um estudo de caso para o pavimento superior do IFG - Câmpus Valparaíso de Goiás, elaborando um novo projeto elétrico.

1.2 METODOLOGIA

O estudo da importância do projeto das instalações elétricas é relevante para construir infraestruturas elétricas, na prática com qualidade, eficiência e segurança. Desta forma, este trabalho busca ressaltar esse contexto, enriquecendo-o por meio de uma fundamentação teórica respaldada em normas vigentes, e outros conhecimentos abordados nos livros sobre instalações elétricas do acervo bibliográfico do IFG - Câmpus Valparaíso de Goiás, além do uso de fontes externas.

Para aplicar os conceitos primordiais que garantem o ambiente seguro das instalações elétricas, um estudo de caso será elaborado para o pavimento superior do IFG - Câmpus Valparaíso

de Goiás, em que será realizado um novo projeto elétrico utilizando a planta arquitetônica do ambiente. Além disso, serão realizadas inspeções técnicas para a verificação da qualidade das instalações vigentes.

1.3 CONTRIBUIÇÃO

Boas condições em instalações elétricas são primordiais para manter o bem-estar e segurança de seus consumidores. Dessa forma, para manter esse contexto, é necessário que a infraestrutura elétrica esteja conforme as normas vigentes. E para isso, é importante a presença de um projeto elétrico do ambiente consumidor. Desta maneira, este trabalho tem como contribuição ressaltar a relevância do projeto de instalações elétricas no meio social e, por meio disso, levar conhecimento e melhoria para a sociedade e, principalmente, para os frequentadores do IFG - Câmpus Valparaíso de Goiás. Sendo assim, por meio do estudo de caso realizado neste trabalho, torna-se possível obter esses resultados ao sugerir melhorias como manutenções e atualizações na atual instalação elétrica do pavimento analisado do IFG.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi estruturado conforme detalhamento a seguir:

O Capítulo 1 aborda o contexto, a relevância e os objetivos que serão mencionados neste trabalho.

O Capítulo 2 exhibe os fundamentos teóricos importantes para compreender o sistema elétrico brasileiro até o ambiente consumidor, o conceito de instalações elétricas e a relevância de sua segurança.

O Capítulo 3 é uma seção dedicada para discorrer sobre normas principais que orientam a construção do projeto de instalações elétricas.

O Capítulo 4 discorre sobre o estudo de caso realizado no pavimento superior do IFG - Câmpus Valparaíso de Goiás, demonstrando um novo projeto elétrico e sugestões de melhorias para a atual instalação elétrica do ambiente estudado.

O Capítulo 5 descreve as considerações finais da elaboração deste trabalho.

Capítulo 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 DESENVOLVIMENTO DO SETOR ELÉTRICO

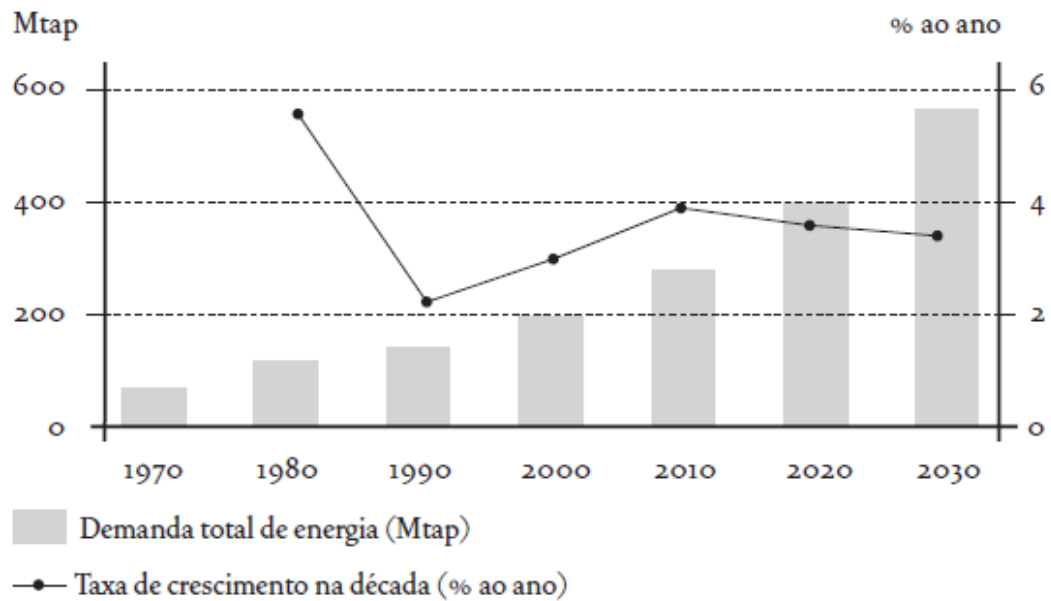
Desde o advento da Revolução Industrial e expansão demográfica, a economia dos países e qualidade de vida de seus residentes é muito influenciada pela relação de produção e consumo de energia elétrica. Estudos revelam que quanto maior o crescimento populacional e renda per capita maior a demanda de energia, conforme ilustrado na Figura 2.1 [1].

De acordo com os estudos da EPE (Empresa de Pesquisa Energética) é possível perceber na Figura 2.1 [1] que apesar da taxa de crescimento econômico não ter modificado em paralelo com a demanda energética é perceptível que os momentos em que há uma maior variação de consumo de energia são quando a economia prospera.

Geralmente, a energia elétrica percorre grandes extensões até os centros de consumo, pois, na maioria das vezes, não é utilizada no mesmo local de sua produção. Dessa forma, torna-se necessário que seja transportada em altas tensões para garantir uma redução da seção dos condutores utilizados, considerando que quanto maior a tensão menor a corrente elétrica, tornando-se mais econômico [2], conforme ilustrado na Figura 2.2. Sendo assim, pode-se dizer que as principais etapas do sistema elétrico é dividido em:

- Geração;
- Transmissão;
- Distribuição;

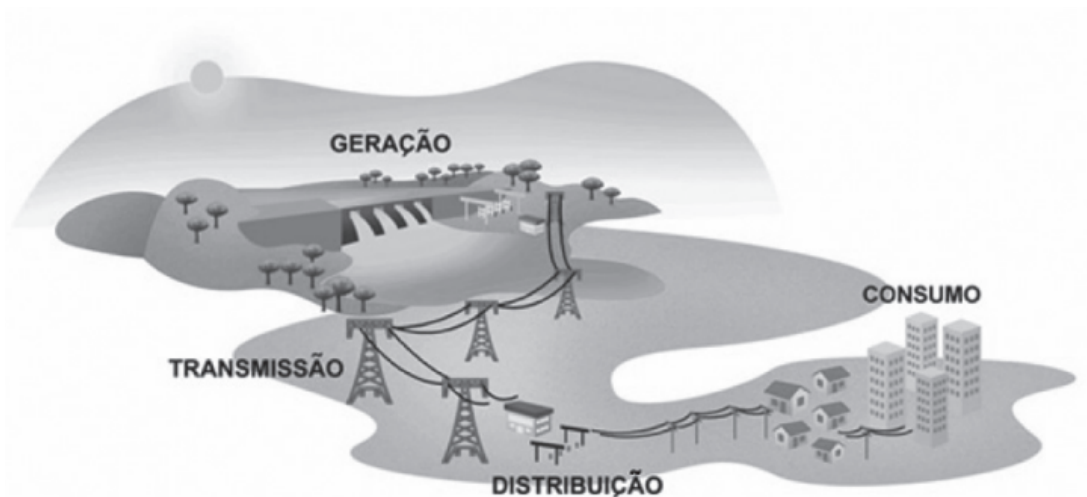
Figura 2.1: Evolução da demanda de energia e da taxa de crescimento econômico, Brasil - 1970 - 2030



Fonte: TOLMASQUIM, M. T., et al, 2007 [1]

- Consumidor final.

Figura 2.2: Sistema Elétrico



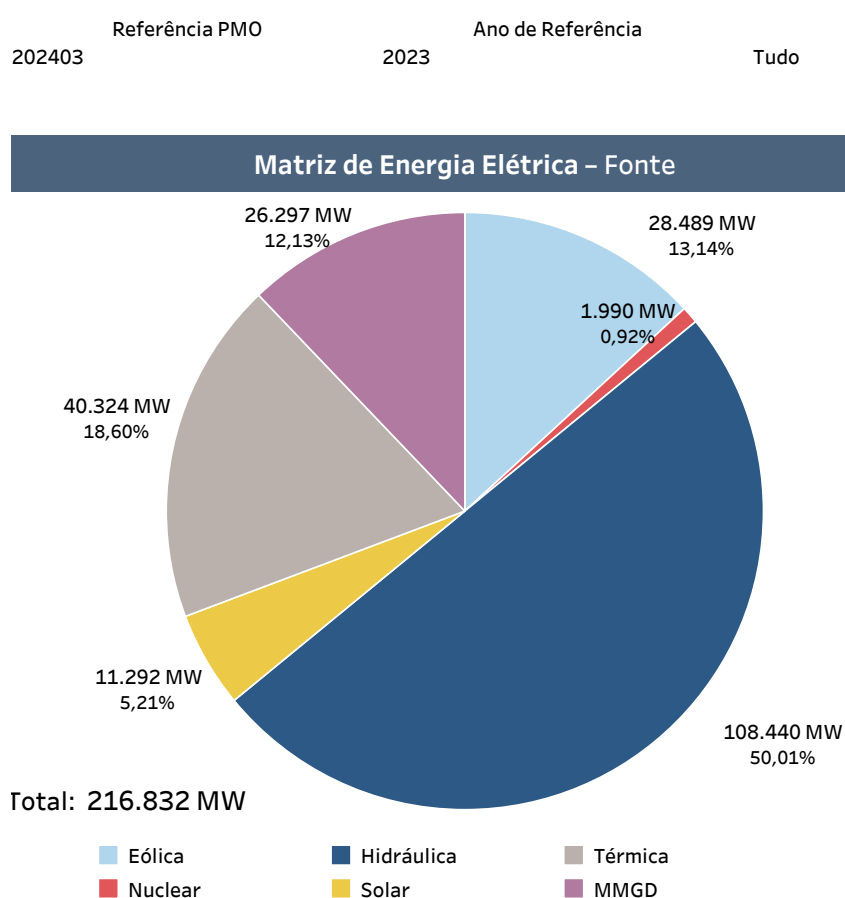
Fonte: REIS, N. N., et al, 2017 [3]

2.1.1 Geração

Pode-se dizer que a geração é a produção de energia, na qual é criada com um nível de tensão estabelecida pelas propriedades físicas e elétricas do gerador, fornecendo uma corrente restringida

pela sua potência. No processo de geração, o gerador configura-se como o principal elemento no qual adquire energia mecânica (rotação do rotor) e transforma em tensão alternada [4]. Existem diversas formas de produção de energia elétrica, uma das mais utilizadas no Brasil e também econômica ocupando cerca de 50% da matriz energética brasileira de acordo com dados gerados pela ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico) na Figura 2.3 [5], que produz um elevado nível de energia, é a energia hidráulica que usa a energia potencial da água na qual movem as turbinas dos geradores para gerar energia elétrica [2].

Figura 2.3: Matriz Energética Brasileira - Fonte



Fonte: ONS, 2023 [5]

2.1.2 Transmissão

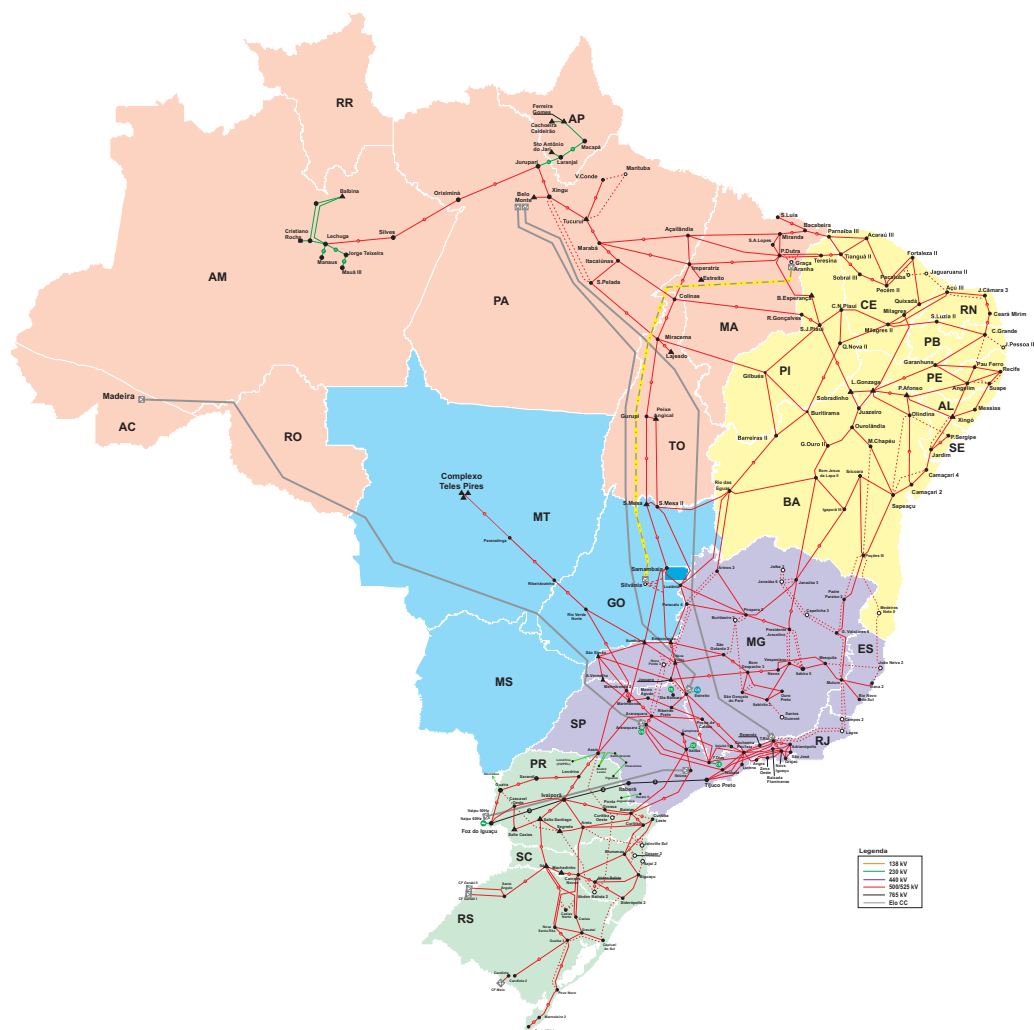
O Sistema de Transmissão distribui a energia elétrica advindo de usinas geradoras. Para realizar essa transmissão por longas distâncias eleva-se a tensão nas linhas que geralmente está em 13,8 kV nas usinas. No Brasil utiliza-se os níveis de tensão para transmissão: 750kV, 500kV,

230kV, 138kV e 69 kV.

A elevação da tensão durante a transmissão é vantajoso economicamente pois reduz a corrente elétrica e com isso reduz a seção dos condutores, o peso dos cabos e torna necessário torres de sustentação mais simples. Outra vantagem provinda com a redução da corrente é a redução do aquecimento dos condutores, ou efeito Joule, reduzindo as perdas causadas pela resistência [3].

No Figura 2.4, realizado pela ONS, é possível analisar a tensão utilizada em cada percurso ao longo do território nacional.

Figura 2.4: Mapa do Sistema de Transmissão de Energia Elétrica - Horizonte 2027



Fonte: ONS, 2023 [5]

2.1.3 Distribuição

A distribuição corresponde com a fração do sistema elétrico em cidades, bairros e indústrias. Desta maneira, a distribuição tem início na subestação abaixadora, que diminui os níveis das tensões para valores padronizados nas redes de distribuição primária (13,8 kV e 34,5 kV) [6] e, por meio dos transformadores encontrados nos postes das concessionárias há a redução da tensão para 110V ou 220V, sendo utilizado para consumo em residências e indústrias [2].

No meio urbano a rede de distribuição pode ser encontrada de duas formas: aérea ou subterrânea. Em áreas, os transformadores das concessionárias são instalados no alto dos postes ou até mesmo em subestações abrigadas, enquanto que em redes de distribuição subterrâneas os transformadores são instalados em câmaras subterrâneas [6].

2.1.4 Consumidor

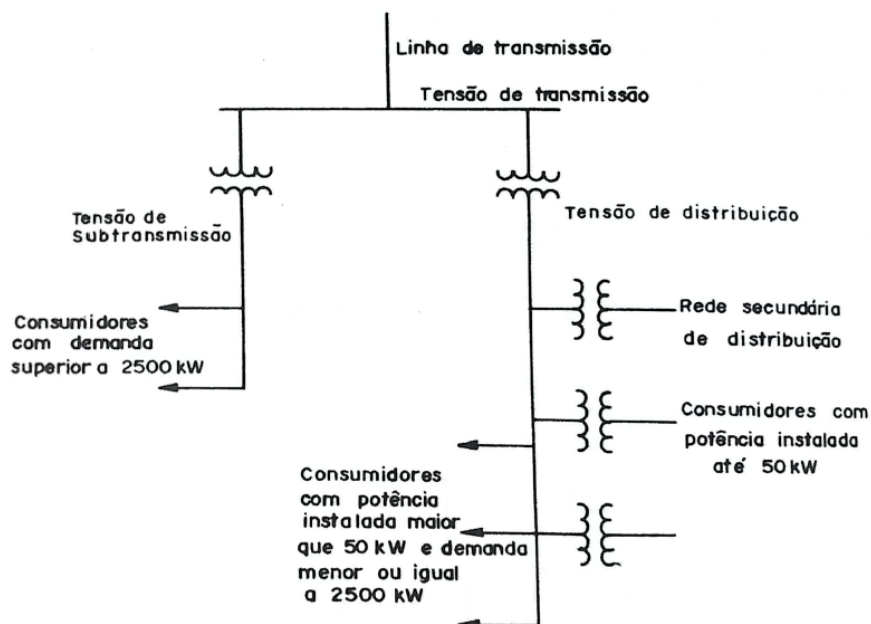
No sistema de distribuição, os consumidores encontram-se de acordo com sua potência elétrica demandada. Logo, as concessionárias examinam com o consumidor o melhor modo de atendê-los.

Na Figura 2.5, observa-se a localização de um consumidor em um centro urbano de consumo [7]. Pode-se dizer que as baixas tensões são classificadas em até 1000 V e a norma existente que estabelece as exigências para as instalações elétricas nessa faixa de tensão é a NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão [8].

2.2 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

A instalação elétrica é um conjunto de componentes e circuitos que permitem a distribuição de energia em um edifício, equipamento ou sistema, com o propósito de fornecer energia elétrica de forma segura e eficiente para alimentar dispositivos e aparelhos elétricos. As instalações elétricas são divididas em três tipos: residencial, comercial e industrial. A diferença entre elas se atribui ao grau de complexidade das instalações e ao número de dispositivos e equipamentos utilizados. As instalações residenciais/prediais são mais básicas, uma vez que a sua utilização é baseada em iluminação e tomada. Já as instalações comerciais são parecidas com as residenciais, porém, com um número maior de componentes utilizados (cabos, fios, tomadas e disjuntores).

Figura 2.5: Localização dos consumidores em um sistema de distribuição de energia



Fonte: NEGRISOLI, Manoel E. M. 1987 [7]

Por fim, as instalações industriais possuem um maior nível de complexidade, uma vez que o nível de consumo de energia e a quantidade de equipamentos são maiores os aquecimentos nesse tipo de ambiente. [9].

2.2.1 Segurança nas instalações elétricas – NR 10

A NR 10 [10] é uma norma regulamentadora composta de sistemas preventivos e medidas de regulação para garantir saúde e segurança aos indivíduos que trabalham com energia elétrica, seja de forma direta ou indireta. Sendo assim, esta norma aplica-se às fases que compõem o sistema elétrico. Conforme as aplicações da NR 10:

Esta NR se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades, observando-se as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis [10].

Em relação às medidas de controle abordadas pela NR 10, podem-se ressaltar as atualizações que as empresas são obrigadas a fazer, ou seja, devem sempre manter atualizados os esquemas

unifilares das instalações elétricas e as descrições do sistema de aterramento e outros equipamentos de proteção. Os estabelecimentos que apresentam uma carga instalada maior que 75 kW devem possuir o Prontuário de Instalações Elétricas, além da atualização de seus esquemas unifilares [4]. O Prontuário das Instalações Elétricas deve apresentar no mínimo:

- Exposição das medidas de controle existentes e aglomerado de procedimentos e instruções técnicas e administrativas de segurança e saúde instituídas;
- Os registros das avaliações e aferições do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) e aterramentos elétricos;
- A caracterização dos Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) e Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e o ferramental conforme a NR;
- Apuração dos exames de isolamento elétrica efetuados em EPCs e EPIs;
- Conter as certificações dos equipamentos e materiais elétricos apresentados em áreas classificadas;
- O documento técnico das análises revisadas com instruções, calendários de ajustes, mencionando tópicos abordados anteriormente no prontuário.

Além disso, o Prontuário das Instalações Elétricas deve conter os registros referentes: “qualificação, habilitação, capacitação, autorização dos trabalhadores e dos treinamentos realizados” [4].

2.2.2 Medidas de proteção coletiva

A medida de proteção coletiva aborda necessária a desenergização elétrica quando for realizada qualquer atividade ligada a instalações elétricas e, quando isso não for disponível, utilizar a tensão de segurança [4]. Entretanto, segundo a NR 10, quando não for possível realizar o que foi estabelecido no descrito acima, torna-se necessário utilizar outras medidas de proteção coletivas como: “isolação das partes vivas, obstáculos, barreiras, sinalização, sistema de seccionamento automático de alimentação, bloqueio do religamento automático” [10].

2.2.3 Medidas de proteção individual

Em momentos em que as medidas de proteção coletiva não forem suficientes para conter riscos, torna-se importante adotar as medidas de proteção individual, utilizando EPI conforme as atividades a serem executadas na energia elétrica, com base na NR 6. É importante ressaltar a proibição do uso de adereços pessoais em serviços relacionados às instalações elétricas e em locais próximos [10].

2.2.4 Segurança em projetos

A descrição de dispositivos de desligamento de circuitos em projetos de instalações elétricas, que permitam o óbice de reenergização, apresenta-se de forma obrigatória, com indicação da condição operativa para sinalização de advertência. Sempre que factível, o projeto elétrico deve indicar a instalação de equipamento de seccionamento com execução simultânea que impeça a reenergização do circuito. Além disso, quando for tanto tecnicamente possível quanto necessário, projetar equipamentos de seccionamento que admitam recursos fixos de equipotencialização e aterramento do circuito interrompido.

O projeto de instalações elétricas precisa levar em consideração o espaço seguro e o dimensionamento e a posição de seus elementos, bem como as intervenções externas, em situações de operações e serviços de construção e manutenção. Circuitos elétricos com objetivos diversos devem ser discernidos e instalados de maneira separada, como exemplo, os circuitos de comunicação, controle de tração elétrica e sinalização. Entretanto, salvo quando os avanços tecnológicos possibilitam o compartilhamento, contanto que sejam cumpridas as especificações do projeto.

Deve ser estabelecido no projeto de instalações elétricas o sistema de aterramento e requisitos para a implementação de aterramento provisório, se houver de forma obrigatória a conexão entre o condutor neutro e o de proteção e a ligação à terra dos elementos condutores não designados para conduzir eletricidade [4]. Segundo a NR 10 [10], o memorial descritivo, no mínimo, deve conter elementos de segurança, como:

- a) especificação das características relativas à proteção contrachoque elétricos, queimaduras e outros riscos adicionais;
- b) indicação de posição dos dispositivos de manobra dos circuitos elétricos: (Verde - “D”,

desligado e Vermelho - “L”, ligado);

- c) descrição do sistema de identificação de circuitos elétricos e equipamentos, incluindo dispositivos de manobra, de controle, de proteção, de intertravamento, dos condutores e os próprios equipamentos e estruturas, definindo como tais indicações devem ser aplicadas fisicamente nos componentes das instalações;
- d) recomendações de restrições e advertências quanto ao acesso de pessoas aos componentes das instalações;
- e) precauções aplicáveis em face das influências externas;
- f) o princípio funcional dos dispositivos de proteção, constantes do projeto, destinados à segurança das pessoas;
- g) descrição da compatibilidade dos dispositivos de proteção com a instalação elétrica [10].

2.2.5 Segurança em construção, montagem, operação e manutenção

De acordo com [4], com base na NR 10, é essencial incorporar ações preventivas para gerenciar riscos suplementares e indicação de segurança e devem ser aplicados: “altura, confinamento, campo elétrico e magnético, explosividade, umidade, poeira, fauna e flora e outros agravantes” [4]. Além disso, segundo a NR 10 [10], as instalações elétricas devem ser examinadas, reparadas, atualizadas, desenvolvidas, montadas, e executadas de maneira a assegurar a segurança e bem-estar de operários e utilizadores, e receber a supervisão de um especialista autorizado. Em ambientes de trabalho só pode utilizar aparelhos, dispositivos e utensílios elétricos adequados à instalação elétrica já presente.

Adicionalmente, os aparelhos, dispositivos e utensílios elétricos que contêm material isolante devem ser apropriados às tensões existentes e devem ser examinados e avaliados segundo as regulamentações vigentes ou conforme está definido nos projetos. Áreas de serviços elétricos, caixas e invólucros de aparelhos e sistemas elétricos são específicos para essas atividades, sendo estritamente vedado utilizá-los para estoque ou guardar quaisquer itens. Em trabalhos com instalações elétricas, devem ser respeitadas a NR 17, referente à ergonomia, permitindo a liberdade das partes superiores do corpo para a execução de atividades [10].

2.2.6 Segurança em instalações elétricas energizadas

Os profissionais, para realizarem ações em instalações elétricas com tensão igual ou maior a 50 V em corrente alternada (CA) ou superior a 120 Volts em corrente contínua (CC), devem atender o item 10.8 da NR 10 que discorra sobre: “Habilitação, qualificação, capacitação, autorização dos trabalhadores” [10]. Além disso, as execuções operacionais em sistemas de baixa tensão, como ativar e desativar circuitos, podem ser efetuadas por qualquer indivíduo desde que os componentes e aparelhos elétricos estejam em ótimo estado de conservação e adequados para a atividade. Atividades com instalações energizadas precisam ser interrompidas em casos de situações que representem um risco para os trabalhadores. Deve-se realizar uma avaliação de riscos elaboradas em circuitos desenergizados de forma prévia para que possa ocorrer a implementação de novas tecnológicas ou para a adição de novas instalações ou aparelhos elétricos [10].

2.2.7 Proteção Contra Incêndio e Explosão

De acordo com a NR 10, deve-se haver a avaliação referente à adequação na esfera do Sistema Brasileiro de Certificação dos seguintes itens: “Materiais, peças, dispositivos, equipamentos e sistemas destinados à aplicação em instalações elétricas” [10]. Deve-se conter equipamento de descarga elétrica e ações de segurança específicas para os aparelhos e procedimentos que podem gerar ou guardar carga estática. Além disso, deve-se assumir que, em instalações elétricas em locais caracterizados ou propensos a um alto risco de incêndios, ou detonações, tem que conter, segundo a NR 10: “Dispositivos de proteção, como alarme e seccionamento automático, para prevenir sobretensões, sobrecorrentes, falhas de isolamento, aquecimentos ou outras condições anormais de operação” [10]. As atividades em instalações elétricas em locais caracterizados apenas poderão ser executadas com autorização para a tarefa, com liberação de maneira formal, com base no item 10.5 da NR 10 que discorre sobre: “Segurança em instalações elétricas desenergizadas” ou erradicação do fator de risco que estabelece a classificação da zona [10].

2.2.8 Sinalização de segurança

Em instalações e atividades em eletricidades, é preciso conter advertência de segurança apropriada destinada à orientação e ao reconhecimento, com base na NR 26 “Sinalização de

Segurança” e a responder às condições a seguir:

- a) identificação de circuitos elétricos;
- b) travamentos e bloqueios de dispositivos e sistemas de manobra e comandos;
- c) restrições e impedimentos de acesso;
- d) delimitações de áreas;
- e) sinalização de áreas de circulação, de vias públicas, de veículos e de movimentação de cargas;
- f) sinalização de impedimento de energização;
- g) identificação de equipamento ou circuito impedido [10].

Capítulo 3

RECOMENDAÇÕES DA NORMA NBR 5410

3.1 INTRODUÇÃO

Nesta seção, apresentam-se as recomendações da NBR 5410 que serão utilizadas para o desenvolvimento do estudo de caso deste trabalho, que é a elaboração de um projeto elétrico para o pavimento superior do IFG - Câmpus Valparaíso de Goiás.

3.2 PREVISÃO DE CARGA

Para o dimensionamento de um projeto elétrico, primeiramente é necessário determinar as cargas elétricas que existirão na instalação a ser dimensionada. Cada aparelho de utilização (lâmpadas, eletrodomésticos, entre outros) necessita, para o seu funcionamento, de uma determinada potência, a qual é solicitada da rede de energia elétrica da concessionária. Qualquer dispositivo a ser utilizado, seja ele uma luminária, um chuveiro, um ar-condicionado ou qualquer outro, a potência a ser levada em conta é a potência absorvida, expressa em volt-ampère (VA). Essa potência pode ser obtida diretamente do fabricante ou calculada a partir da tensão nominal, da corrente nominal e do fator de potência [8].

Quando a potência aparente não é disponibilizada pelo fornecedor, é possível calculá-la utilizando a fórmula mais apropriada, dependendo da natureza da carga, como demonstrado

na Tabela 3.1. A estimativa da potência de todos os equipamentos elétricos que podem ser ligados na instalação assim que a mesma estiver em operação é denominada de previsão de carga. De acordo com a NBR 5410 [8], deve-se determinar a previsão de carga para iluminação e dimensionar a quantidade de pontos de Tomadas de Uso Geral (TUGs) e Tomadas de Uso Específico (TUEs).

Tabela 3.1: Cálculo da potência aparente

Carga resistiva $\cos \varphi = 1$	Carga indutiva (exceto Motor) $\cos \varphi < 1$	Equipamento a motor $\cos \varphi < 1$ e $\eta < 1$
lâmpada incandescente chuveiro e torneira elétrica forno elétrico etc.	lâmpada de descarga (reator) ar-condicionado etc.	motor de portão automático motor de elevador bombas em geral
$S = P$	$S = \frac{P}{\cos \varphi}$	$S = \frac{P}{\eta \cdot \cos \varphi}$
em que: carga monofásica e bifásica: $P = V \cdot I$	em que: carga monofásica e bifásica: $P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$	em que: motor monofásico e bifásico: $P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta$ motor trifásico: $P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta$

Fonte: [4]

A NBR 5410 [8] estipula princípios que se aplicam a variados lugares, incluindo residências, apartamentos e outros, com o propósito de estabelecer as quantidades, posições e potências mínimas para os pontos de iluminação e tomadas nos ambientes.

3.2.1 Previsão de carga para iluminação

Para poder ser feita uma previsão de carga por parte da iluminação, deve ser considerado no mínimo um ponto de luz por ambiente. Quanto ao cálculo da potência aparente por ponto de luz, deve-se considerar 100 VA para os primeiros 6 m² e depois acrescentar 60 VA para cada acréscimo de 4 m² inteiros [8].

3.2.2 Pontos de tomadas de uso geral

A quantidade de pontos de tomadas é definida de acordo com o local e aparelhos elétricos que podem ser empregados de acordo com as especificações abaixo:

- em banheiros pelo menos um ponto de tomada junto ao lavatório;
- em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviços, lavanderias e locais análogos, no mínimo um ponto de tomada a cada 3,5 m, ou fração de perímetro, sendo que acima de cada bancada com largura igual ou superior a 0,30 m, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada;
- em subsolos, garagens, sótão, halls de escadarias e em varandas, sala de manutenção ou localização de equipamentos, tais como casas de máquinas, salas de bombas, barriletes e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada;
- nos demais cômodos ou dependências, se a área for inferior a 6 m² pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração de perímetro, espaçados tão uniformemente quanto possível [6].

Além disso, em varandas, em momentos em que não for possível a existência de ponto de tomada no próprio lugar, deverá instalar o ponto de tomada em um lugar próximo. É importante também levar em consideração que às vezes um ponto de tomada pode ser utilizado para energizar mais de um aparelho. Dessa forma, deve-se instalar um número de tomadas compatíveis com a situação [6].

- em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, considerando-se cada um desses ambientes separadamente. Quando o total de tomadas no conjunto desses ambientes for superior a seis pontos, admite-se que o critério de atribuição de potências seja de no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até dois pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, sempre considerando cada um dos ambientes separadamente;
- nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por ponto de tomada [8].

Vale ressaltar que em halls de escadas, salas de reparo e sala de localização de aparelhos, deve-se prever pelo menos um ponto de tomada [6].

Pode-se concluir que a carga de iluminação vai ser definida de acordo com a área do ambiente. Já a carga de TUGs pode ser definida de acordo com os seguintes itens:

- área do ambiente;
- perímetro;
- área e perímetro [2].

3.2.3 Pontos de tomada de uso específico

Deve-se considerar para o ponto de tomada específica uma potência nominal conforme o equipamento a ser energizado. Entretanto, se a potência do aparelho a ser energizado for desconhecida, deve-se considerar ao ponto uma potência nominal de aparelho mais potente que poderá ser energizado, ou potência específica adquirida da corrente nominal da tomada e na tensão do circuito vinculado [6]. Dessa forma, observa-se que o número de TUEs é determinado pela quantidade de equipamentos de utilização, com corrente nominal maior que 10 A. Os pontos de tomadas específicas devem estar no máximo 1,5 m da localização do aparelho que vai ser energizado [2].

3.2.4 Ar-condicionado

Sabe-se que a parte de elaboração de cálculos precisos de ar-condicionado constitui-se como atividade de outra área da engenharia. Porém, pode-se afirmar que para a elaboração do projeto elétrico é importante: “potência elétrica absorvida, tensão e fator de potência do aparelho para se poder projetar corretamente sua instalação”. Entretanto, de maneira prévia, é necessário estabelecer a carga térmica da área a ser condicionada e, com isso, o aparelho será apropriado [7].

3.3 QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO

3.3.1 Definição

O Quadro de Distribuição (QD) é o lugar que compreende a segmentação dos circuitos finais das instalações, os quais englobam tanto luminárias quanto tomadas de uso geral e específico. Além disso, o QD aloca os dispositivos de proteção do sistema elétrico, como disjuntores e Dispositivos de Proteção Diferencial Residual (DR), entre outros componentes [3]. Ele recebe os

cabos provenientes do medidor ou centro de medição, conhecido como ponto de entrada (ramal de alimentação) [2].

É fundamental lembrar que nos QDs a subdivisão adequada dos circuitos terminais é essencial. Isso implica que um equilíbrio ou distribuição equitativa de fases tenha sido previamente estabelecido, garantindo que as cargas tenham sido uniformemente distribuídas entre as fases, visando alcançar um equilíbrio otimizado. Isso, por sua vez, contribuirá para a seleção de condutores de menor bitola e, conseqüentemente, para a escolha de eletrodutos com diâmetro reduzido [3].

3.3.2 Medidas consideradas na montagem de um QD

De acordo com a norma NBR 5410 [8], as medidas que devem ser consideradas na montagem de um quadro de distribuição são:

- Os componentes, inclusive as linhas elétricas, devem ser dispostos de modo a facilitar sua operação, inspeção, manutenção e o acesso a suas conexões. O acesso não deve ser significativamente reduzido pela montagem dos componentes em invólucros ou compartimentos.
- Placas, etiquetas e outros meios adequados de identificação devem permitir identificar a finalidade dos dispositivos de comando, manobra e/ou proteção, a menos que não exista nenhuma possibilidade de confusão. Se a atuação de um dispositivo de comando, manobra e/ou proteção não puder ser observada pelo operador e disso puder resultar perigo, deve ser provida alguma sinalização à vista do operador.
- Os componentes devem ser escolhidos e dispostos de modo a impedir qualquer influência prejudicial entre as instalações elétricas e as instalações não-elétricas, bem como entre as instalações elétricas de energia e de sinal da edificação.
- Os condutores de alimentação dos componentes e instrumentos fixados nas portas ou tampas devem ser dispostos de tal forma que os movimentos das portas ou tampas não possam causar danos a esses condutores.
- Nos quadros de distribuição, deve ser previsto espaço de reserva para ampliações futuras, com base no número de circuitos com que o quadro for efetivamente equipado, conforme

Tabela 3.2.

- Todos os componentes de um conjunto devem ser identificados, e de tal forma que a correspondência entre componente e respectivo circuito possa ser prontamente reconhecida. Essa identificação deve ser legível, indelével, posicionada de forma a evitar qualquer risco de confusão e, além disso, corresponder à notação adotada no projeto (esquemas e demais documentos).

Tabela 3.2: Quadro de distribuição - Espaço reserva

Quantidade de circuitos efetivamente disponível N	Espaço mínimo destinado a reserva (em número de circuitos)
até 6	2
7 a 12	3
13 a 30	4
$N > 30$	$0,15 \cdot N$
NOTA: A capacidade de reserva deve ser considerada no cálculo do alimentador do respectivo quadro de distribuição.	

Fonte: NBR 5410 [8]

3.3.3 Principais componentes de um quadro de distribuição

Pode-se afirmar que os principais componentes que compõem um quadro de distribuição são [2]:

- Dispositivos de proteção: disjuntores termomagnéticos (DTM), DR e Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS);
- Barramentos de interligação das fases;
- Barramento de neutro;
- Barramento de proteção (terra); Estrutura: composta de caixa metálica ou de PVC, chapa de montagem dos componentes, isoladores, tampa (espelho) e porta com dobradiça.

3.3.4 Localização do quadro de distribuição

A instalação adequada do quadro de distribuição exige que seja colocado em proximidade aos principais pontos de consumo e concentração de potência na infraestrutura elétrica. Isso tem a vantagem de minimizar a extensão dos cabos utilizados, o que resulta em menor queda de tensão, reduzindo, por consequência, o dimensionamento tanto dos condutores quanto dos dutos de proteção. Para encontrar o centro de carga, é necessário ponderar as seguintes variáveis: o número de pontos de utilização, suas posições e suas potências [3].

Também deve ser considerado no momento de definir a posição do quadro de distribuição [4]:

- localidade de fácil acesso e com identificação externa legível e não facilmente removível;
- localidade segura, não sujeita a choques mecânicos e acesso de terceiros;
- jamais em localidades que costumam ficar fechados a chave, como quartos, banheiros etc;
- jamais em paredes que dificultem a colocação de armários, estantes, mesas e outros móveis ou nas quais o quadro possa ser encoberto por eles.

3.4 DIVISÃO DA INSTALAÇÃO EM CIRCUITOS TERMINAIS

Após ser determinado o número e o local do QD, torna-se necessário realizar a divisão da instalação elétrica em circuitos elétricos. Assim, a divisão dos circuitos deve ser realizada de maneira que cumpra as seguintes necessidades:

- a) segurança — por exemplo, evitando que a falha em um circuito prive de alimentação toda uma área;
- b) conservação de energia — por exemplo, possibilitando que cargas de iluminação e/ou de climatização sejam acionadas na justa medida das necessidades;
- c) funcionais — por exemplo, viabilizando a criação de diferentes ambientes, como os necessários em auditórios, salas de reuniões, espaços de demonstração, recintos de lazer, etc.;

- d) de produção — por exemplo, minimizando as paralisações resultantes de uma ocorrência;
- e) de manutenção — por exemplo, facilitando ou possibilitando ações de inspeção e de reparo [8].

3.4.1 Critérios para a divisão da instalação em circuitos

É necessário haver um circuito de forma individualizada para energizar os aparelhos de utilização. Devem existir circuitos particulares para aparelhos com corrente nominal maior que 10 A, e circuitos específicos para cada tomada de uso específico e circuitos separados para pontos de tomadas como: “cozinhas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos” [8]. Além disso, a potência máxima de cada circuito de tomadas desses ambientes citados acima, pode ser até 2.100 VA, e de acordo com [2], e com isso corresponde até seis pontos de tomadas, conforme Equação (3.1).

$$600 \text{ VA} + 600 \text{ VA} + 600 \text{ VA} + 100 \text{ VA} + 100 \text{ VA} + 100 \text{ VA} \quad (3.1)$$

Se forem previstos sete pontos de tomadas a potência será conforme Equação (3.2).

$$600 \text{ VA} + 600 \text{ VA} + 100 \text{ VA} + 100 \text{ VA} + 100 \text{ VA} + 100 \text{ VA} + 100 \text{ VA} = 1.700 \text{ VA} \quad (3.2)$$

Sobre a disposição das cargas, segundo a norma NBR 5410, é necessário dividi-las entre fases para conseguir equilibrá-las [8].

3.4.2 Diagramas Elétricos

Uma característica que todo projetista deve ter é a de sempre transmitir de forma mais clara possível suas ideias no projeto para que, dessa forma, quem for ler o projeto, consiga compreender e executá-lo de maneira mais eficiente [7].

Para se tornar mais compreensível, no projeto deve ser previsto, no mínimo:

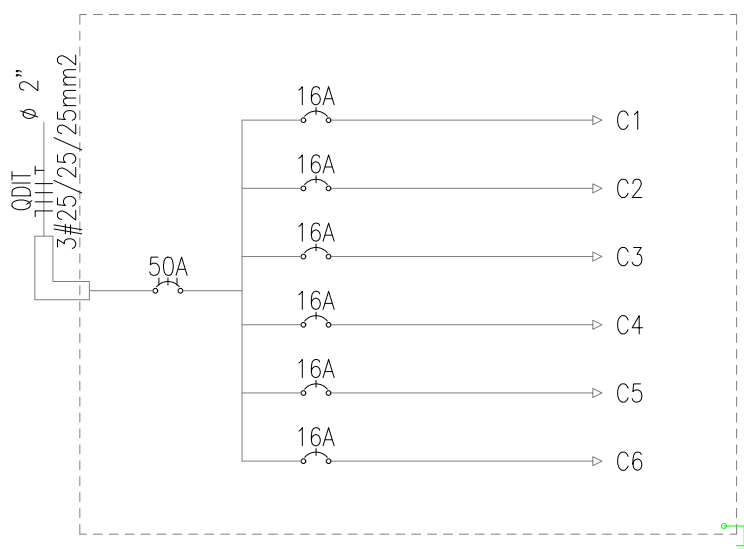
- plantas;
- esquemas unifilares e outros, quando aplicáveis;

- detalhes de montagem, quando necessários;
- memorial descritivo da instalação;
- especificação dos componentes (descrição, características nominais e normas que devem atender);
- parâmetros de projeto (correntes de curto-circuito, queda de tensão, fatores de demanda considerados, temperatura ambiente etc.) [8].

3.4.2.1 Representação de diagramas unifilar ou multifilar

O diagrama unifilar fornece uma perspectiva abrangente da infraestrutura elétrica, sem entrar em detalhes sobre como os componentes estão conectados ou operam. Ele inclui a representação de todos os circuitos, acompanhados de seus respectivos disjuntores de proteção, Figura 3.1, além indicar claramente qual circuito protege e qual é a seção do condutor atribuída a cada circuito [11].

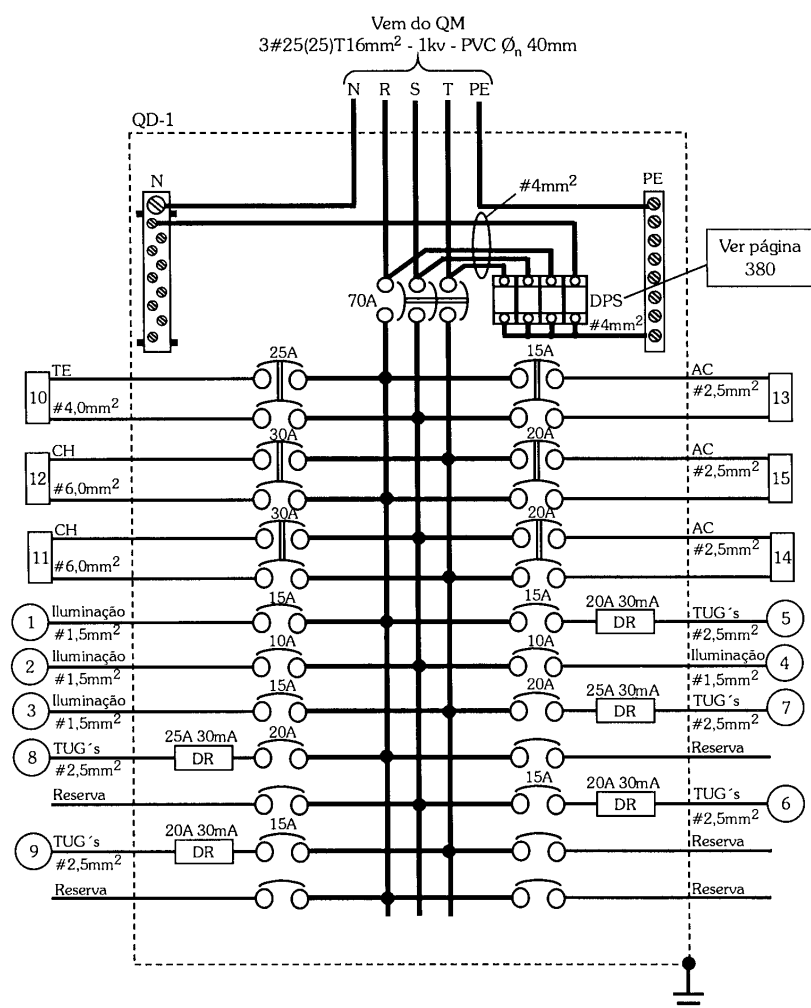
Figura 3.1: Diagrama unifilar



Fonte: Autoria própria

O diagrama multifilar, quando comparado ao diagrama unifilar, é mais eficaz na orientação do eletricitista encarregado da montagem do quadro de distribuição e da conclusão das instalações elétricas. Isso ocorre devido ao nível mais abrangente de detalhes oferecido pelo diagrama multifilar, que inclui informações sobre a conexão dos disjuntores e do DR, Figura 3.2.

Figura 3.2: Diagrama multifilar



Fonte: [2]

3.5 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES ELÉTRICOS

Os condutores elétricos têm como sua principal finalidade o transporte eficaz de energia elétrica. Para assegurar a execução bem-sucedida dessa tarefa, é essencial conduzir uma análise minuciosa. Isso abrange a importância de manter o funcionamento dos condutores dentro dos limites apropriados de temperatura e queda de tensão, bem como a garantia de que possam suportar correntes que excedam a capacidade dos dispositivos de proteção contra sobrecarga e curto-circuito por um período aceitável. Para atender a esses requisitos, é essencial avaliar atentamente os três critérios fundamentais estipulados na norma NBR 5410: condutividade, queda de tensão e seção mínima definida pela norma [3].

3.5.1 Seção nominal

Os condutores elétricos são identificados pela sua seção nominal, que difere da medida puramente geométrica (área da seção transversal do condutor) e é, em vez disso, baseada na “seção elétrica efetiva” determinada pela elétrica. As seções nominais são expressas em milímetros quadrados (mm^2) e seguem uma série estabelecida pela Comissão Eletrotécnica Internacional [2]. Consoante a NBR 5410, são estabelecidos alguns critérios a respeito das seções mínimas escolhidas para os condutores fase, neutro e de proteção.

3.5.1.1 Seção mínima dos condutores de fase

Condutores e cabos isolados de cobre destinados a circuitos de iluminação devem ter uma seção mínima de $1,5 \text{ mm}^2$, enquanto para circuitos de potência (tomadas), a seção mínima deve ser de $2,5 \text{ mm}^2$ [8].

3.5.1.2 Seção mínima do condutor neutro

O condutor neutro, em um sistema elétrico de distribuição secundária, tem por finalidade o equilíbrio e a proteção do sistema elétrico [2]. O dimensionamento do neutro deve seguir alguns critérios abordados na NBR 5410 e utilizar a tabela mostrada na Tabela 3.3.

Tabela 3.3: Seção do condutor de neutro

Seção dos condutores de fase mm^2	Seção reduzida do condutor neutro mm^2
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

¹⁾ As condições de utilização desta tabela são dadas em 6.2.6.2.6.

Fonte: NBR 5410 [8]

3.5.1.3 Seção mínima do condutor de proteção

O condutor de proteção deve ser adequadamente dimensionado, pois sua função principal é direcionar possíveis correntes de fuga para terra, assegurando, assim, a estabilidade das operações da instalação [11]. Para dimensionar o condutor de proteção quando o material é o mesmo usado para os condutores de fase, basta fazer uso da Tabela 3.4, proveniente da NBR 5410, que estabelece a relação entre a seção dos condutores de fase e a de proteção.

Tabela 3.4: Seção mínima do condutor de proteção

Seção dos condutores de fase S mm^2	Seção mínima do condutor de proteção correspondente mm^2
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Fonte: NBR 5410 [8]

3.5.2 Capacidade de corrente do condutor (CCC)

A NBR 5410 disponibiliza várias tabelas nas quais é possível obter o valor da capacidade de corrente do condutor. Cabe ao projetista escolher a tabela segundo as especificações do seu projeto elétrico. Dessa forma, os métodos de referência são os métodos de instalação, indicados na IEC 60364-5-52 [12], para os quais a capacidade de condução de corrente foi determinada por ensaio ou por cálculo. Sendo eles:

- “A1: condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
- A2: cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
- B1: condutores isolados em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
- B2: cabo multipolar em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
- C: cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede de madeira;
- D: cabo multipolar em eletroduto enterrado no solo;
- E: cabo multipolar ao ar livre;
- F: cabos unipolares justapostos (na horizontal, na vertical ou em trifólio) ao ar livre;
- G: cabos unipolares espaçados ao ar livre.”

3.5.3 Fator de correção de temperatura (FCT)

A NBR 5410 [8] fornece, em suas Tabelas de 36 a 39 (Tabelas A.1, A.2, A.3 e A.4), a capacidade de condução de corrente fazendo referência a temperatura ambiente de 30°C para vários modos de instalar, salvo as linhas enterradas na qual, sua capacidade contém uma temperatura de 20 °C. Entretanto, quando os condutores forem instalados em temperaturas diferentes das quais foram citadas, torna-se necessário definir a capacidade de condução de corrente com os dados das Tabela 40 da NBR 5410 (Tabela A.5).

3.5.4 Corrente corrigida (I_z)

A NBR 5410 [8] disponibiliza tabelas que mostram a capacidade de condução de corrente (I_z) de elementos condutivos de cobre e alumínio, presente nas tabelas de 36 a 40 da norma NBR 5410, porém este trabalho utilizou a Tabela 38 (Tabela A.3). Além disso, é possível calcular a corrente I_z a partir das Tabelas 36 e 40 da NBR 5410 (Tabelas A.1, A.2, A.3, A.4) e A.5 observando a situação em que é preciso realizar a correção de temperatura. É preciso ressaltar que se o resultado de I_z for considerada inferior do que I_b (corrente de projeto), a seção do condutor deve ser aumentada [13].

3.5.5 Corrente de projeto (I_b)

Segundo a NBR 5410 [8] para realizar o cálculo de corrente de projeto é primordial utilizar a potência em VA (ou potência aparente) e dividi-la pela tensão (ex. 2200 VA / 220V = 10 A).

3.5.6 Fator de correção de agrupamento (FCA)

Observa-se a necessidade de aplicar o FCA, quando existir mais de um circuito em eletroduto ou outros tipos de condutores. O agrupamento de circuitos eleva a temperatura dos condutores. Dessa forma, segundo a NBR 5410 : “o fator de correção compensará essa pior condição com o aumento da seção dos condutores” [4]. A NBR 5410 fornece Tabelas, numeradas na norma de 42 a 45 (Tabelas A.7, A.8, A.9 e A.10), que devem ser usadas para definir o fator de correção de agrupamento conforme as necessidades do projeto. Este trabalho considerou a Tabela 42 (Tabela A.7). Na capacidade de condução de corrente e fatores de correção, a NBR

5410 cita: “Os valores de capacidade de condução de corrente fornecidos pelas Tabelas 36 a 39 são válidos, este trabalho considerou a Tabela 36 (Tabela A.1), para o número de condutores carregados que se encontra indicado em cada uma de suas colunas. Para linhas elétricas contendo um total de condutores superior às quantidades indicadas nas tabelas 36 a 39 (Tabelas A.1, A.2, A.3 e A.4), a capacidade de condução de corrente dos condutores de cada circuito deve ser determinada, usando-se as tabelas 36 a 39, com a aplicação dos fatores de correção pertinentes dados nas tabelas 42 a 45, fatores de agrupamento” (Tabelas A.7, A.8, A.9 e A.10) [8].

3.5.7 Fator de demanda

Para realizar a correção da potência aparente, é essencial considerar o fator de demanda, no qual este varia de 0 a 1, e em seguida multiplicá-lo pela potência em VA. Além disso, para saber qual fator de demanda utilizar, é necessário observar as tabelas que as concessionárias fornecem. Porém, deve ter cuidado quando definir o fator de demanda, pois em algumas situações, pode ocorrer que as tabelas das concessionárias não estejam conforme a realidade do projeto específico. Para este trabalho foi utilizado o fator de demanda conforme o Grupo Equatorial Energia [14], concessionária fornecedora de energia do IFG.

3.5.8 Queda de tensão admissível - dimensionando condutores

A queda de tensão ocorre devido ao deslocamento da corrente elétrica em todos os componentes do circuito. Entretanto, essa queda de tensão deve respeitar os limites impostos pela NBR 5410 [2].

A NBR 5410 [8] informa os parâmetros a seguir em relação a queda de tensão. Portanto, aborda-se que o ponto de uso nas instalações, a queda de tensão não pode estar maior que os devidos valores, em comparação ao medido da tensão nominal da infraestrutura elétrica.

- i. “7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s);
- ii. 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado;
- iii. 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição;
- iv. 7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio”.

3.5.9 Disjuntores

Os disjuntores termomagnéticos devem atuar para proteção dos condutores contra sobrecargas e curto-circuitos [15]. Pode-se encontrar esses disjuntores como mono, bi ou tripolares para tensões até 600 V em correntes alternadas e 250 V em corrente contínua. Segundo o livro [7], temos os seguintes valores de correntes nominais:

- “Monopolares: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 90, e 100 A;
- Bi ou tripolares: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 70, 90, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350 e 400 A”.

Entretanto, há disjuntores tripolares com correntes nominais superiores a 400 A, podendo atingir 3000 A [7].

Segundo a seção 6.2.5 da NBR 5410 [8], deve-se seguir o parâmetro da relação entre algumas correntes do projeto para acontecer a proteção dos condutores:

- a) $I_b < I_n < I_z$;
- b) $I_2 < 1,45 \cdot I_z$.

Onde:

- I_B é a corrente de projeto do circuito;
- I_z é a capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para sua instalação;
- I_n é a corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste, para dispositivos ajustáveis), nas condições previstas para sua instalação;
- I_2 é a corrente convencional de atuação, para disjuntores, ou corrente convencional de fusão, para fusíveis [8].

3.5.10 Característica de disparo - disjuntor

Os disjuntores termomagnéticos seguem a Norma NBR NM 60898, no qual define “desenho, fabricação e suas certificações”[15]. É definida as características das principais curvas B C D na Norma NBR NM 60898 [15].

Os disjuntores termomagnéticos, são muito importantes para proteger os condutores de sobre-cargas e curto circuitos. Desta forma:

- “As curvas de disparo dos disjuntores se adaptam às curvas dos condutores” [15].

Indica-se a curva a B, Figura 3.3(a), para ocorrer a proteção dos circuitos que alimentam cargas com características em maior parte resistivas, como:

- “chuveiros, torneiras e aquecedores elétricos, além dos circuitos de tomadas de uso geral” [15].

Usa-se a curva a C, Figura 3.3(b), para proteger circuitos que alimentam cargas indutivas, no qual contém um ápice de corrente no instante da ligação, como:

- “microondas, motores para bombas, além de circuitos com cargas de características semelhantes a essas” [15].

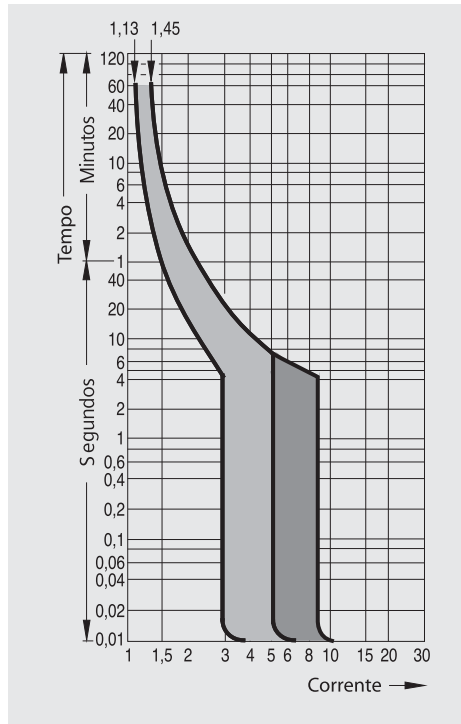
Entretanto, pode-se dizer que a curvatura B protege de maneira mais eficiente as instalações elétricas residenciais e similares, contra o curto-circuito de menor intensidade [15].

E, por último, a curva D, Figura 3.3(c), para proteção de circuitos que alimentam cargas altamente indutivas que apresentam elevados picos de corrente no momento de ligação, como grandes motores, transformadores, além de circuitos com cargas de características semelhantes a essas [16].

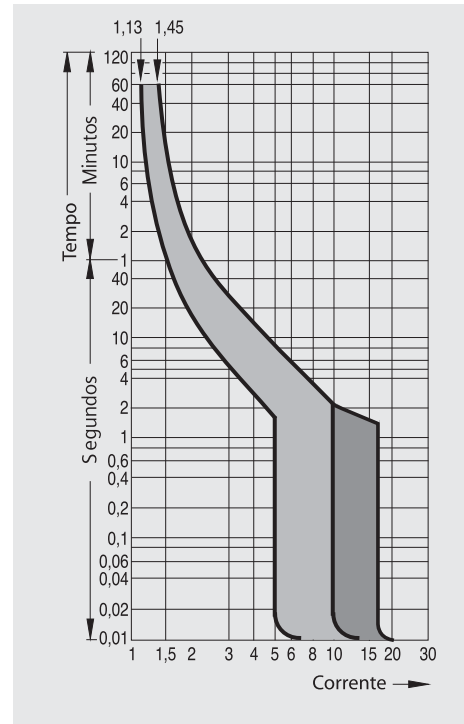
3.5.11 Disjuntor diferencial residual (DR)

É importante para garantir a segurança de indivíduos. Além disso, observa-se a sua atuação em situações de fuga de corrente superior ao seu valor nominal.

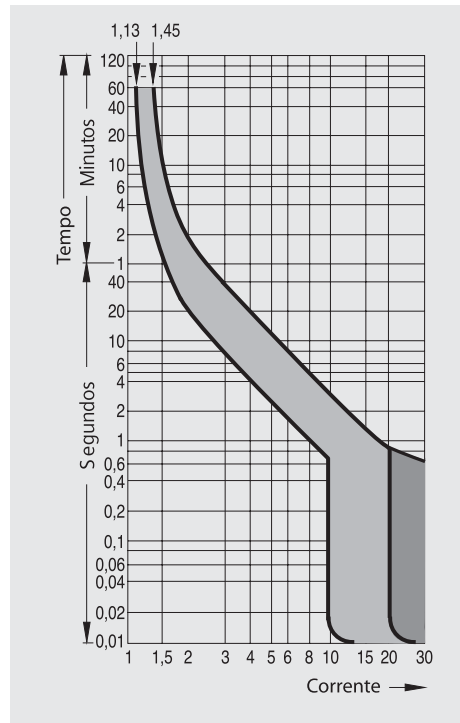
Figura 3.3: Curvas características de disjuntores



(a) Curva B



(b) Curva C



(c) Curva D

Fonte: [16]

Há dois tipos de DR, o disjuntor DR (DDR), que tem alta capacidade de interrupção, e o interruptor DR (IDR), que já tem uma menor capacidade de interrupção. Ambos são formados com quatro partes [3]:

- i. transformador de corrente;
- ii. disparador de relé;
- iii. circuito teste;
- iv. mecanismo de disparo.

O DR é acionado a partir do momento em que o transformador toroidal que existe no DR detectar uma fuga de corrente, que é quando parte da corrente elétrica, que deveria estar fluindo entre a(s) fase(s) e o neutro, flui para a terra desligando o circuito com falha. É esse fenômeno que ocorre quando uma pessoa encosta em uma parte energizada, onde ela passa a exercer a mesma função de um condutor de proteção [15].

3.5.12 Dispositivo de Proteção Contra Surtos (DPS)

Mantém a segurança da infraestrutura elétrica contra surto de tensões decorrentes de descargas atmosféricas. É importante colocar em cada fase o DPS para garantir a proteção das instalações e pessoas próximas, se adicionar o condutor de proteção [4]. Nos casos em que for necessário o uso de DPS, esses devem ser instalados junto ao ponto de entrada da linha na edificação ou no quadro de distribuição principal, localizado o mais próximo possível do ponto de entrada [8].

Outrossim, é importante observar as seguintes características para a escolha do DPS: “nível de proteção; máxima tensão de operação contínua; corrente nominal de descarga e/ou corrente de impulso; suportabilidade à corrente de curto-circuito” [2].

Além disso, caso o DPS por causa de falha não cumpra o seu objetivo de proteger em relação a sobretensões, deve ser destacada: “por indicador de estado; ou por um dispositivo de proteção à parte” [8]. Em relação a conexão do DPS, os condutores designados a conectar o DPS, necessita ser o menor possível e não deve conter a existência de “curvas ou laços” [8].

3.5.13 Eletroduto nas instalações elétricas

Os eletrodutos são dutos que podem ser de metal ou de PVC que classificam como rígidos e flexíveis. Os eletrodutos geralmente contêm finalidades como: proteger os condutores contra deterioração, impactos mecânicos, ameaças de incêndio devido ao aquecimento excessivo de condutores ou arcos. Caracterizam-se os eletrodutos como: “Metálicos rígidos, PVC rígidos, metálicos flexíveis; e PVC flexíveis” [2].

É previsto que os condutores ocupem no máximo 53% da seção da tubulação quando houver apenas um condutor, 31% quando houver dois condutores e 40% para mais de 2 condutores [8], a partir da Seção 6.2.11.1.6 da NBR 5410 [8].

3.5.14 Eletrocalha nas instalações elétricas

Uma ótima maneira de conduzir condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares em meio à instalação elétrica é por meio das eletrocalhas. Deve-se prever, na escolha da eletrocalha, o dimensionamento adequado e o modelo apropriado, para evitar que ocorra o dano aos condutores que percorrem o seu interior ao longo do tempo [6].

Capítulo 4

ESTUDO DE CASO

4.1 INTRODUÇÃO

Neste Capítulo, será apresentado um estudo de caso para o pavimento superior do IFG, Câmpus Valparaíso de Goiás, no qual este ambiente será utilizado como referencial para avaliações nas instalações elétricas e proposta de um novo projeto elétrico. A abordagem empregada no estudo das inspeções da parte elétrica é de cunho qualitativo, pois possui enfoque em análises de fenômenos, o qual condiz com a observação de situações, interpretações dos fatos ocorridos e opiniões da situação do caso em estudo. Já a expectativa da elaboração do novo projeto elétrico é mostrar a importância desse projeto e alertar as pessoas quanto aos riscos que estão expostas com a utilização de uma instalação elétrica sem manutenção e com ampliações sem atualização no projeto elétrico.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

A Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica é composta por Instituições Federais de Educação Tecnológica, com a função de oferecer cursos para jovens e adultos, ensino técnico integrado ao ensino médio e técnico subsequente, literaturas e bacharelados, pós-graduação stricto sensu e educação à distância. O Câmpus Valparaíso de Goiás está localizado às margens da BR-040, km 6, na Avenida Saia Velha, S/N, Área 8, Parque Esplanada IV. A sua infraestrutura física é ampla, dividida por blocos, sendo composta por: laboratórios, equipamentos, bibliotecas,

salas de aula e parques desportivos. As inspeções nas instalações elétricas do IFG e o novo projeto elétrico serão realizados apenas para o pavimento superior, Figura 4.1, onde se encontram as salas de aula, com dimensões variadas, podendo acomodar de 15 a 40 alunos, conforme o tamanho de cada sala. As salas são identificadas como S-300 (Sala Multimídia), S-301, S-302, S-303, S-304, S-305, S-306, S-307, S-401 e S-402.

Figura 4.1: Pavimento superior do IFG - Câmpus Valparaíso de Goiás



Fonte: Autoria própria

4.3 INSPEÇÕES NAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DO IFG - CÂMPUS VALPARAÍSO

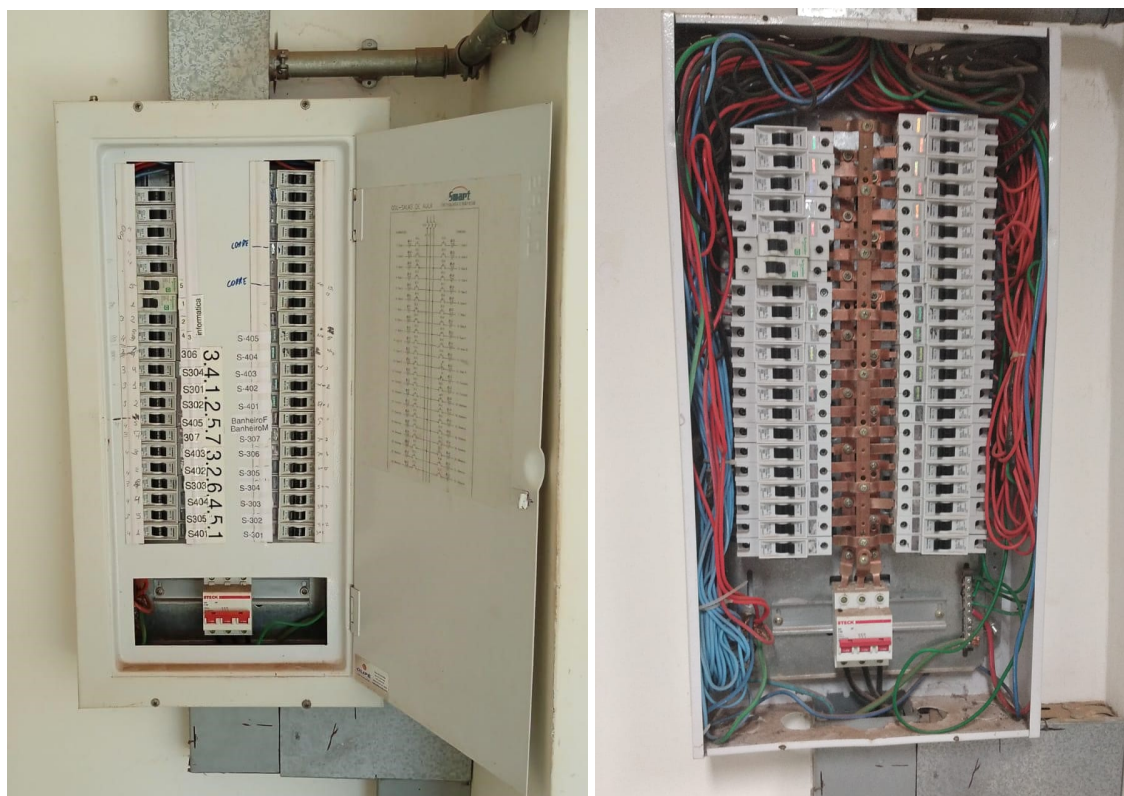
Para realizar o estudo de caso, a estudante, acompanhada do técnico disponibilizado pelo IFG, realizou inspeções no quadro de distribuição e nos condutores elétricos.

4.3.1 Inspeção visual no quadro de distribuição

Após a inspeção visual no QD, observou-se a falta dos dispositivos DPS e DR para circuitos do banheiro, conforme ilustrado na Figura 4.2. Entretanto, a NBR 5410 não exige a presença

de DPS em quadros secundários, somente em quadro de distribuição principal da edificação, como mostra a Seção 3.5.12 deste trabalho. Além disso, verificou-se que no QD não foi previsto circuito reserva, não atendendo à recomendação da norma, conforme mencionado na Seção 3.3.2 desta pesquisa. Porém, ao lado do quadro elétrico, foi instalada uma estrutura de quadro reserva para acomodar futuros circuitos elétricos, conforme mostrado na Figura 4.3.

Figura 4.2: Inspeção no quadro de distribuição



(a) Quadro de distribuição

(b) Quadro elétrico sem a proteção

Fonte: Autoria própria

O técnico, disponibilizado pelo IFG, auxiliou a estudante a medir a tensão de entrada, medindo um valor de 224 V (tensão entre fase e neutro) e 375 V (tensão entre fases), conforme apresentado na Figura 4.4.

O PRODIST (Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional) é um conjunto de documentos que estabelece as normas para as operações relacionadas à distribuição de energia elétrica no território brasileiro e, em seu Módulo 8 – Qualidade de Energia Elétrica da Agência Nacional de Energia Elétrica [17], é disponibilizada, em forma de tabela, a qualidade da Tensão de Atendimento (TA) consoante a faixa de variação da Tensão de Leitura (TL). Analisando a tabela 5 do PRODIST [17], conforme apresentado na Tabela 4.1,

Figura 4.3: Quadro de distribuição reserva



Fonte: Autoria própria

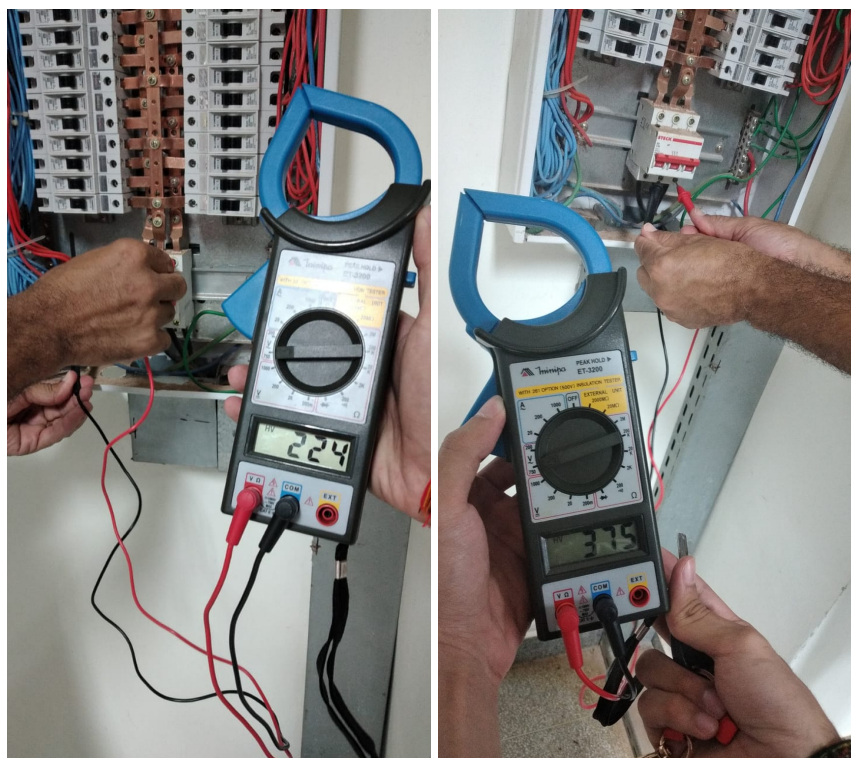
verifica-se que as tensões medidas no QD estão adequadas.

4.3.2 Inspeção termográfica do quadro de distribuição

Foi realizada uma pesquisa de campo para recolher materiais de análises importantes no IFG. Por exemplo, a medição termográfica realizada em 29/11/2023 às 17:04:42, resultado do trabalho de monitoria da disciplina manutenção da turma de eletrotécnica realizada pelo docente Ivo José de Oliveira. Após analisar a imagem da medição termográfica, Figura 4.5, observa-se que o quadro está em boas condições mediante ao fator temperatura. Sabe-se que o super aquecimento pode gerar danos e indicar más instalações dos componentes elétricos. Foi possível observar alguns parâmetros utilizados na medição, abaixo relacionados, conforme Tabela 4.1.

- i. Sp1: é a temperatura medida no quadro no qual foi obtido 25,0 C°;
- ii. Emissividade: Refere-se ao nível de energia emitida por meio da irradiação térmica.

Figura 4.4: Medição de tensão



(a) Medição da tensão entre fase e neutro (b) Medição da tensão entre fases

Fonte: Autoria própria

Outrossim, A variação desta emissão está entre 0,0 (reflexão total) e 1,0 (irradiação total). Porém, ajusta-se esse parâmetro conforme o que será analisado [18];

- iii. Distância: câmera ao objeto de referência. É importante este parâmetro para equilibrar: “Que a radiação do alvo seja absorvida pela atmosfera entre o objeto e a câmara. Que a radiação da própria atmosfera seja detectada pela câmara”;
- iv. Humidade relativa: para pequenas distâncias, pode-se configurar um valor de 50% para humidade relativa. Segundo o manual da câmara: “compensar o fato de a transmitância depender também da humidade relativa da atmosfera” [19].

Outrossim, segundo o manual, o modelo da câmara permite compensar outros parâmetros como:

- “Temperatura atmosférica - isto é, a temperatura da atmosfera entre a câmara e o alvo;
- Temperatura ótica externa – isto é, a temperatura de quaisquer lentes externas ou janelas utilizadas em frente da câmara;

Tabela 4.1: Pontos de conexão em tensão nominal igual ou inferior a 1 kV (380/220)

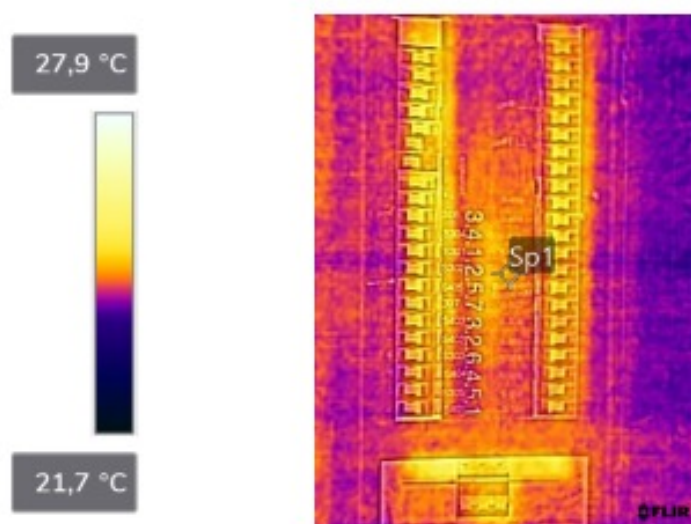
Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de variação da tensão de leitura (Volts)
Adequada	$(350 \leq TL \leq 399)/(202 \leq TL \leq 231)$
Precária	$(331 \leq TL < 350)$ ou $(399 < TL \leq 403)$ $(191 \leq TL < 202)$ ou $(231 < TL \leq 233)$
Crítica	$(TL < 331$ ou $TL > 403)/(TL < 191$ ou $TL > 233)$

Fonte: PRODIST - Módulo 8 [17]

- Transmissão ótica externa – isto é., a transmissão de quaisquer lentes externas ou janelas utilizadas em frente da câmara” [19].

Além disso, é possível ver o modelo da câmera e dimensões da imagem na Tabela 4.2.

Figura 4.5: Medição Termográfica



4.3.3 Inspeção visual dos condutores elétricos e tomadas

Após a inspeção visual, verificou-se que alguns ambientes possuem irregularidades no sistema elétrico e desconformidades na instalação elétrica. Analisando as Figuras 4.6 e 4.7, nota-se que os condutores estão expostos. Na Seção 3.5.13 ressalta-se a necessidade da proteção dos condutores por meio do uso do eletroduto. Além disso, na Seção 2.2.7 é mencionado sobre a proteção contra incêndio e explosão. Sendo assim, nota-se que essas recomendações foram negligenciadas, pois com a fiação elétrica exposta aumenta o risco de sua deterioração, choque elétrico e ameaças de incêndio devido ao seu aquecimento excessivo.

Tabela 4.2: Parâmetros medição termográfica

Parameters		File information		Camera information	
Emissividade	0,98	Nome do ficheiro	<i>FLIR0148.jpg</i>	Modelo da câmara	<i>FLIRC5</i>
Distância	1,00 m	Tamanho do ficheiro	112 KB	Objetiva	<i>FOL2</i>
Temp. refletida	20,0 °C	Largura	240	<i>N°desrie</i>	8940S3294
Temp. atmosférica	20,0 °C	Altura	320	Filtro	
Umidade relativa	76 %	Temp. mínima	23,8 °C	Máx do intervalo	150,0 °C
Temp. da ótica ent.	20,0 °C	Temp. máxima	25,7 °C	Mín do intervalo	-20,0 °C
Trans. da ótica ent.	1,00			Campo de visão	53,61
Measurements		Geolocation			
<i>Sp1</i>	25 °C	Coordenadas			
		Graus da bússola			

Fonte: Manual do equipamento [19]

Com a realização da inspeção visual, também foi constatado que a maioria das salas possui poucas tomadas e algumas destas não apresentam acessórios de proteção, conforme apresentado nas Figuras 4.7 e 4.8. Esse fato, além não obedecer à quantidade mínima determinada pela norma NBR 5410, como mostra a Seção 3.2.2, impacta negativamente no trabalho dos docentes, uma vez que não conseguem ministrar suas aulas com muitos aparelhos simultaneamente, como projetores e notebooks.

Figura 4.6: Condutor exposto embaixo da mesa



Fonte: Autoria própria

Figura 4.7: Condutores expostos perto das tomadas



Fonte: Autoria própria

Figura 4.8: Pontos de tomadas em salas de aula



Fonte: Autoria própria

4.4 NOVO PROJETO ELÉTRICO PARA O PAVIMENTO SUPERIOR DO IFG

4.4.1 Elaboração do novo projeto elétrico

Foi realizado um novo projeto elétrico utilizando como referência o pavimento superior do IFG - Câmpus Valparaíso de Goiás. Dessa forma, foi possível mostrar como exemplo as aplicações das normas, sugestões de melhorias e atualização das instalações elétricas em modificações feitas na infraestrutura elétrica vigente. Além disso, o projeto foi elaborado com base nas recomendações da NBR 5410 para instalações elétricas, conforme mencionado no Capítulo 3. Dessa forma, foi possível realizar a previsão de cargas para iluminação e tomadas (TUG e TUE), previsão de ar-condicionado, construção do quadro de distribuição, divisão da instalação elétrica em circuitos, elaboração de diagramas, dimensionamento de condutores, eletrodutos e eletrocalhas, fatores de correção, queda de tensão, dimensionamento de disjuntores, DPS e DR.

4.4.2 Etapas da elaboração do projeto

4.4.2.1 Escolha do software utilizado

O software utilizado para a elaboração do novo projeto elétrico foi o PRO-Elétrica. Este programa é uma extensão do AutoCAD da empresa Multiplus, focado em projetos elétricos que dimensionam as instalações elétricas em baixa tensão, SPDA, instalação de placas fotovoltaicas On-Grid, cabeamento estruturado, loteamento com locação de postes e iluminação e automação residencial. Com ele é possível automatizar várias tarefas, aumentando a agilidade na execução de projetos [20]. Neste programa vem incluso as normas brasileiras, como, por exemplo, a NBR 5410 [8] e a NBR ISO/CIE 8995-1 [21], para facilitar e automatizar processos como dimensionamento de condutores, de disjuntores e até mesmo fazer o cálculo luminotécnico de ambientes. Após inserir todas as cargas e efetuar as ligações até o quadro de distribuição, o próprio programa gera o quadro de cargas, os diagramas, seja unifilar, bifilar ou trifilar, a legenda e a listagem dos materiais caso seja necessário gerar o orçamento.

4.4.2.2 Planta Baixa

Não foi encontrado o projeto elétrico das instalações do IFG - Câmpus Valparaíso de Goiás. Porém, via uma pesquisa de campo, foi possível obter a planta arquitetônica para elaboração de um novo projeto elétrico para o pavimento superior. O plano arquitetônico foi obtido sem medições de áreas e perímetros. Dessa forma, foram calculadas tais medidas utilizando o software AutoCad. Logo após, foi realizada uma espécie de conferência para verificar as medidas do projeto arquitetônico com as do ambiente físico, e assim, realizar possíveis ajustes utilizando como ferramenta o software e uma trena digital. Dessa maneira, foi possível obter a planta com medidas muito aproximadas do ambiente físico para a realização deste trabalho. Desta forma, pode-se visualizá-la na Figura 4.9. Além disso, na planta disponível, pode-se dizer que ela é composta por salas, banheiros (feminino, masculino e Pessoas com Deficiência (PcD)), espaços de circulação e hall.

4.4.2.3 Previsão de cargas para iluminação

Foi realizada a previsão de cargas de iluminação utilizando as medidas de área de cada ambiente da planta baixa, seguindo as especificações da NBR 5410 [8], como mostrado na Seção 3.2.1 deste trabalho. Desta forma, é possível obter a carga para iluminação conforme as dimensões dos ambientes em VA, dessa forma foi possível obter os respectivos valores disponíveis na Tabela 4.3 , na qual é possível visualiza-la também na tabela de previsão de cargas. Sendo o fator de potência escolhido igual a 1.

4.4.2.4 Previsão de carga para tomadas

Foi elaborada a previsão de carga para tomadas e seus respectivos pontos utilizando as dimensões de área e perímetro de cada ambiente da planta baixa seguindo as especificações da NBR 5410 [8], sendo possível ser observado neste trabalho nas Seções 3.2.2 e 3.2.3. Dessa forma, pode-se visualizar os respectivos . Além disso, o ponto específico para ar-condicionado foi utilizado como referência à Seção 3.2.4 desta pesquisa. Sendo assim, foi possível definir os fatores de potência das tomadas TUG igual a 0,8 e TUE conforme o equipamento instalado igual a 0,9. Na Figura 4.10 é apresentado o projeto com a distribuição das cargas de iluminação e pontos de tomadas. Observa-se quantidade de pontos e previsão de carga de tomadas

Tabela 4.3: Previsão de carga de iluminação conforme o ambiente

Ambiente	Potência Instalada
	Individual (VA)
Sala 300	880
Sala 301	880
Sala 302	880
Sala 303	880
Circulação 01	1240
Sala 304	880
Sala 305	880
Sala 306	880
Sala 307	880
Hall Sanit.	100
Sanit. PCD	100
Sanit. Feminino	340
Sanit. Masculino	340
Circulação 04	340
Sala 401	880
Sala 402	880
Sala 403	880
Circulação 02	1240
Sala 404	880
Sala 405	880
Circulação 03	340

Fonte: Autoria própria

nas Tabelas 4.4 e 4.5.

4.4.2.5 Divisão dos circuitos

Após realizar a previsão de carga em VA, é realizada a divisão dos 32 circuitos, como pode ser visto na Tabela 4.6 respeitando as recomendações estabelecidas pela NBR 5410 [8], mostradas na Seção 3.4.1 deste trabalho, como, por exemplo, não ultrapassar 10 A para tomadas TUG.

4.4.2.6 Fator de demanda

Para realizar a correção da potência aparente, é essencial considerar o fator de demanda, no qual este varia de 0 a 1, e em seguida multiplicá-lo pela potência em VA. Para saber qual fator de demanda utilizar, é necessário analisar as tabelas que as concessionárias disponibilizam.

Tabela 4.4: Previsão de carga de tomada conforme o ambiente

Ambiente	Potência Instalada
	Individual (VA)
Sala 301	500
Sala 302	500
Sala 303	700
Sala 304	700
Sala 305	700
Sala 306	700
Sala 307	700
Sala 401	700
Sala 402	700
Sala 403	1137,5
Sala 404	700
Sala de Informática	2187,5
Sala de Informática	2187,5
Sala de Informática	2187,5
Sala de Informática	2187,5
Sala de Informática	2187,5
Sala de Informática	2187,5
Sala 405	1900
Hall Sanit.	400
Sanit. PCD	600
Sanit. Feminino	600
Sanit. Masculino	600

Fonte: Autoria própria

Para este projeto foram utilizados os valores de fatores de demanda para iluminação e tomadas (ambiente escolar) e ar-condicionado, conforme disponibilizado pela concessionária do Goiás, o Grupo Equatorial Energia [14]. As demandas utilizadas estão disponíveis nas Tabelas 4.7 e 4.8.

4.4.2.7 Potência demandada e potência por fase

A potência demandada é possível obter multiplicando a potência (VA) do circuito e o fator de demanda. Após obter esses valores, torna-se necessário dividi-los entre as fases para manter o equilíbrio entre elas. Dessa forma, evita-se sobrecargas em uma ou mais fases, proporcionando um sistema mais eficiente. Assim, observa-se a distribuição das cargas entre as cargas na Tabela 4.9.

Tabela 4.5: Previsão número de tomadas conforme o ambiente

Ambiente	Qtde TUGs	Qtde TUEs
Sala 300	7	1
Sala 301	5	1
Sala 302	5	1
Sala 303	7	1
Sala 304	7	1
Sala 305	7	1
Sala 306	7	1
Sala 307	7	1
Sala 401	7	1
Sala 402	7	1
Sala 403	69	1
Sala 404	7	1
Sala 405	19	1
Hall Sanit.	1	0
Sanit. PCD	1	0
Sanit. Feminino	1	0
Sanit. Masculino	1	0

Fonte: Autoria própria

4.4.2.8 Corrente de projeto (I_b)

Para calcular a corrente de projeto, é necessário dividir a potência em VA (ou potência aparente) pela tensão (por exemplo: $2640 \text{ VA} / 220\text{V} = 12 \text{ A}$). A aplicação deste exemplo está disponível na segunda linha da tabela mostrada na Tabela 4.10, referente ao circuito de iluminação Circ.1.

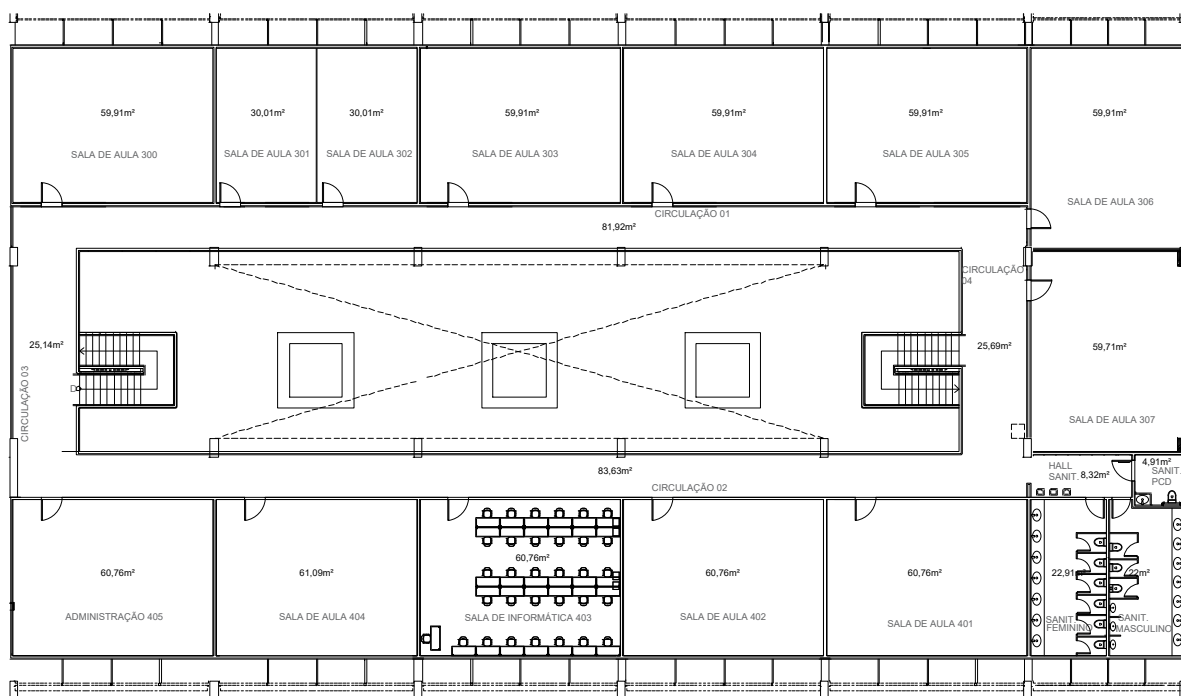
4.4.2.9 Seção mínima para o condutor de fase (mm^2)

A NBR 5410 [8] fornece sugestões de seções mínimas como $1,5 \text{ mm}^2$ para iluminação e $2,5 \text{ mm}^2$ para tomadas, disponível na Seção 3.5.1.1 deste trabalho como mostrado na tabela da Tabela 4.10.

4.4.2.10 Capacidade de corrente do condutor (CCC)

O PRO-Elétrica preenche de forma automática essa parte. Entretanto, para refletir sobre sua elaboração, é importante obter conhecimentos técnicos. Para preencher a capacidade de condução

Figura 4.9: Planta Baixa



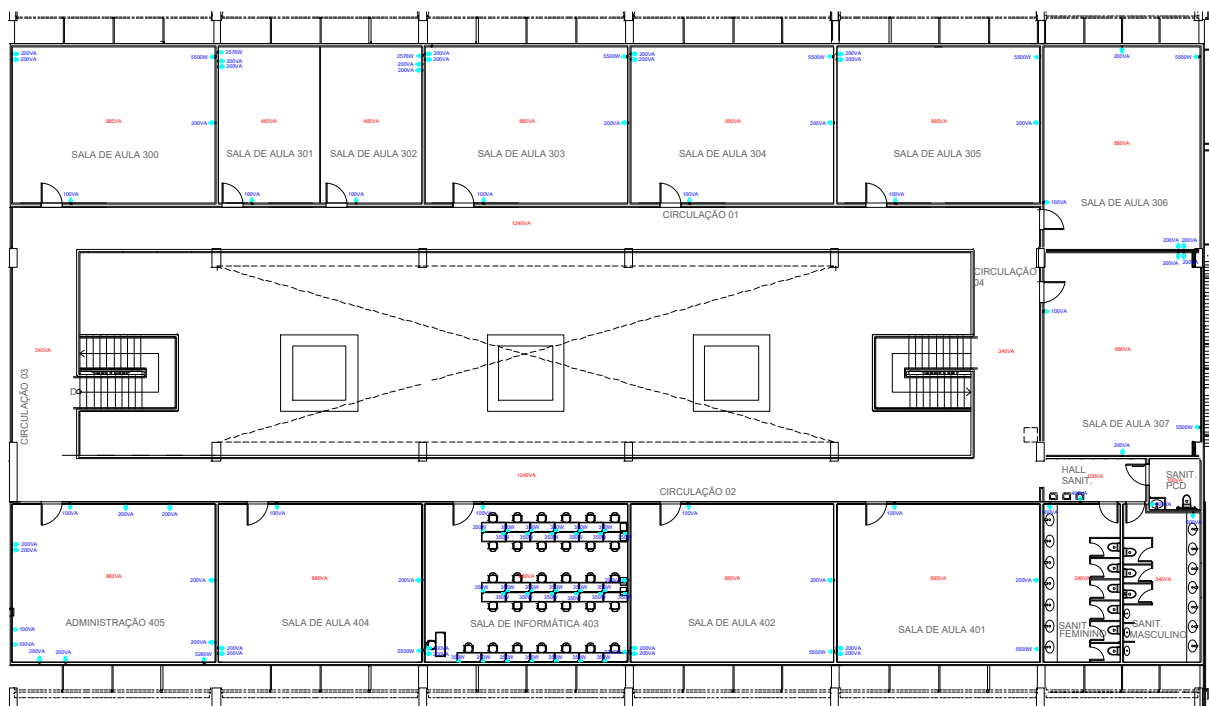
Fonte: Autoria própria

de corrente do condutor no quadro de cargas do projeto, foi necessário seguir alguns passos. Nota-se que essa etapa é dividida em duas: preencher a bitola e a corrente. Pode-se observar o preenchimento por meio dos esquemas realizados para os circuitos elétricos de iluminação Circ.1 e Circ.2, disponíveis nas tabelas das Tabelas 4.11 e 4.12. Nota-se que foi necessário utilizar a tabela de capacidade de condução de corrente da NBR 5410 [8], apresentada na Tabela A.1. Para encontrar a seção do condutor fase nesta tabela, deve-se escolher o método de instalação dos condutores, e no caso deste trabalho, foi utilizado o método B2, como apresentado na Tabela 4.13 e na Tabela 4.14. A partir deste parâmetro e dos valores calculados de corrente de projeto, como, por exemplo, 12 A, selecionar uma corrente na tabela da Tabela A.1, que tenha seu valor igual ou maior ao valor da corrente de projeto. Sendo assim, foi escolhido o valor de 12 A. A partir disso, obter a seção nominal do condutor, que segundo a tabela é de 1 mm², e adicionar os valores encontrados na planilha do projeto.

4.4.2.11 Corrente Corrigida (I_z)

Após encontrar o condutor que possui uma capacidade de corrente do condutor maior ou igual à corrente de projeto, é necessário multiplicar a CCC pelo fator de correção de agrupa-

Figura 4.10: Projeto da Previsão de Cargas



Fonte: Autoria própria

mento (FCA) e pelo fator de correção de temperatura (FCT). O resultado dessa multiplicação é denominado de corrente corrigida. Dessa forma, será perceptível que a corrente corrigida é menor que a CCC. No entanto, caso sua capacidade não atenda mais a demanda da corrente de projeto, será necessário aumentar a seção do condutor, analisando o próximo item da Tabela A.1 e, novamente, multiplicar o novo CCC encontrado pelos fatores de correção até que a corrente corrigida seja maior ou igual a corrente de projeto. Ressalta-se que, caso o projeto em análise fosse no térreo, seria necessário considerar o fator de resistividade térmica (FRT), porém, como o projeto é referente ao pavimento superior, não é necessário. Seguindo esse raciocínio foi possível encontrar os valores das correntes corrigidas para cada circuito como é possível analisar na Tabela 4.15.

4.4.2.12 Fator de correção de agrupamento (FCA)

No projeto elétrico do pavimento superior do IFG, existem 32 circuitos onde todos passam por três eletrodutos na saída do quadro de distribuição. O fator de correção de agrupamento foi encontrado utilizando a referência 1 da tabela da NBR 5410 [8], que considera que os condutores estão agrupados em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado,

Tabela 4.6: Divisão dos circuitos

Circuito	Ambiente	Item	Potência Instalada	
			Individual (VA)	Total (VA)
Circ. 1	Iluminação	Sala 300	880	2640
		Sala 301	880	
		Sala 302	880	
Circ. 2	Iluminação	Sala 303	880	2120
		Circulação 01	1240	
Circ. 3	Iluminação	Sala 304	880	2640
		Sala 305	880	
		Sala 306	880	
Circ. 4	Iluminação	Sala 307	880	2100
		Hall Sanit.	100	
		Sanit. PCD	100	
		Sanit. Feminino	340	
		Sanit. Masculino	340	
		Circulação 04	340	
Circ. 5	Iluminação	Sala 401	880	1760
		Sala 402	880	
Circ. 6	Iluminação	Sala 403	880	2120
		Circulação 02	1240	
Circ. 7	Iluminação	Sala 404	880	2100
		Sala 405	880	
		Circulação 03	340	
Circ. 8	Tomada(TUG)	Sala 300	700	2400
		Sala 301	500	
		Sala 302	500	
		Sala 303	700	
Circ. 9	Tomada(TUG)	Sala 304	700	2100
		Sala 305	700	
		Sala 306	700	
Circ. 10	Tomada(TUG)	Sala 307	700	2100
		Sala 401	700	
		Sala 402	700	
Circ. 11	Tomada(TUG)	Sala 403	1137,5	1837,5
		Sala 404	700	
Circ. 12	Tomada(TUG)	Sala de Informática	2187,5	2187,5
Circ. 13	Tomada(TUG)	Sala de Informática	2187,5	2187,5
Circ. 14	Tomada (TUG)	Sala de Informática	2187,5	2187,5
Circ. 15	Tomada (TUG)	Sala de Informática	2187,5	2187,5
Circ. 16	Tomada (TUG)	Sala de Informática	2187,5	2187,5
Circ. 17	Tomada (TUG)	Sala de Informática	2187,5	2187,5
Circ. 18	Tomada (TUG)	Sala 405	1900	1900
Circ. 19	Tomada (TUG)	Hall Sanit.	400	2200
		Sanit. PCD	600	
		Sanit. Feminino	600	
		Sanit. Masculino	600	
Circ. 20	Ar Condicionado	Sala 300	6111,11	6111,11
Circ. 21	Ar Condicionado	Sala 301	2862,22	2862,22
Circ. 22	Ar Condicionado	Sala 302	2862,22	2862,22
Circ. 23	Ar Condicionado	Sala 303	6111,11	6111,11
Circ. 24	Ar Condicionado	Sala 304	6111,11	6111,11
Circ. 25	Ar Condicionado	Sala 305	6111,11	6111,11
Circ. 26	Ar Condicionado	Sala 306	6111,11	6111,11
Circ. 27	Ar Condicionado	Sala 307	6111,11	6111,11
Circ. 28	Ar Condicionado	Sala 401	6111,11	6111,11
Circ. 29	Ar Condicionado	Sala 402	6111,11	6111,11
Circ. 30	Ar Condicionado	Sala 403	8130	8130
Circ. 31	Ar Condicionado	Sala 404	6111,11	6111,11
Circ. 32	Ar Condicionado	Sala 405	5866,67	5866,67
Circ. 33	Reserva	-	-	-
Circ. 34	Reserva	-	-	-
Circ. 35	Reserva	-	-	-
Circ. 36	Reserva	-	-	-
Circ. 37	Reserva	-	-	-
Alimentador				115863,6

Fonte: Autoria própria

Tabela 4.7: Fator de demanda para iluminação e tomadas

Auditório, Salões para Exposição e Semelhantes	15	100
Bancos, Lojas e Semelhantes	40	100
Barbearias, Salões de Beleza e Semelhantes	30	100
Clubes e Semelhantes	30	100
Escolas e Semelhantes	30	100 para os primeiros 12 kW 50 para o que exceder de 12 kW
Escritórios	30	100 para os primeiros 20 kW 70 para o que exceder de 20 kW
Garagens Comerciais, corredores e passagens, bem como almoxarifados, rouparias a depósito de material em geral e Semelhantes	5	100
Hospitais e Semelhantes	20	40 para os primeiros 50 kW 20 para o que exceder de 50 kW
Hoteis e Semelhantes	20	50 para os primeiros 20 kW 40 para os seguintes 80 kW 30 para o que exceder de 100 kW
Igrejas e Semelhantes	15	100
Residências e Edifícios de Apartamentos	30	100 para os primeiros 10 kW 35 para os seguintes 110 kW 25 para o que exceder de 120 kW
Restaurantes e Semelhantes	20	100

Fonte: Grupo Equatorial Energia [14]

conforme é possível observá-la na Tabela 4.16. Depois disso, para encontrar o FCA, deve-se fazer uma relação de linha e coluna, onde a coluna é o número de circuitos e a linha é a referência utilizada.

4.4.2.13 Fator de correção de temperatura (FCT)

O FCT foi encontrado a partir da Tabela da NBR 5410, mostrada na Tabela 4.17, em que foi considerado uma temperatura de 30°C. Entretanto, como essa temperatura não aparece na tabela de forma específica, foi necessário utilizar um valor médio de FCT, entre as temperaturas 25°C e 35°C, o que equivale a um FCT igual a 1, para cabos com isolamento em PVC.

Tabela 4.8: Fator de demanda para ar-condicionado

NÚMERO DE APARELHOS	FD
1	1,00
2	
3	0,88
4	0,82
5	0,78
6	0,76
7	0,74
8	0,72
9	0,71
10	0,70

Fonte: Grupo Equatorial Energia [14]

4.4.2.14 Queda de tensão

O método utilizado para calcular a seção mínima por meio do critério da queda de tensão foi por meio das equações mostradas na Equação (4.1), para cargas monofásicas ou bifásicas, e Equação (4.2), para cargas trifásicas.

$$S_{mn} = \frac{2 \cdot \rho \cdot l \cdot I_b}{V_{nom} \cdot \Delta V_{nom}(\%)} \quad (4.1)$$

$$S_{mn} = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot l \cdot I_b}{V_{nom} \cdot \Delta V_{nom}(\%)} \quad (4.2)$$

onde ρ é a resistividade do cobre (1/57), l é o comprimento do condutor (calculado pelo próprio software utilizado para a realização do projeto), I_b é a corrente de projeto, V_{nom} a tensão nominal utilizada e a porcentagem da queda de tensão determinada de acordo com a NBR 5410 [8]. A forma de distribuição de porcentagens foi a seguinte:

- 1 % do medidor ao QGBT;
- 2 % QGBT ao QDIT; e
- 4 % do QDIT às cargas dispostas no projeto.

totalizando os 7 % previstos pela norma. Após calculadas as seções a serem utilizadas nos

Tabela 4.9: Distribuição das cargas entre as fases

Circuito	Potência por Fase		
	A	B	C
Circ. 1	2640,00		
Circ. 2		1060,00	
Circ. 3		2640,00	
Circ. 4		1050,00	
Circ. 5			1760,00
Circ. 6		2120	
Circ. 7			2100,00
Circ. 8			1200,00
Circ. 9			1050,00
Circ. 10		1050,00	
Circ. 11			918,75
Circ. 12	1093,75		
Circ. 13		1093,75	
Circ. 14		1093,75	
Circ. 15	2187,50		
Circ. 16	1093,75		
Circ. 17		1093,75	
Circ. 18		950,00	
Circ. 19		1100,00	
Circ. 20	1425,93		1425,93
Circ. 21		2003,55	
Circ. 22			2003,55
Circ. 23	1425,93		1425,93
Circ. 24	1425,93	1425,93	
Circ. 25	1425,93	1425,93	
Circ. 26	1425,93		1425,93
Circ. 27	1425,93		1425,93
Circ. 28	1425,93	1425,93	
Circ. 29		1425,93	1425,93
Circ. 30	1897,00		1897,00
Circ. 31	1425,93		1425,93
Circ. 32		1368,89	1368,89
Circ. 33	-	-	-
Circ. 34	-	-	-
Circ. 35	-	-	-
Circ. 36	-	-	-
Circ. 37	-	-	-
Geral	20319,41	22327,40	20853,75

Fonte: Autoria própria

circuitos pelo critério da queda de tensão, foi considerado o valor maior e mais próximo da seção disponível no mercado.

Tabela 4.10: Quadro de carga inicial

Circuito	Descrição	Item	Potência Instalada		Fator de Demanda (%)	Potência Demandada(VA)	Potência Consumida (w)	Potência por Fase			Tensão(V)	Corrente de Projeto Ib (A)	Bitola Mínima (mm²)	Capacidade de Corrente do Condutor (mm²)	
			Individual (VA)	Total (VA)				A	B	C				Bitola	(A)
Circ. 1	Iluminação	Sala 300	880	2640	100	2640,00	2640	2640,00			220	12,00	1,5	1	12
		Sala 301	880												
		Sala 302	880												
Circ. 2	Iluminação	Sala 303	880	2120	50	1060,00	1060		1060,00		220	4,82	1,5	0,5	8
		Circulação 01	1240												
Circ. 3	Iluminação	Sala 304	880	2640	100	2640,00	2640		2640,00		220	12,00	1,5	1	12
		Sala 305	880												
		Sala 306	880												
Circ. 4	Iluminação	Sala 307	880	2100	50	1050,00	1050		1050,00		220	4,77	1,5	0,5	8
		Hall Sanit.	100												
		Sanit. PCD	100												
		Sanit. Feminino	340												
		Sanit. Masculino	340												
		Circulação 04	340												
Circ. 5	Iluminação	Sala 401	880	1760	100	1760,00	1760			1760,00	220	8,00	1,5	0,5	8
		Sala 402	880												
Circ. 6	Iluminação	Sala 403	880	2120	100	2120,00	2120		2120		220	9,64	1,5	0,75	10
		Circulação 02	1240												
Circ. 7	Iluminação	Sala 404	880	2100	100	2100,00	2100			2100,00	220	9,55	1,5	0,75	10
		Sala 405	880												
		Circulação 03	340												
Circ. 8	Tomada(TUG)	Sala 300	700	2400	50	1200,00	960			1200,00	220	5,45	2,5	0,5	8
		Sala 301	500												
		Sala 302	500												
		Sala 303	700												
Circ. 9	Tomada(TUG)	Sala 304	700	2100	50	1050,00	840			1050,00	220	4,77	2,5	0,5	8
		Sala 305	700												
		Sala 306	700												
Circ. 10	Tomada(TUG)	Sala 307	700	2100	50	1050,00	840		1050,00		220	4,77	2,5	0,5	8
		Sala 401	700												
		Sala 402	700												
Circ. 11	Tomada(TUG)	Sala 403	1137,5	1837,5	50	918,75	735			918,75	220	4,18	2,5	0,5	8
		Sala 404	700												
Circ. 12	Tomada(TUG)	Sala de Informática	2187,5	2187,5	50	1093,75	875	1093,75			220	4,97	2,5	0,5	8
Circ. 13	Tomada(TUG)	Sala de Informática	2187,5	2187,5	50	1093,75	875	1093,75			220	4,97	2,5	0,5	8
Circ. 14	Tomada (TUG)	Sala de Informática	2187,5	2187,5	50	1093,75	875	1093,75			220	4,97	2,5	0,5	8
Circ. 15	Tomada (TUG)	Sala de Informática	2187,5	2187,5	100	2187,50	1750	2187,50			220	9,94	2,5	0,75	10
Circ. 16	Tomada (TUG)	Sala de Informática	2187,5	2187,5	50	1093,75	875	1093,75			220	4,97	2,5	0,5	8
Circ. 17	Tomada (TUG)	Sala de Informática	2187,5	2187,5	50	1093,75	875	1093,75			220	4,97	2,5	0,5	8
Circ. 18	Tomada (TUG)	Sala 405	1900	1900	50	950,00	760		950,00		220	4,32	2,5	0,5	8
Circ. 19	Tomada (TUG)	Hall Sanit.	400	2200	50	1100,00	880		1100,00		220	5,00	2,5	0,5	8
		Sanit. PCD	600												
		Sanit. Feminino	600												
		Sanit. Masculino	600												
Circ. 20	Ar Condicionado	Sala 300	6111,11	6111,11	70	4277,78	3849,9993	1425,93		1425,93	380	11,26	2,5	1	12
Circ. 21	Ar Condicionado	Sala 301	2862,22	2862,22	70	2003,55	1803,1986		2003,55		220	9,11	2,5	0,75	10
Circ. 22	Ar Condicionado	Sala 302	2862,22	2862,22	70	2003,55	1803,1986			2003,55	220	9,11	2,5	0,75	10
Circ. 23	Ar Condicionado	Sala 303	6111,11	6111,11	70	4277,78	3849,9993	1425,93		1425,93	380	11,26	2,5	1	12
Circ. 24	Ar Condicionado	Sala 304	6111,11	6111,11	70	4277,78	3849,9993	1425,93	1425,93		380	11,26	2,5	1	12
Circ. 25	Ar Condicionado	Sala 305	6111,11	6111,11	70	4277,78	3849,9993	1425,93	1425,93		380	11,26	2,5	1	12
Circ. 26	Ar Condicionado	Sala 306	6111,11	6111,11	70	4277,78	3849,9993	1425,93		1425,93	380	11,26	2,5	1	12
Circ. 27	Ar Condicionado	Sala 307	6111,11	6111,11	70	4277,78	3849,9993	1425,93		1425,93	380	11,26	2,5	1	12
Circ. 28	Ar Condicionado	Sala 401	6111,11	6111,11	70	4277,78	3849,9993	1425,93	1425,93		380	11,26	2,5	1	12
Circ. 29	Ar Condicionado	Sala 402	6111,11	6111,11	70	4277,78	3849,9993	1425,93	1425,93	1425,93	380	11,26	2,5	1	12
Circ. 30	Ar Condicionado	Sala 403	8130	8130	70	5691,00	4438,98	1897,00		1897,00	380	14,98	2,5	1,5	15
Circ. 31	Ar Condicionado	Sala 404	6111,11	6111,11	70	4277,78	3849,9993	1425,93		1425,93	380	11,26	2,5	1	12
Circ. 32	Ar Condicionado	Sala 405	5866,67	5866,67	70	4106,67	3696,0021		1368,89	1368,89	380	10,81	2,5	1	12
Circ. 33	Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circ. 34	Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circ. 35	Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circ. 36	Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circ. 37	Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alimentador			115863,6	-	-	79599,77	70901,373	20319,41	22327,40	20853,75	380	96,21	-	25	105

Fonte: Autoria própria

4.4.2.15 Dimensionamento de eletroduto e eletrocalha

Com a utilização do PRO-Elétrica é possível obter o dimensionamento de forma automática de cabos, eletroduto e eletrocalha. O programa utilizado tem como base a NBR 5410 [8]. Dessa forma, pode-se dizer que as recomendações para realizar tais dimensionamentos são mencionadas no Capítulo 3. É possível observar seus respectivos dimensionamentos na legenda do projeto,

Tabela 4.11: Exemplo da determinação da CCC para o circuito de iluminação Circ. 1

Tabela 36 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D**Condutores: cobre e alumínio****Isolação: PVC****Temperatura no condutor: 70°C****Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)**

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18

Circuito	Descrição	Item	Potência Instalada		Fator de Demanda (%)	Potência Demandada (VA)	Potência Consumida (w)	Potência por Fase			Tensão(V)	Corrente de Projeto Ib (A)	Bitola Mínima (mm ²)	Capacidade de Corrente do Condutor (mm ²)	
			Individual (VA)	Total (VA)				A	B	C				Bitola	(A)
Circ. 1	Iluminação	Sala 300	880	2640	100	2640,00	2640	2640,00			220	12,00	1,5	1	12
		Sala 301	880												
		Sala 302	880												

Fonte: Adaptado de [8]

Tabela 4.12: Exemplo da determinação da CCC para o circuito de iluminação Circ. 2

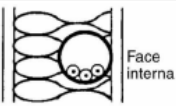
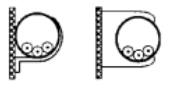
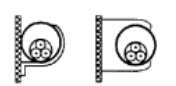
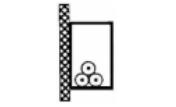
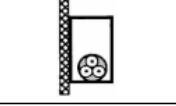
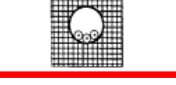
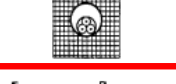
Tabela 36 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D**Condutores: cobre e alumínio****Isolação: PVC****Temperatura no condutor: 70°C****Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)**

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	9	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15

Circuito	Descrição	Item	Potência Instalada		Fator de Demanda (%)	Potência Demandada (VA)	Potência Consumida (w)	Potência por Fase			Tensão (V)	Corrente de Projeto Ib (A)	Bitola Mínima (mm²)	Capacidade de Corrente do Condutor (mm²)	
			Individual (VA)	Total (VA)				A	B	C				Bitola	(A)
Circ. 1	Iluminação	Sala 300	880	2640	100	2640,00	2640	2640,00			220	12,00	1,5	1	12
		Sala 301	880												
		Sala 302	880												
Circ. 2	Iluminação	Sala 303	880	2120	50	1060,00	1060	1060,00			220	4,82	1,5	0,5	8
		Iluminação	1240												

Fonte: Adaptado de [8]

Tabela 4.13: Tabela Método B2

Tabela 33 — Tipos de linhas elétricas			
Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1	 Face interna	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A1
2	 Face interna	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaço desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaço desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
8		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B2
11		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou espaço desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
11A		Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto	C

Fonte: Adaptado de [8]

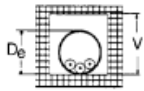
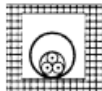
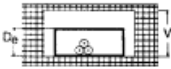
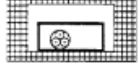
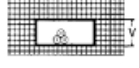
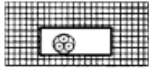
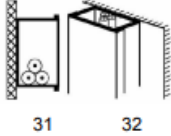
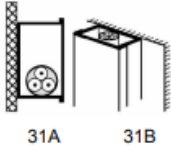
mostrados na Tabela 4.11.

4.4.2.16 Dimensionamento de Disjuntores

A escolha do disjuntor foi realizada apenas por meio da análise das correntes de projeto. Em seu dimensionamento devem ser previstas as seguintes condições: $I_b \leq I_n \leq I_z$ Ou seja, a corrente do disjuntor escolhido (I_n) deve ser maior ou igual à corrente de projeto e menor ou igual à corrente corrigida.

Tabela 4.14: Tabela Método B2

Tabela 33 (continuação)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
22		Condutores isolados em eletroduto de seção circular em espaço de construção ^{5) 7)}	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
23		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção circular em espaço de construção ^{5) 7)}	B2
24		Condutores isolados em eletroduto de seção não-circular ou eletrocalha em espaço de construção ⁵⁾	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
25		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não-circular ou eletrocalha em espaço de construção ⁵⁾	B2
26		Condutores isolados em eletroduto de seção não-circular embutido em alvenaria ⁶⁾	$1,5 \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1
27		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não-circular embutido em alvenaria	B2
31 32		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical	B1
31 ^a 32 ^a		Cabo multipolar em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical	B2

Fonte: Adaptado de [8]

4.4.2.17 Quadro de Cargas

Após a realização da previsão de carga, divisão dos circuitos, determinação da corrente corrigida, dimensionamento de condutores, eletrodutos e eletrocalha, é possível obter, de forma automática, dois quadros de cargas: um mais resumido e outro mais completo, envolvendo os fatores de correção. Para fins didáticos deste trabalho, ambos foram compilados de forma manual em uma tabela de Excel, como mostrado na tabela 4.18. Analisando essa tabela, observa-se a descrição dos circuitos, potências instaladas, fatores de potência, distribuição da potência entre

Tabela 4.15: Corrente corrigida

Circuito	Descrição	Corrente Corrigida Iz (A)	Bitola Final (mm²)
Circ. 1	Iluminação	17,10	6
Circ. 2	Iluminação	10,35	2,5
Circ. 3	Iluminação	17,10	6
Circ. 4	Iluminação	8,74	2,5
Circ. 5	Iluminação	11,40	4
Circ. 6	Iluminação	11,40	4
Circ. 7	Iluminação	11,40	4
Circ. 8	Tomada(TUG)	10,35	4
Circ. 9	Tomada(TUG)	10,35	2,5
Circ. 10	Tomada(TUG)	8,74	2,5
Circ. 11	Tomada(TUG)	8,74	2,5
Circ. 12	Tomada(TUG)	8,74	2,5
Circ. 13	Tomada(TUG)	8,74	2,5
Circ. 14	Tomada (TUG)	8,74	2,5
Circ. 15	Tomada (TUG)	11,40	4
Circ. 16	Tomada (TUG)	8,74	2,5
Circ. 17	Tomada (TUG)	8,74	2,5
Circ. 18	Tomada (TUG)	8,74	2,5
Circ. 19	Tomada (TUG)	8,74	2,5
Circ. 20	Ar Condicionado	17,10	6
Circ. 21	Ar Condicionado	10,35	2,5
Circ. 22	Ar Condicionado	10,35	2,5
Circ. 23	Ar Condicionado	17,10	6
Circ. 24	Ar Condicionado	17,10	6
Circ. 25	Ar Condicionado	17,10	6
Circ. 26	Ar Condicionado	17,10	6
Circ. 27	Ar Condicionado	19,76	10
Circ. 28	Ar Condicionado	19,76	10
Circ. 29	Ar Condicionado	19,76	10
Circ. 30	Ar Condicionado	19,76	10
Circ. 31	Ar Condicionado	19,76	10
Circ. 32	Ar Condicionado	19,76	10
Circ. 33	Reserva	-	-
Circ. 34	Reserva	-	-
Circ. 35	Reserva	-	-
Circ. 36	Reserva	-	-
Circ. 37	Reserva	-	-
Alimentador		105	25

Fonte: Autoria própria

as cargas, demanda, tensão, valores de corrente, proteção e seção dos condutores.

Tabela 4.16: Tabela referente ao fator de correção de agrupamento

Tabela 42 — Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados 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				
NOTAS														
1 Esses fatores são aplicáveis a grupos homogêneos de cabos, uniformemente carregados.														
2 Quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator de redução.														
3 O número de circuitos ou de cabos com o qual se consulta a tabela refere-se														
– à quantidade de grupos de dois ou três condutores isolados ou cabos unipolares, cada grupo constituindo um circuito (supondo-se um só condutor por fase, isto é, sem condutores em paralelo), e/ou														
– à quantidade de cabos multipolares														
que compõe o agrupamento, qualquer que seja essa composição (só condutores isolados, só cabos unipolares, só cabos multipolares ou qualquer combinação).														
4 Se o agrupamento for constituído, ao mesmo tempo, de cabos bipolares e tripolares, deve-se considerar o número total de cabos como sendo o número de circuitos e, de posse do fator de agrupamento resultante, a determinação das capacidades de condução de corrente, nas tabelas 36 a 39, deve ser então efetuada:														
– na coluna de dois condutores carregados, para os cabos bipolares; e														
– na coluna de três condutores carregados, para os cabos tripolares.														
5 Um agrupamento com N condutores isolados, ou N cabos unipolares, pode ser considerado composto tanto de N/2 circuitos com dois condutores carregados quanto de N/3 circuitos com três condutores carregados.														
6 Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com dispersão geralmente inferior a 5%.														

Fonte: Adaptado de [8]

4.4.2.18 Quadro de cargas - espaço reserva

O software gerou de forma automática o espaço de circuito reserva para o quadro de distribuição, seguindo a tabela, mostrada na Tabela 4.19, para determinar a quantidade de circuitos reserva. Com base nesta tabela da NBR 5410 [8], e considerando que o projeto deste trabalho contém 32 circuitos, N é a quantidade de circuitos, considera-se $N > 30$. Logo, para realizar o cálculo de espaços reservas para os circuitos, deve-se aplicar a fórmula:

$$0,15 \cdot N \quad (4.3)$$

Dessa forma, tem-se que

$$32 \cdot 0,15 = 4,8 \quad (4.4)$$

Tabela 4.17: Tabela referente ao fator de correção de temperatura

Tabela 40 — Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas

Temperatura °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Ambiente		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	—	0,65
70	—	0,58
75	—	0,50
80	—	0,41
Do solo		
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	—	0,60
70	—	0,53
75	—	0,46
80	—	0,38

Fonte: Adaptado de [8]

espaços reservas, ou melhor, 5.

4.4.2.19 Seção mínima do condutor neutro

Ao analisar a Tabela 4.18, observa-se que a seção dos condutores de fase é igual a 25 mm². Sendo assim, segundo a Tabela 4.20, a seção do condutor neutro (mm²) será igual à da fase.

Figura 4.11: Legenda do projeto

LEGENDA:

	– TOMADA BAIXA 220V/10A H=0.30M – EMBUTIDA EM ALVENARIA OU DRYWALL
	– TOMADA BAIXA 220V/10A H=0.30M – SOBREPOR EM CONDULETE
	– TOMADA BAIXA DUPLA 220V/10A H=0.30M – EMBUTIDA EM ALVENARIA OU DRYWALL
	– TOMADA DUPLA 220V/20A – INSTALAÇÃO EM MOBILIÁRIO
	– TOMADA MÉDIA 220V/10A H=1.20M – EMBUTIDA EM ALVENARIA OU DRYWALL
	– PONTO DE FORÇA MONOFÁSICO ALTO 220V H=2.30M – SOBREPOR EM CONDULETE
	– INTERRUPTOR 1 SEÇÃO SIMPLES – EMBUTIDO EM ALVENARIA OU DRYWALL
	– INTERRUPTOR 2 SEÇÕES SIMPLES – EMBUTIDO EM ALVENARIA OU DRYWALL
	– CAIXA 4X2" BAIXA H=0.30M
	– CONDULETE TIPO "X" EM LIGA DE ALUMÍNIO FUNDIDO, Ø=3/4"
	– TÊ VERTICAL DE DESCIDA 'U' 50X50MM
	– QDIT
	– DISJUNTOR DR 6A 1P
	– DPS CLASSE II 20KA 1P
	– MINIDISJUNTOR DIN 100A 3P
	– MINIDISJUNTOR DIN 6A 1P
	– MINIDISJUNTOR DIN 10A 1P
	– MINIDISJUNTOR DIN 16A 1P
	– MINIDISJUNTOR DIN 16A 2P
	– ELETRODUTO DE FERRO GALVANIZADO ELETROLÍTICO
	– ELETRODUTO FG ELETROLÍTICO EMBUTIDO NO FORRO–DIMENSÃO INDICADA NO PROJETO
	– ELETRODUTO FG ELETROLÍTICO EMBUTIDO NA PAREDE–DIMENSÃO INDICADA NO PROJETO
	– ELETRODUTO FG ELETROLÍTICO APARENTE
	– ELETROCALHA PERFURADA 50MMX50MM
	– NEUTRO, FASE, RETORNO, TERRA

Fonte: Autoria própria

4.4.2.20 Seção mínima do condutor de proteção

Ao analisar a Tabela 4.18, observa-se que a seção dos condutores de fase é igual a 25 mm². Sendo assim, conforme a tabela da Tabela 4.21, a seção mínima do condutor de proteção (mm²) será igual a 16mm².

4.4.2.21 Projeto finalizado

Na Figura 4.12 é apresentado o projeto elétrico finalizado, contemplando a distribuição das cargas de iluminação, pontos de tomadas, divisão dos circuitos elétricos, dimensionamento dos condutores de fase, neutro e proteção e dimensionamento dos seguintes componentes: eletrodutos, eletrocalhas, disjuntores e DRs.

Tabela 4.20: Seção reduzida do condutor de neutro

Seção dos condutores de fase mm ²	Seção reduzida do condutor neutro mm ²
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Fonte: Adaptado de [8]

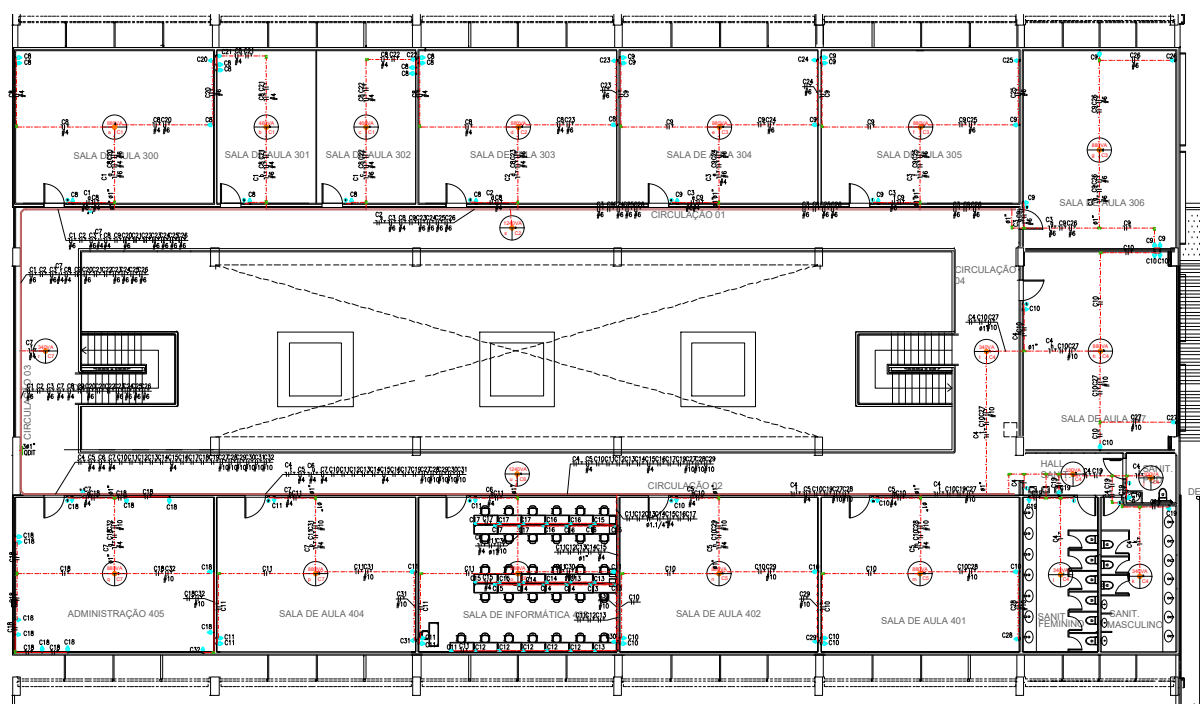
Tabela 4.21: Seção mínima do condutor de proteção

Seção dos condutores de fase S mm ²	Seção mínima do condutor de proteção correspondente mm ²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Fonte: Adaptado de [8]

forma, foram representados todos os circuitos, acompanhados de seus respectivos disjuntores de proteção, além de mostrar qual circuito elétrico protege e qual é a seção do condutor dimensionada para cada circuito. O diagrama multifilar também foi elaborado segundo a NBR 5410 [8], mencionado também na Seção 3.4.2.1, apresentado na Figura 4.14, abrangendo mais detalhes da instalação elétrica, incluindo informações sobre a conexão dos disjuntores e dos DRs.

Figura 4.12: Projeto elétrico finalizado



Fonte: Autoria própria

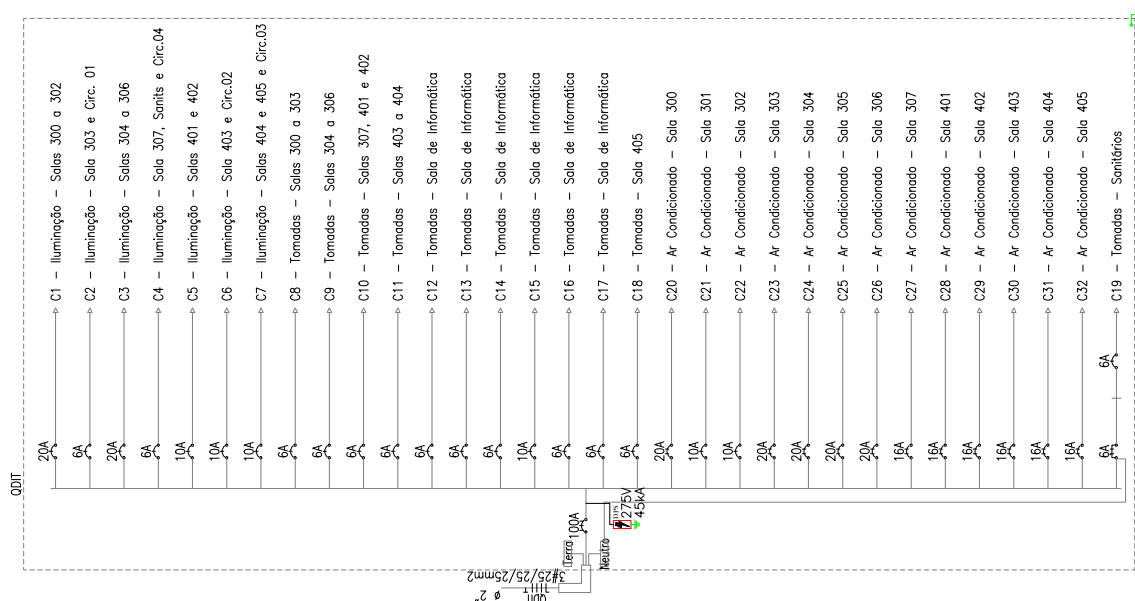
4.4.2.23 Projeto 3D

Foi possível realizar o projeto em 3D por meio do software PRO-Elétrica como pode ser visto na Figura 4.15. Porém, nota-se que sua visualização estará com maior qualidade no arquivo DWG. Entretanto, é importante relatar sobre essa modalidade de elaboração de projeto, pois contribui para prevenir erros na construção do mesmo, proporcionando uma melhor visualização sobre o que está sendo construído.

4.4.2.24 Lista de Materiais

Por meio do software PRO-Elétrica, foi possível gerar de forma automática uma lista de materiais para execução do projeto elétrico, apresentada na Figura 4.16. Dessa forma, ressalta-se a importância da existência desta lista, pois poderá servir como base para a realização do orçamento, no qual serão implementados possíveis custos adicionais e os respectivos valores dos materiais envolvidos.

Figura 4.13: Diagrama unifilar



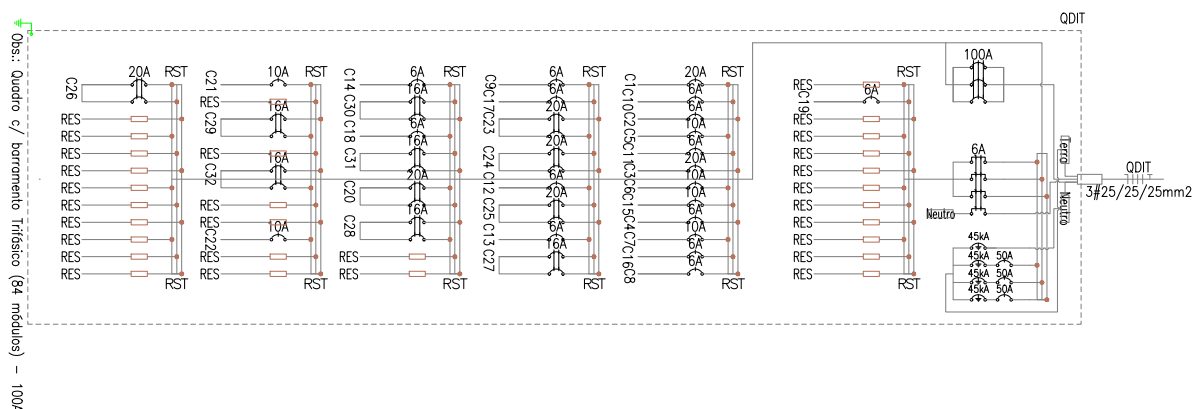
Fonte: Autoria própria

4.5 RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho tem como foco ressaltar a importância do projeto elétrico para as instalações elétricas permanecerem de qualidade e criar um cenário de melhorias ao IFG campus Valparaíso, tanto para contribuir com a divulgação de conhecimentos quanto levar melhorias de forma técnica para a instituição. Desta maneira, este capítulo apresenta os resultados e recomendações do estudo de caso, maneira de contribuir de forma sintética com os conhecimentos essenciais para uma boa qualidade da infraestrutura elétrica. Observa-se que o Capítulo 4 foi dedicado ao estudo de caso, utilizando o IFG campus Valparaíso. Pode-se dizer que foi possível obter alguns resultados como:

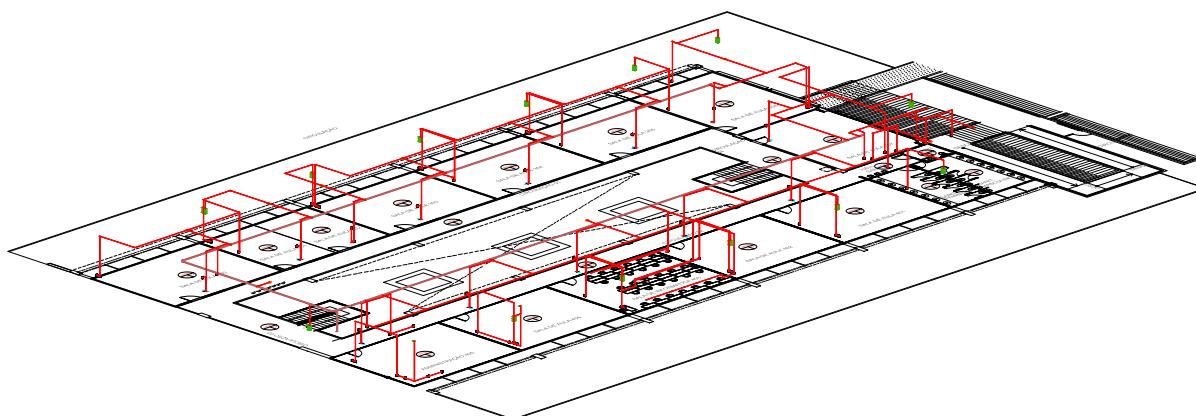
- Inadequações nas instalações elétricas vigentes, obtidas a partir de inspeção visual e termográfica, oferecem riscos a estrutura do prédio e a saúde dos indivíduos;
- A falta de manutenções nas instalações elétricas e a ausência do projeto elétrico, aumentam o risco de choque elétrico e incêndio.

Figura 4.14: Diagrama multifilar



Fonte: Autoria própria

Figura 4.15: Projeto 3D



Fonte: Autoria própria

4.5.1 Recomendações sobre as inspeções elétricas IFG - Câmpus Valparaíso

Recomenda-se a implementação de manutenções anuais que proporcionem para os elementos que compõem o sistema elétrico condições de cumprimento das normas vigentes. Deve-se efetuar manutenções nos quadros de distribuição de energia, avaliar e implantar aterramentos nas portas e sistemas de proteções do QD e adicionar DR. Conduzir os condutores elétricos expostos por meio dos eletrodutos ou eletrocalhas e remover as fiações que não estão em uso. Além disso, é importante atualizar os registros e identificar os disjuntores presentes nos quadros

Figura 4.16: Lista de materiais

— Lista de Materiais —

Código	Quant.	Und.	Dimensão	Descrição
19.66	21.00	m		CABO DE COBRE MULTIPOLAR 3 X 1,5 MM2, TENSÃO NOMINAL ATÉ 0,6/1KV
19.143	70	pc		CAIXA EM PVC 4" X 2", DE EMBUTIR
	12	pc	Ø=1"	CONDULETE TIPO "X" EM LIGA DE ALUMÍNIO FUNDIDO, Ø=1"
19.166	78	pc	Ø=3/4"	CONDULETE TIPO "X" EM LIGA DE ALUMÍNIO FUNDIDO, Ø=3/4"
SRS-31-B05	2	pc	50x50mm	Curva Horizontal 90 'U' 50x50mm
DS6F1	1	pc	2P6A	Disjuntor DR
	4	pc	45kA	DPS Classe II - 45kA
SRS-30-B05	1.43	m	50mmx50mm	Eletrocalha lisa - Parede Amarelo
SRS-30-B05	110.58	m	50mmx50mm	Eletrocalha lisa - Teto Laranja
	2.75	m	1.1/4"	Eletroduto de ferro galvanizado eletrolítico - Parede Amarelo
	233.07	m	3/4"	Eletroduto de ferro galvanizado eletrolítico - Parede Amarelo
	9.24	m	1"	Eletroduto de ferro galvanizado eletrolítico - Parede Amarelo
	1.57	m	1.1/4"	Eletroduto de ferro galvanizado eletrolítico - Teto Laranja
	56.09	m	1"	Eletroduto de ferro galvanizado eletrolítico - Teto Laranja
	249.55	m	3/4"	Eletroduto de ferro galvanizado eletrolítico - Teto Laranja
3002	1107.34	m	4 mm2	Fio cabo 750 V - PVC
3006	963.36	m	10 mm2	Fio cabo 750 V - PVC
3004	1482.45	m	6 mm2	Fio cabo 750 V - PVC
3000	3396.26	m	2.5 mm2	Fio cabo 750 V - PVC
19.366	2	pc		INTERRUPTOR DUAS TECLAS SIMPLES - 10A / 250V
19.369	17	pc		INTERRUPTOR UMA TECLA SIMPLES - 10A / 250V
	2	pc	1P20A	Minidisjuntor DIN
	9	pc	1P10A	Minidisjuntor DIN
	6	pc	2P16A	Minidisjuntor DIN
	5	pc	2P20A	Minidisjuntor DIN
	10	pc	1P6A	Minidisjuntor DIN
	1	pc	3P100A	Minidisjuntor DIN
19.442	44	pc		PLACA (ESPELHO) TERMOPLÁSTICA 4 X 2" - DOIS POSTOS
19.444	23	pc		PLACA (ESPELHO) TERMOPLÁSTICA 4 X 2" - UM POSTO
19.447	21	pc		PLUG FEMEA 2P + T
19.480	1	pc		QUADRO EM CHAPA METÁLICA TRATADA, IP54, 80X60X20CM, COM PLACA DE
19.503	67	pc		SUORTE DE FIXAÇÃO PARA ESPELHO / PLACA 4" X 2", PARA 3 MÓDULOS,
19.516	13	pc	3/4"	TAMPA CEGA EM ALUMÍNIO PARA CONDULETE 1/2" E
19.525	34	pc		TAMPA EM ALUMÍNIO PARA CONDULETE 1/2" E 3/4" COM FURO PARA TOMAD
SRS-35-B05	1	pc	50x50mm	Tê Vertical de descida 'U' 50x50mm
19.535	537	pc		TERMINAL A COMPRESSÃO PARA CABOS DE Ø=2,5 MM2
19.556	103	pc		TOMADA DOIS PÓLOS MAIS TERRA (2P+T) - 10A / 250V
19.557	62	pc		TOMADA DOIS PÓLOS MAIS TERRA (2P+T) - 20A / 250V

Fonte: Autoria própria

de distribuição.

Capítulo 5

Conclusão

5.1 Conclusões gerais

As adequações das normas da infraestrutura elétrica são essenciais para garantir qualidade e segurança dos indivíduos no ambiente consumidor. Desta forma, este trabalho demonstrou caminhos que contribuem para a busca desse objetivo, via uma fundamentação teórica respaldada em normas como NR 10 [10] e NBR 5410 [8]. Além disso, foi elaborado um estudo de caso para demonstrar de forma prática as aplicações das normas, por meio da inspeção do ambiente e elaboração de um novo projeto elétrico.

Consoante os resultados obtidos, é preocupante o contexto relativo à segurança das instalações elétricas, visto que uma edificação sem projeto elétrico e manutenções adequadas, oferece riscos a estrutura física e a saúde dos indivíduos, além desrespeitar os critérios normativos, ignorando a importância do seguimento da NBR 5410 [8] no planejamento e execução dos serviços de instalações elétricas.

Com a elaboração do projeto elétrico, é possível prever as cargas energéticas, realizando a atribuição e distribuição dessas cargas conforme a quantidade de usuários e equipamentos existentes. Além disso, pode-se fazer o levantamento do quantitativo de materiais, evitando desperdício, além de proporcionar economia de energia e segurança aos indivíduos.

Portanto, é de extrema importância a existência do projeto elétrico, respeitando os padrões estabelecidos pela norma NBR 5410 [8], cujo objetivo é garantir a segurança de todos os usuários, zelando pela conservação da estrutura física e seu funcionamento, visando eliminar riscos a

incêndios e choques elétricos.

5.2 Trabalhos Futuros

O trabalho realizado com base na importância do projeto elétrico, ressaltando as adequações às normas técnicas do pavimento superior do IFG Câmpus Valparaíso, serve como exemplo para a estruturação de novos trabalhos para análise do campus. Pode-se citar ideias para trabalhos futuros como:

- Análise e adequações às normas da parte de iluminação de todos os blocos do Câmpus, incluindo as lâmpadas de emergência;
- Elaboração de manutenções e atualizações das instalações elétricas;
- Verificar as instalações elétricas de outras áreas do Câmpus para propor soluções.

Referências Bibliográficas

- [1] TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. *Novos estudos CEBRAP*, SciELO Brasil, p. 47–69, 2007.
- [2] CAVALIN, G.; CERVELIN, S. *Instalações elétricas prediais: conforme norma NBR 5410:2004*. [S.l.]: Ed. Érica, 2006.
- [3] REIS, N. N. d. *Instalações Elétricas*. [S.l.]: Editora e Distribuidora SA, 2017.
- [4] CRUZ, E. C. A.; ANICETO, L. A. *Instalações Elétricas-fundamentos, prática e projetos em instalações residenciais e comerciais*. [S.l.]: Saraiva Educação SA, 2011.
- [5] ONS. *Operador Nacional do Sistema Elétrico*. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/energia-agora/carga-e-geracao>. Acesso em: 9 de janeiro de 2024.
- [6] CREDER, H. *Instalações elétricas*. [S.l.]: Livros técnicos e científicos, 2007.
- [7] NEGRISOLI, M. E. *Instalações elétricas. Projetos Prediais em Baixa Tensão. 3ª edição. São Paulo-SP: Blücher LTDA*, 1987.
- [8] TÉCNICAS, A. A. B. de N. ABNT NBR 5410/2004, Instalações elétricas de baixa tensão. 2004.
- [9] FUNDAMENTOS elétricos. [S.l.]: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, 2015.
- [10] NR10 - Norma Regulamentadora nº10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Portaria n.º 598, de 07/12/2004 (D.O.U. de 08/12/2004 – Seção 1). 2004.
- [11] PÁGIO, J. C. *Eletricista Instalador Predial*. [S.l.]: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, 2010.

- [12] International Electrotechnical Commission. *IEC 60364-5-52: Electrical installations of buildings - Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment - Wiring systems*. [S.l.], 2009.
- [13] MORENO, H. *Cabos Elétricos de Baixa Tensão: Conforme a NBR 5410*. [S.l.]: Agência Brasileira do ISBN, 2014.
- [14] ENERGIA, G. E. Fornecimento de energia elétrica em baixa tensão. *Grupo Equatorial Energia*, 2020.
- [15] SECTOR, S. A. I. *Guia técnico - A ajuda teórica e prática para o Instalador Eletricista*. [S.l.: s.n.], 2009.
- [16] SIEMENS. *Guia técnico - A ajuda teórica e prática para o Instalador Eletricista*. [S.l.]: Siemens AG Industry Sector, Número do pedido: E20001-H001-L400-7900, 2009.
- [17] DISTRIBUIÇÃO, P. de. Módulo 8—qualidade da energia elétrica. *Agência Nacional de Energia Elétrica—ANEEL*, 2010.
- [18] POLISCAN. *O que é emissividade?* Disponível em: <https://shre.ink/r6oU>. Acesso em: 10 de outubro de 2023.
- [19] INTERTEK. *Manual do utilizador Série FLIR Cx*. [S.l.]: T559918, 2017.
- [20] Múltiplos Software Técnicos. *PRO-Elétrica Software para projetos elétricos*. Disponível em: <https://multiplus.com/software/pro-eletrica/index.html>. Acesso em: 10 de outubro de 2023.
- [21] TÉCNICAS, A. A. B. de N. ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, iluminação de ambientes de trabalho. 2013.

Apêndice

Tabela A.1: Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

Tabela 36 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70°C

Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1 000	767	679	698	618	1 012	906	827	738	1 125	996	792	652
Alumínio												
16	48	43	44	41	60	53	54	48	66	59	62	52
25	63	57	58	53	79	70	71	62	83	73	80	66
35	77	70	71	65	97	86	86	77	103	90	96	80
50	93	84	86	78	118	104	104	92	125	110	113	94
70	118	107	108	98	150	133	131	116	160	140	140	117
95	142	129	130	118	181	161	157	139	195	170	166	138
120	164	149	150	135	210	186	181	160	226	197	189	157
150	189	170	172	155	241	214	206	183	261	227	213	178
185	215	194	195	176	275	245	234	208	298	259	240	200
240	252	227	229	207	324	288	274	243	352	305	277	230
300	289	261	263	237	372	331	313	278	406	351	313	260
400	345	311	314	283	446	397	372	331	488	422	366	305
500	396	356	360	324	512	456	425	378	563	486	414	345
630	456	410	416	373	592	527	488	435	653	562	471	391
800	529	475	482	432	687	612	563	502	761	654	537	446
1 000	607	544	552	495	790	704	643	574	878	753	607	505

Fonte: [8]

Tabela A.2: Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

Tabela 37 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: EPR ou XLPE

Temperatura no condutor: 90°C

Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1 122	923	711	596
800	885	792	805	721	1 158	1020	952	837	1 311	1 074	811	679
1 000	1014	908	923	826	1332	1 173	1 088	957	1 515	1 237	916	767
Alumínio												
16	64	58	60	55	79	71	72	64	84	76	73	61
25	84	76	78	71	105	93	94	84	101	90	93	78
35	103	94	96	87	130	116	115	103	126	112	112	94
50	125	113	115	104	157	140	138	124	154	136	132	112
70	158	142	145	131	200	179	175	156	198	174	163	138
95	191	171	175	157	242	217	210	188	241	211	193	164
120	220	197	201	180	281	251	242	216	280	245	220	186
150	253	226	230	206	323	289	277	248	324	283	249	210
185	288	256	262	233	368	330	314	281	371	323	279	236
240	338	300	307	273	433	389	368	329	439	382	322	272
300	387	344	352	313	499	447	421	377	508	440	364	308
400	462	409	421	372	597	536	500	448	612	529	426	361
500	530	468	483	426	687	617	573	513	707	610	482	408
630	611	538	556	490	794	714	658	590	821	707	547	464
800	708	622	644	566	922	830	760	682	958	824	624	529
1 000	812	712	739	648	1061	955	870	780	1108	950	706	598

Fonte: [8]

Tabela A.3: Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G

Tabela 38 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G
Condutores: cobre e alumínio
Isolação: PVC
Temperatura no condutor: 70°C
Temperatura ambiente de referência: 30°C

Seções nominais dos condutores mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	E espaçados	
					Método F	Horizontal	Vertical
	Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Método G	Método G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
0,5	11	9	11	8	9	12	10
0,75	14	12	14	11	11	16	13
1	17	14	17	13	14	19	16
1,5	22	18,5	22	17	18	24	21
2,5	30	25	31	24	25	34	29
4	40	34	41	33	34	45	39
6	51	43	53	43	45	59	51
10	70	60	73	60	63	81	71
16	94	80	99	82	85	110	97
25	119	101	131	110	114	146	130
35	148	126	162	137	143	181	162
50	180	153	196	167	174	219	197
70	232	196	251	216	225	281	254
95	282	238	304	264	275	341	311
120	328	276	352	308	321	396	362
150	379	319	406	356	372	456	419
185	434	364	463	409	427	521	480
240	514	430	546	485	507	615	569
300	593	497	629	561	587	709	659
400	715	597	754	656	689	852	795
500	826	689	868	749	789	982	920
630	958	798	1005	855	905	1138	1070
800	1118	930	1169	971	1119	1325	1251
1 000	1 292	1 073	1 346	1 079	1 296	1 528	1 448
Alumínio							
16	73	61	73	62	65	84	73
25	89	78	98	84	87	112	99
35	111	96	122	105	109	139	124
50	135	117	149	128	133	169	152
70	173	150	192	166	173	217	196
95	210	183	235	203	212	265	241
120	244	212	273	237	247	308	282
150	282	245	316	274	287	356	327
185	322	280	363	315	330	407	376
240	380	330	430	375	392	482	447

Fonte: [8]

Tabela A.4: Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G

Tabela 39 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G
Condutores: cobre e alumínio
Isolação: EPR ou XLPE
Temperatura no condutor: 90°C
Temperatura ambiente de referência: 30°C

Seções nominais dos condutores mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
					Método F	Horizontal Método G	Vertical Método G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
0,5	13	12	13	10	10	15	12
0,75	17	15	17	13	14	19	16
1	21	18	21	16	17	23	19
1,5	26	23	27	21	22	30	25
2,5	36	32	37	29	30	41	35
4	49	42	50	40	42	56	48
6	63	54	65	53	55	73	63
10	86	75	90	74	77	101	88
16	115	100	121	101	105	137	120
25	149	127	161	135	141	182	161

Fonte: [8]

Tabela A.5: Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas

Tabela 40 — Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas

Temperatura °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Ambiente		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	—	0,65
70	—	0,58
75	—	0,50
80	—	0,41
Do solo		
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	—	0,60
70	—	0,53
75	—	0,46
80	—	0,38

Fonte: [8]

Tabela A.6: Fatores de correção para linhas subterrâneas em solo com resistividade térmica diferente de 2,5 K.m/W

Tabela 41— Fatores de correção para linhas subterrâneas em solo com resistividade térmica diferente de 2,5 K.m/W

Resistividade térmica K.m/W	1	1,5	2	3
Fator de correção	1,18	1,1	1,05	0,96
NOTAS 1 Os fatores de correção dados são valores médios para as seções nominais abrangidas nas tabelas 36 e 37, com uma dispersão geralmente inferior a 5%. 2 Os fatores de correção são aplicáveis a cabos em eletrodutos enterrados a uma profundidade de até 0,8 m. 3 Os fatores de correção para cabos diretamente enterrados são mais elevados para resistividades térmicas inferiores a 2,5 K.m/W e podem ser calculados pelos métodos indicados na ABNT NBR 11301.				

Fonte: [8]

Tabela A.7: Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única

Tabela 42 — Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados 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				

NOTAS

1 Esses fatores são aplicáveis a grupos homogêneos de cabos, uniformemente carregados.

2 Quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator de redução.

3 O número de circuitos ou de cabos com o qual se consulta a tabela refere-se

- à quantidade de grupos de dois ou três condutores isolados ou cabos unipolares, cada grupo constituindo um circuito (supondo-se um só condutor por fase, isto é, sem condutores em paralelo), e/ou
- à quantidade de cabos multipolares que compõe o agrupamento, qualquer que seja essa composição (só condutores isolados, só cabos unipolares, só cabos multipolares ou qualquer combinação).

4 Se o agrupamento for constituído, ao mesmo tempo, de cabos bipolares e tripolares, deve-se considerar o número total de cabos como sendo o número de circuitos e, de posse do fator de agrupamento resultante, a determinação das capacidades de condução de corrente, nas tabelas 36 a 39, deve ser então efetuada:

- na coluna de dois condutores carregados, para os cabos bipolares; e
- na coluna de três condutores carregados, para os cabos tripolares.

5 Um agrupamento com N condutores isolados, ou N cabos unipolares, pode ser considerado composto tanto de N/2 circuitos com dois condutores carregados quanto de N/3 circuitos com três condutores carregados.

6 Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com dispersão geralmente inferior a 5%.

Fonte: [8]

Tabela A.8: Fatores de correção aplicáveis a agrupamentos consistindo em mais de uma camada de condutores – Métodos de referência C (tabelas 36 e 37), E e F (tabelas 38 e 39)

Tabela 43 — Fatores de correção aplicáveis a agrupamentos consistindo em mais de uma camada de condutores – Métodos de referência C (tabelas 36 e 37), E e F (tabelas 38 e 39)

		Quantidade de circuitos trifásicos ou de cabos multipolares por camada				
		2	3	4 ou 5	6 a 8	9 e mais
Quantidade de camadas	2	0,68	0,62	0,60	0,58	0,56
	3	0,62	0,57	0,55	0,53	0,51
	4 ou 5	0,60	0,55	0,52	0,51	0,49
	6 a 8	0,58	0,53	0,51	0,49	0,48
	9 e mais	0,56	0,51	0,49	0,48	0,46
NOTAS 1 Os fatores são válidos independentemente da disposição da camada, se horizontal ou vertical. 2 Sobre condutores agrupados em uma única camada, ver tabela 42 (linhas 2 a 5 da tabela). 3 Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à ABNT NBR 11301.						

Fonte: [8]

Tabela A.9: Fatores de agrupamento para linhas com cabos diretamente enterrados

Tabela 44 — Fatores de agrupamento para linhas com cabos diretamente enterrados

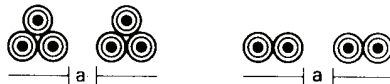
Número de circuitos	Distâncias entre cabos ¹⁾ (a)				
	Nula	Um diâmetro de cabo	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

¹⁾

Cabos multipolares



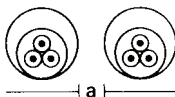
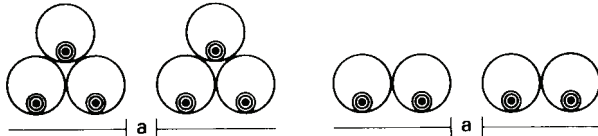
Cabos unipolares



NOTA Os valores indicados são aplicáveis para uma profundidade de 0,7 m e uma resistividade térmica do solo de 2,5 K.m/W. São valores médios para as dimensões de cabos abrangidas nas tabelas 36 e 37. Os valores médios arredondados podem apresentar erros de até ± 10% em certos casos. Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à ABNT NBR 11301.

Fonte: [8]

Tabela A.10: Fatores de agrupamento para linhas em eletrodutos enterrados

Tabela 45 — Fatores de agrupamento para linhas em eletrodutos enterrados ¹⁾				
Cabos multipolares em eletrodutos – Um cabo por eletroduto				
Número de circuitos	Espaçamento entre eletrodutos (a)			
	Nulo	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,80
Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrodutos ²⁾ – Um condutor por eletroduto				
Número de circuitos (grupos de dois ou três condutores)	Espaçamento entre eletrodutos (a)			
	Nulo	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90
(a)				
Cabos multipolares		Cabos unipolares		
				
¹⁾ Os valores indicados são aplicáveis para uma profundidade de 0,7 m e uma resistividade térmica do solo de 2,5 K.m/W. São valores médios para as seções de condutores constantes nas tabelas 36 e 37. Os valores médios arredondados podem apresentar erros de até ±10% em certos casos. Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à ABNT NBR 11301.				
²⁾ Deve-se atentar para as restrições e problemas que envolvem o uso de condutores isolados ou cabos unipolares em eletrodutos metálicos quando se tem um único condutor por eletroduto.				

Fonte: [8]