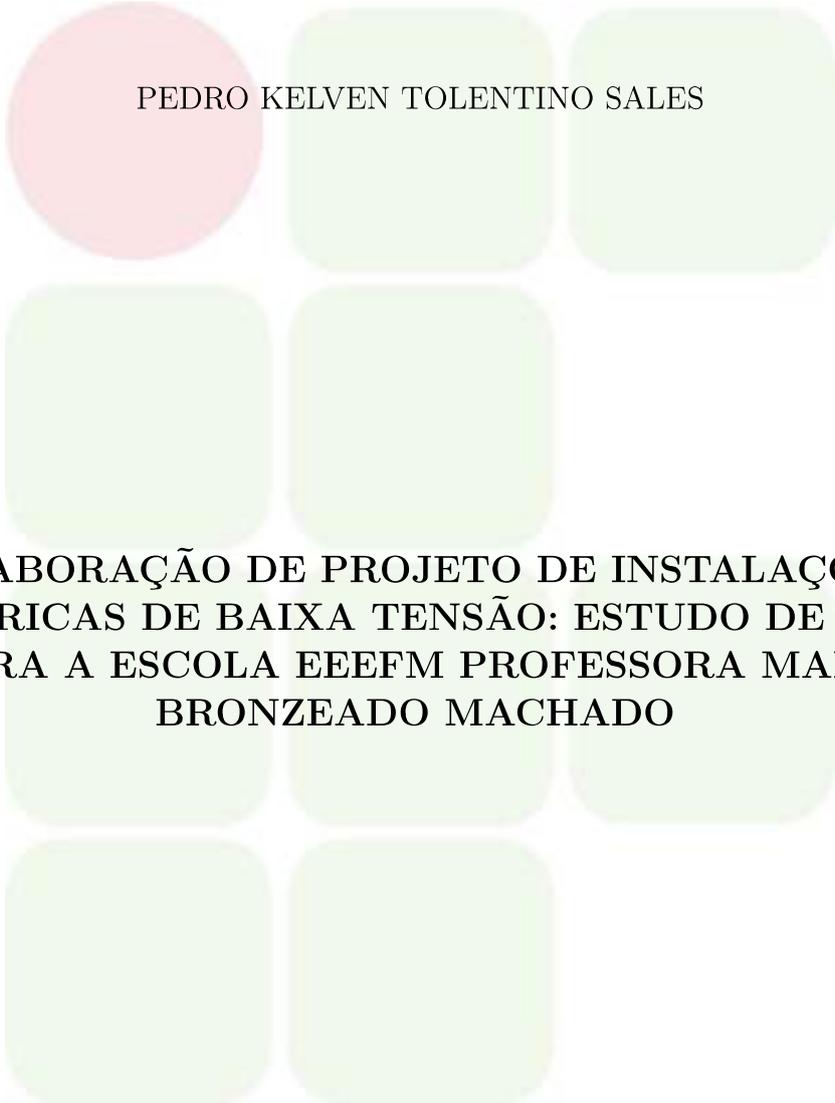


INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA
PARAÍBA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA



PEDRO KELVEN TOLENTINO SALES

**ELABORAÇÃO DE PROJETO DE INSTALAÇÕES
ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO: ESTUDO DE CASO
PARA A ESCOLA EEEFM PROFESSORA MARIA
BRONZEADO MACHADO**

João Pessoa
2025

PEDRO KELVEN TOLENTINO SALES

**ELABORAÇÃO DE PROJETO DE INSTALAÇÕES
ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO: ESTUDO DE CASO
PARA A ESCOLA EEEFM PROFESSORA MARIA
BRONZEADO MACHADO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Gilvan Vieira de Andrade Junior

João Pessoa
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP
Biblioteca Nilo Peçanha – IFPB, *Campus* João Pessoa

S163e Sales, Pedro Kelven Tolentino.

Elaboração de projeto de instalações elétricas de baixa tensão : estudo de caso para a escola EEEFM professora Maria Bronzeado Machado / Pedro Kelven Tolentino Sales. – 2025.

54 f. : il.

TCC (Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação da Paraíba / Unidade Acadêmica de Controle e Processos Industriais / Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Gilvan Vieira de Andrade Junior.

1. Instalações elétricas. 2. Projeto elétrico. 3. NBR 5410. 4. Escola. I. Título.

CDU 621.316.17(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

FOLHA DE APROVAÇÃO

PEDRO KELVEN TOLENTINO SALES

20161610023

“ELABORAÇÃO DE PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO DE UMA ESCOLA MODELO PADRÃO”

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Trabalho aprovado pela banca examinadora em 28 de março de 2025.

BANCA EXAMINADORA:

(assinaturas eletrônicas via SUAP)

Dr(a). Gilvan Vieira de Andrade Junior

IFPB (Orientador)

Me(a). Josué da Silva Souza

IFPB (Examinador Interno)

Dr(a). Diana Moreno Nobre de Souza

IFPB (Examinador Interno)

Documento assinado eletronicamente por:

- **Gilvan Vieira de Andrade Junior**, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC1 - CCSBEE-JP em 02/04/2025 19:29:26.
- **Diana Moreno Nobre de Souza**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/04/2025 21:04:55.
- **Josue da Silva Souza**, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO, em 03/04/2025 10:31:27.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 02/04/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 693973

Verificador: 5aabcd5f77

Código de Autenticação:



Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, JOÃO PESSOA / PB, CEP 58015-435
<http://ifpb.edu.br> - (83) 3612-1200

Agradecimentos

A Deus por me permitir conviver com grandes mestres ao longo da vida.

A minha companheira Larissa, pela paciência, carinho e amor ao longo dos dias.

Aos meus maiores apoiadores, meus pais. Toda gratidão pelo esforço e por me darem tudo de melhor em todos os sentidos da vida.

Aos meus amigos de ensino médio e graduação pelo encorajamento e ajuda ao longo dos cursos.

Ao meu professor Gilvan pela orientação, suporte e apoio dado para a concretização de uma importante etapa da minha vida.

E a todo Instituto, em especial professores e colegas de classe que contribuíram para minha formação.

*“Eu faço da dificuldade a minha motivação. A volta por cima vem na continuação”
(Charlie Brown Jr)*

RESUMO

Este trabalho apresenta o conjunto de conhecimento, métodos e procedimentos aplicados para o desenvolvimento de um projeto elétrico de instalações em baixa tensão de uma edificação que representa a estrutura escolar padrão pública no estado da Paraíba utilizando os critérios e normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com o objetivo de suprir as necessidades primárias da escola e garantir a segurança e conformidade no funcionamento da estrutura elétrica. É de conhecimento comum os riscos que uma infraestrutura elétrica inadequada causam aos seus usuários, agravando-se em ambientes escolares. Por isso, é apresentado no projeto elétrico, da forma mais detalhista e criteriosa possível, toda a previsão das cargas do local, as descrições dos circuitos e seus dimensionamentos de condutores e proteção. Além da conexão com a rede de distribuição da concessionária local.

Palavras-chave: Instalações elétricas, projeto elétrico, NBR 5410, escola.

ABSTRACT

This work presents the set of knowledge, methods and procedures applied to the development of an electrical project for low voltage installations in a building that represents the standard public school structure in the state of Paraíba using the criteria and standards of the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT), with the aim of meeting the school's primary needs and ensuring safety and compliance in the operation of the electrical structure. It is common knowledge the risks that an inadequate electrical infrastructure causes to its users, worsening in school environments. Therefore, the entire forecast of local loads, descriptions of the circuits and their conductor and protection dimensions are presented in the electrical project, in the most detailed and judicious way possible. In addition to connection to the local dealership distribution network.

Keywords: *Electrical installations, electrical project, NBR 5410, school*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vista interna do disjuntor tipo DIN	18
Figura 2 – Disjuntor diferencial residual de 40A e 80A	18
Figura 3 – Elementos que compõem o projeto elétrico e sua simbologia	21
Figura 4 – Tipos de linhas elétricas	25
Figura 5 – Seção mínima dos condutores de fase	27
Figura 6 – Seção mínima do condutor neutro	28
Figura 7 – Capacidades de condução de corrente, em ampères, de acordo com o método de instalação e número de condutores carregados.	29
Figura 8 – Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C .	30
Figura 9 – Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados	30
Figura 10 – Tabelas de dimensões totais dos condutores isolados, ocupação máxima e tamanho nominal do eletroduto	32
Figura 11 – Fatores de demanda para iluminação e pequenos aparelhos	33
Figura 12 – Pontos de luz e tomadas do QD-01	36
Figura 13 – Componentes elétricos do QD-01	38
Figura 14 – Diagrama unifilar do QD-01	39
Figura 15 – Dimensionamento das categorias de atendimento 380/220 V	40
Figura 16 – Diagrama unifilar do QD-02	45
Figura 17 – Diagrama unifilar do QD-03	47
Figura 18 – Diagrama unifilar do QD-04	48
Figura 19 – Diagrama unifilar do QD-INF	49
Figura 20 – Diagrama unifilar do QD-GERAL	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensões dos ambientes da escola	34
Tabela 2 – Previsão de cargas	35
Tabela 3 – Descrição de circuitos - QD 01	37
Tabela 4 – Dimensionamento de condutores e proteção do QD-01	38
Tabela 5 – Lista de materiais do projeto	41
Tabela 6 – Descrição de circuitos - QD 02	44
Tabela 7 – Dimensionamento de condutores e proteção do QD-02	45
Tabela 8 – Descrição de circuitos - QD 03	46
Tabela 9 – Dimensionamento de condutores e proteção do QD-03	46
Tabela 10 – Descrição de circuitos - QD 04	47
Tabela 11 – Dimensionamento de condutores e proteção do QD-04	48
Tabela 12 – Descrição de circuitos - QD INF	49
Tabela 13 – Dimensionamento de condutores e proteção do QD-INF	49
Tabela 14 – Descrição de circuitos - QD GERAL	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NR	<i>Normas Regulamentadoras</i>
NBR	<i>Norma Brasileira</i>
NDU	<i>Norma de Distribuição Unificada</i>
ABRACOPEL	<i>Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade</i>
ANATEL	<i>Agência Nacional de Telecomunicações</i>
ANAEEEL	<i>Agência Nacional de Energia Elétrica</i>
ABNT	<i>Associação Brasileira de Normas Técnicas</i>
GAPE	<i>Grupo de Acompanhamento do Custeio a Projetos de Conectividade de Escolas</i>
V	<i>Volts</i>
W	<i>Watts</i>
CC	<i>Corrente contínua</i>
CA	<i>Corrente alternada</i>
BT	<i>Baixa tensão</i>
MT	<i>Média tensão</i>
PVC	<i>Cloreto de polivinil</i>
EPR	<i>Borracha etileno propileno</i>
XLPE	<i>Borracha Polietileno reticulado</i>

SUMÁRIO

	LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	9
1	INTRODUÇÃO	12
1.1	MOTIVAÇÃO	13
1.2	OBJETIVOS	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	CONCEITOS ELÉTRICOS	15
2.2	ABNT NBR 5410	16
2.3	PROJETO ELÉTRICO	16
2.3.1	Previsão de cargas	16
2.3.2	Divisão de circuitos	17
2.3.3	Linhas elétricas	17
2.3.4	Condutores	17
2.3.5	Sistema de proteção	17
2.3.5.1	Disjuntor termomagnético	17
2.3.5.2	Disjuntor Diferencial Residual	18
2.3.6	Quadro de distribuição	18
3	METODOLOGIA	20
3.1	Estrutura escolar	20
3.2	ABNT NBR 5410	20
3.3	Projeto elétrico	21
3.3.1	Previsão de cargas	22
3.3.1.1	Iluminação	22
3.3.1.2	Tomadas de uso geral	22
3.3.1.2.1	Potências das tomadas de uso geral	23
3.3.1.3	Tomadas de uso específico	24
3.3.2	Divisão de circuitos	24
3.3.3	Linhas elétricas	25
3.3.4	Dimensionamento de condutores	25
3.3.4.1	Seção mínima dos condutores - condutor fase	26
3.3.4.2	Seção mínima dos condutores - condutor neutro	27

3.3.4.3	Capacidade de condução de corrente	28
3.3.4.4	Queda de tensão	30
3.3.5	Dimensionamento de proteção	31
3.3.6	Dimensionamento de eletrodutos	31
3.3.7	Padrão de entrada	32
4	RESULTADOS	34
4.1	Projeto elétrico	34
4.2	Padrão de entrada	39
4.3	Lista de materiais	40
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
	REFERÊNCIAS	43
6	APÊNDICES	44

1 INTRODUÇÃO

Embora estudada e experimentada desde a antiguidade, apenas nos séculos XVIII e XIX com Benjamin Franklin, Alessandro Volta, André-Marie Ampère, Michael Faraday, Nikola Tesla e outros que os fundamentos da eletricidade começaram a ser compreendidos de forma mais ordenada.

Na vida cotidiana a importância da eletricidade fica cada vez mais evidente com o surgimento de aparelhos que proporcionam maior conforto e praticidade no dia a dia. Além disso, é indispensável para garantir serviços de necessidade básica. Como alimentação de equipamentos essenciais, abastecimento de água, armazenamento de alimentos, climatização etc.

No entanto, sua utilização de forma equivocada pode apresentar riscos a segurança. Por isso, são previstas requisitos e condições mínimas de controle e sistemas preventivos, para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam com instalações e serviços elétricos. Conforme previsto pela Norma Regulamentadora (NR) 10. (FEDERAL, 2018)

Parte daí, a importância de um projeto elétrico bem elaborado e em conformidade com as normas vigentes afim de garantir a integridade dos materiais, a segurança na execução da obra e de quem irá utilizar a energia elétrica, além de obter economia financeira com dimensionamento correto e livrando-se de possíveis perdas. O projeto elétrico é a previsão escrita da instalação, com todos os seus detalhes, a localização dos pontos de utilização da energia elétrica, os comandos, trajeto dos condutores, divisão em circuitos, a seção dos condutores, os dispositivos de manobra, a carga de cada circuito, carga total etc. (CREDER, 2016)

No âmbito escolar, dados do Censo Escolar de 2022 mostram que, na educação infantil, mais de 119 mil crianças estariam matriculadas em escolas que não apresentam estruturas adequadas. O estudo considerou como requisitos de infraestrutura elementos essenciais como abastecimento de água e de energia, acesso a internet, material pedagógico, biblioteca, cozinha, entre outros. (SENADO, 2022)

Além da falta de infraestrutura adequada existem ainda unidades que não contam sequer, com energia elétrica. Segundo dados da Agência nacional de Telecomunicações (ANATEL), no Brasil em 2022 existem 3,4 mil escolas (2.5%) nessas condições e ainda

cerca de 9,5 mil (6,8%) sem acesso à internet e 46,1 mil (33,2%) sem laboratório de informática. (GAPE, 2023)

Na Paraíba, existem 5 instituições sem energia elétrica e 932 escolas sem acesso a internet, segundo levantamento feito pela Associação dos Membros dos Tribunais de Contas do Brasil (ATRICON) com base no Censo Escolar. (DUNDER, 2022)

Portanto, este trabalho propõe um desenvolvimento de projeto elétrico que atenda as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e readeque a escola para garantir boas e seguras condições de aprendizado, e futuras melhorias de equipamentos.

A escola objeto de estudo do trabalho conta com uma boa infraestrutura com acessibilidade, cozinha, refeitório, sala de leitura e sala de informática.

1.1 MOTIVAÇÃO

Acidentes já foram registrados sob condições de falta de estruturas adequadas. Em 2022 600 mortes foram registradas por acidentes elétricos. No ambiente escolar, em 2012, um adolescente de 12 anos pisou em um fio desencapado e morreu. Em 2015, outro acidente fatal foi registrado, dessa vez no bebedouro. No mesmo ano, um adolescente sofreu um choque na quadra poliesportiva durante uma aula de educação física, felizmente sobreviveu. (ABRACOPEL, 2017)

Na Bahia, estudante recebe descarga elétrica após encostar em grade de ferro dentro escola, em 2018. (G1, 2018)

Fios desprotegidos, circuitos desbalanceados, má distribuição de tomadas, iluminação precária, equipamentos em má condições, são algumas situações facilmente encontradas em escolas públicas com infraestrutura inadequada.

Além de que, instituições de ensino são sempre alvo de investimentos governamentais. Seja na criação de novas estruturas (laboratórios, refeitórios etc) ou na aquisição de novos equipamentos. Daí a importância de um projeto elétrico atualizado as necessidades do ambiente e em conformidade com as normas de segurança.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral elaborar um projeto elétrico de uma escola que atenda necessidades atuais e futuras obedecendo as regulamentações vigentes e servindo como referência para reformas em escolas do mesmo nível estrutural.

Foram definidos como objetivos específicos para o estudo de caso na escola EEEFM Professora Maria Bronzeado Machado, localizada em João Pessoa, na Paraíba, os seguintes:

- Apresentar o projeto elétrico em conformidade com as normas vigentes para prover segurança a quem utiliza;
- Projetar infraestrutura adequada e balanceada para cada ambiente;
- Assegurar condições de infraestrutura elétrica adequada;
- Considerar as necessidades de acessibilidade;
- Reduzir perdas elétricas e má funcionamento de equipamentos.

Considerando as Normas de Distribuição Unificadas (NDU) da concessionária de energia Energisa, em vigor no estado da Paraíba.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No decorrer desse capítulo serão apresentados os conceitos e normas necessários para embasar o conhecimento teórico utilizado no desenvolvimento do trabalho.

2.1 CONCEITOS ELÉTRICOS

A seguir são apresentadas as definições dos termos utilizados ao longo do trabalho.

Termos	Definições
Circuito elétrico	É a interconexão de elementos elétricos. (ALEXANDER C.; SADIKU, 2013)
Tensão elétrica	Também conhecida como diferença de potencial, é a capacidade de uma carga realizar trabalho. Sua unidade é o Volt (V). (GUSSOW, 2009)
Corrente elétrica	É o deslocamento de cargas dentro de um condutor quando existe uma diferença de potencial elétrico entre suas extremidades. Medido em ampères (A). (CREDER, 2016)
Potência elétrica	É a velocidade com que se consome ou absorve energia. É dividida em três tipos, potência ativa, reativa e aparente. (ALEXANDER C.; SADIKU, 2013)
Potência ativa	Potência real liberada por uma carga, a única potência útil, representada pela letra P e medida em Watt (W). (ALEXANDER C.; SADIKU, 2013)
Potência reativa	É uma medida de troca de energia entre a fonte a parte reativa da carga. Matematicamente, a parte imaginária da potência, representada pela letra Q e medida em Volt-Ampère Reativo (VAR). (ALEXANDER C.; SADIKU, 2013)
Potência aparente	É a soma fasorial da potência ativa e reativa, representada pela letra S e medida em Volt-Ampère (VA). (CREDER, 2016)
Fator de potência	É o cosseno da diferença de fase entre tensão e corrente. Em outras palavras, pode ser visto como aquele fator pelo qual a potência aparente deve ser multiplicada para se obter a potência média ou real. (CREDER, 2016)

2.2 ABNT NBR 5410

A Norma Brasileira 5410 (ABNT, 2004) estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, especificamente, aos circuitos elétricos alimentados sob tensão nominal igual ou inferior a 1 000 V em corrente alternada (CA), com frequências inferiores a 400 Hz, ou a 1 500 V em corrente contínua (CC), a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens.

2.3 PROJETO ELÉTRICO

O projeto é a previsão escrita da instalação, com todos os seus detalhes, a localização dos pontos de energia, os comandos, os trilhos dos condutores, a divisão em circuitos, a seção dos condutores, os dispositivos de manobra, a carga de cada circuito, a carga total etc. (CREDER, 2016)

Para formulação do projeto elétrico é fundamental ter em mãos o projeto arquitetônico do local contendo planta baixas, cotas, alturas de pé direito e o maior número de informações que agreguem a melhor distribuição dos pontos de iluminação e tomadas. Também é preciso saber informações acerca da estimativa de carga máxima do local, a localização da rede mais próxima da concessionária para melhor posicionamento do padrão de entrada, e quais as características do atendimento para interligar o cliente na rede de distribuição e especificar o seu ramal (aéreo ou subterrâneo).

Após colhidas as informações, inicia-se o dimensionamento da instalação elétrica que engloba várias etapas: previsão de cargas (iluminação e tomadas), cálculo da demanda e tipo de fornecimento, divisão da instalação em circuitos, dimensionamento dos condutores, das proteções e dos eletrodutos. (CERVELIN S.; CAVALIN, 2008)

2.3.1 Previsão de cargas

Tendo em vista que todas as análises anteriores são etapas pré-projeto, a previsão das cargas é a primeira etapa do projeto elétrico. Nessa etapa, são definidas as potências, a quantidade e a localização de todos os pontos. É preciso considerar as potências nominais dos equipamentos que serão utilizados em cada ambiente. Para assim, sabermos a demanda necessária de energia elétrica que será solicitada junto a concessionária.

2.3.2 Divisão de circuitos

A instalação deve ser dividida em tantos circuitos quantos necessários, devendo cada circuito ser concebido de forma a poder ser seccionado sem risco de realimentação inadvertida através de outro circuito.

2.3.3 Linhas elétricas

São os condutores elétricos que conduzem a corrente elétrica dentro de uma instalação elétrica de baixa tensão. Para seleção e instalação das linhas elétricas leva-se em consideração o tipo de revestimento do condutor utilizado e o meio que vai ser instalado.

2.3.4 Condutores

A função do fio condutor é de conectar a fonte de tensão a uma resistência de carga. (GUSSOW, 2009) Em outras palavras, na instalação elétrica é o meio físico de transporte de energia, do ponto de geração até o consumo.

Os condutores utilizados nas instalações residenciais, comerciais ou industriais de baixa tensão poderão ser de cobre ou de alumínio, com isolamento de cloreto de polivinil (PVC) ou de outros materiais previstos por normas, como borracha etileno propileno (EPR) ou polietileno reticulado (XLPE). (CREDER, 2016)

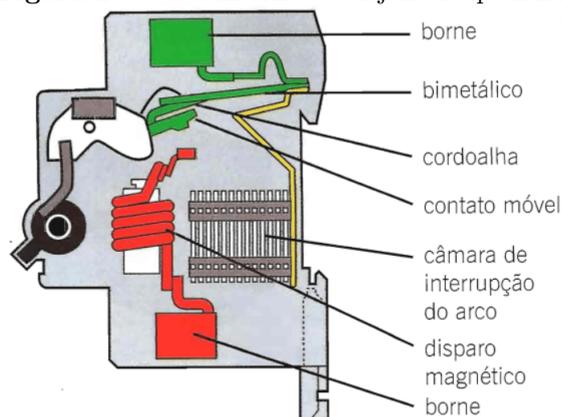
2.3.5 Sistema de proteção

Os dispositivos de proteção tem como função proporcionar a segurança na rede elétrica, proteger os condutores, equipamentos e evitar acidentes com choques elétricos a quem a utiliza.

Podem ser classificados como dispositivos de proteção contra sobrecorrentes (sobrecarga e curto-circuito) e proteção contra choques elétricos.

2.3.5.1 Disjuntor termomagnético

O disjuntor termomagnético é um dispositivo mecânico de manobra e proteção que interrompe correntes até centenas de vezes maior que a corrente nominal no menor tempo possível. É facilmente encontrado em sistemas de proteção e cumpre três funções básicas: manobra manual (por ser um dispositivo mecânico), proteção de equipamentos contra correntes de sobrecarga e proteção de fiação contra correntes de curto circuito. A Figura 1 mostra a vista interna do dispositivo.

Figura 1 – Vista interna do disjuntor tipo DIN

Fonte: Merlin Gerin

2.3.5.2 Disjuntor Diferencial Residual

O disjuntor diferencial residual (DR), exibido na Figura 2 é utilizado para detecção de fugas de correntes no sistema elétrico e tem como principal função proteger as pessoas contra choques elétricos.

A NBR5410 estabelece que, obrigatoriamente, todas as instalações elétricas devem possuir no sistema de proteção um dispositivo diferencial-residual de alta sensibilidade que deve detectar qualquer corrente residual superior a 30 mA.

Figura 2 – Disjuntor diferencial residual de 40A e 80A

Fonte: BHS Eletrônica, 2025

2.3.6 Quadro de distribuição

O quadro de distribuição é o centro de distribuição de toda a instalação elétrica, ou seja, é o local onde se instalam os dispositivos de proteção, manobra e comando. Deve ser instalado observando-se os seguintes critérios: (CERVELIN S.; CAVALIN, 2008)

1. Em locais seguros (não permitindo acesso de terceiros), de fácil acesso para maior funcionalidade da instalação e precisa ser provido de indentificação do lado externo legível e não facilmente removível;
2. Possuir "proximidade geométrica das cargas", ou seja, uma simetria entre as cargas da instalação;

3 Metodologia

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada para elaborar um projeto elétrico de uma escola pública utilizando os critérios e condições técnico-operacionais da norma NBR 5410.

3.1 Estrutura escolar

A escola possui dez salas de aula, biblioteca, sala de informática, diretoria, sala de arquivos, sala de professores, coordenação, secretaria, almoxarifado, despensa, banheiros acessíveis, guarda utensílios, sala de gás, de lixo, cozinha e refeitório. Sua planta arquitetônica, que representa a estrutura escolar no ano em que foi obtida, em 2023, pode ser visualizada no Apêndice 15.

3.2 ABNT NBR 5410

Para um projeto, na concepção de uma instalação elétrica devem ser determinadas as seguintes características:

1. Utilização prevista e demanda;
2. Esquema de distribuição;
3. Alimentações disponíveis;
4. Necessidade de serviços de segurança e de fontes apropriadas;
5. Exigências quanto à divisão da instalação;
6. Influências externas às quais a instalação for submetida;
7. Riscos de incompatibilidade e de interferências;
8. Requisitos de manutenção.

Além disso, a instalação deve ser executada a partir do projeto específico, que deve conter, no mínimo:

1. Plantas;

2. Esquemas unifilares e outros, quando aplicáveis;
3. Detalhes de montagem, quando necessários;
4. Memorial descritivo da instalação;
5. Especificação dos componentes (descrição, características nominais e normas que devem atender);
6. Parâmetros de projeto (correntes de curto-circuito, queda de tensão, fatores de demanda considerados, temperatura ambiente, etc.).

Após concluída a instalação, a documentação indicada deve ser revisada e atualizada de forma a corresponder fielmente ao que foi executado (documentação "como construído", ou "*as built*"). (ABNT, 2004)

3.3 Projeto elétrico

Para análise preliminar da situação do local foi disponibilizado, via *software* Autodesk AutoCAD 2023, a planta baixa e arquitetônica com as dimensões em metros do local, representada no Apêndice 15. Para os componentes elétricos foram utilizadas as simbologias apresentadas na Figura 3.

Figura 3 – Elementos que compõem o projeto elétrico e sua simbologia

LEGENDA	
	LÂMPADA DE TETO DE TUBO PERPENDICULAR AO CIRCUITO E COM CONEXÃO NO INTERRUPTOR
	INTERRUPTOR SIMPLES DE UMA SEÇÃO
	INTERRUPTOR SIMPLES DE DUAS SEÇÕES
	INTERRUPTOR SIMPLES DE TRÊS SEÇÕES
	TOMADA MONOFÁSICA BAIXA
	TOMADA MONOFÁSICA MÉDIA
	TOMADA MONOFÁSICA ALTA
	QUADRA DE DISTRIBUIÇÃO
	CONDUTOR TRIFÁSICO
	CONDUTOR HELIFÁSICO
	CONDUTOR DE POTÊNCIA DO PONTO DE ILUMINAÇÃO
	CONDUTOR TERRA
	ELETRODUTO EMBUTIDO NO TETO
	ELETRODUTO EMBUTIDO NA PAREDE
	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO MONOPOLAR
	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR
	DISJUNTOR RESIDUAL
	INTERRUPTOR COM CHAVE DE CORRENTE

Fonte: Autoral, 2023

3.3.1 Previsão de cargas

É o processo de definir a demanda elétrica que será necessária para alimentar todos os equipamentos da instalação. Parte dessa etapa o dimensionamento correto dos condutores do sistema de proteção.

3.3.1.1 Iluminação

As cargas de iluminação devem ser determinadas de acordo com a ABNT NBR 5413. Essa Norma estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras.

Como alternativa à aplicação da ABNT NBR 5413, pode ser adotado o seguinte critério:

1. Em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m^2 , deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA;
2. Em cômodos ou dependências com área superior a 6 m^2 , deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m^2 , acrescida de 60 VA para cada aumento de 4 m^2 inteiros. (ABNT, 2004)

Os valores apurados correspondem à potência destinada à iluminação para efeito de dimensionamento dos circuitos, e não necessariamente à potência nominal das lâmpadas a serem utilizadas. (ABNT, 2004)

3.3.1.2 Tomadas de uso geral

O número de pontos de tomada deve ser determinado em função da destinação do local e dos equipamentos elétricos que podem ser aí utilizados, observando-se no mínimo os seguintes critérios: (ABNT, 2004)

1. Em banheiros, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada, próximo ao lavatório;
2. Em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, cozinha-área de serviço, lavanderias e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada para cada $3,5 \text{ m}$, ou fração, de perímetro, sendo que acima da bancada da pia devem

ser previstas no mínimo duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos distintos;

3. Em varandas, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada;
4. Em salas e dormitórios devem ser previsto pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível;
5. Em cada um dos demais cômodos ou dependências de habitação devem ser previstos pelo menos:
 - a) Um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for igual ou inferior a 2,25 m². Admite-se que esse ponto seja posicionado externamente ao cômodo ou dependência, a até 0,80 m no máximo de sua porta de acesso;
 - b) Um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for superior a 2,25 m² e igual ou inferior a 6 m²;
 - c) Um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, se a área do cômodo ou dependência for superior a 6 m², devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível. (ABNT, 2004)

3.3.1.2.1 Potências das tomadas de uso geral

Ainda conforme a NBR 5410, a potência a ser atribuída a cada ponto de tomada se deve em função dos equipamentos que ele poderá vir a alimentador e não deve ser inferior aos seguintes valores mínimos:

1. 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;
2. Nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por ponto de tomada. (ABNT, 2004)

3.3.1.3 Tomadas de uso específico

Todo ponto de utilização previsto para alimentar, de modo exclusivo ou virtualmente dedicado, equipamento com corrente nominal superior a 10 A deve constituir um circuito independente.

Os pontos de tomada de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos devem ser atendidos por circuitos exclusivamente destinados à alimentação de tomadas desses locais. Devem ser instalados no máximo a 1,5 m do local previsto para o equipamento a ser alimentado. (ABNT, 2004)

3.3.2 Divisão de circuitos

Os circuitos devem ser distribuídos de modo a assegurar o melhor equilíbrio de cargas entre as fases. Além disso, a NBR 5410 determina que um circuito independente deve ser previsto para iluminação e para pontos de utilização de aparelhos com corrente nominal superior a 10 A. Os pontos de tomada de cozinhas e locais análogos também devem ser atendidos por circuitos independentes. E, os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização que alimentam.

Devem ser consideradas também as necessidades futuras. As ampliações previsíveis devem se refletir não só na potência de alimentação, mas também na taxa de ocupação dos condutos e dos quadros de distribuição.

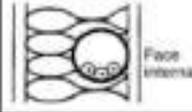
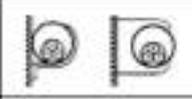
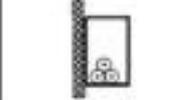
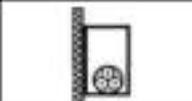
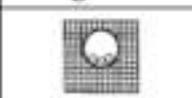
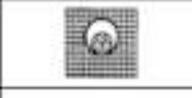
A divisão da instalação deve atender às seguintes exigências:

1. Segurança - por exemplo, evitando que falha em um circuito prive de alimentação toda uma área;
2. Conservação de energia - por exemplo, possibilitando que cargas da iluminação e/ou de climatização sejam acionadas na justa medida das necessidades;
3. Funcionais - por exemplo, viabilizando a criação de diferentes ambientes, como os necessários em auditórios, salas de reuniões, espaços de demonstração, recintos de lazer, etc;
4. De produção - por exemplo, minimizando as paralizações resultantes de uma ocorrência;
5. De manutenção - por exemplo, facilitando ou possibilitando ações de inspeção e de reparo. (ABNT, 2004)

3.3.3 Linhas elétricas

Alguns dos diversos tipos de linhas elétricas de acordo com a NBR 5410 são apresentados na Figura 4 abaixo:

Figura 4 – Tipos de linhas elétricas

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A1
2		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 espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado 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 espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
11A		Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto	C

Fonte: NBR 5410, 2004 (Versão corrigida em 2008)

3.3.4 Dimensionamento de condutores

A NBR 5410 estabelece que qualquer condutor deve ser isolado e identificado conforme sua função. Em caso de identificação por cor, deve ser usada a cor azul-clara na

isolação do condutor neutro, a cor verde ou dupla coloração verde-amarela no condutor de proteção, a cor preta para retorno e qualquer outra cor para a fase.

Antes de dimensionar os condutores é preciso decidir a maneira de instalação das linhas elétricas do circuito, conforme Figura 4.

A partir daí e do conhecimento da demanda, é possível determinar as correntes nominais (I_n) de cada circuito através da equação 3.1:

$$I_n = \frac{S_T}{V} \quad (3.1)$$

onde S_T é a potência aparente total do circuito e V a tensão de fase do circuito.

A norma determina que a seção dos condutores deve ser determinada de forma que sejam atendidos, no mínimo, os seguintes critérios:

1. Seção mínima;
2. Capacidade de condução de corrente;
3. Queda de tensão.

3.3.4.1 Seção mínima dos condutores - condutor fase

A seção dos condutores de fase, em circuitos de corrente alternada, e dos condutores vivos, em circuitos de corrente contínua, não deve ser inferior ao valor pertinente dado na Figura 5.

Figura 5 – Seção mínima dos condutores de fase

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm ² - material
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força ²⁾	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu ³⁾
	Condutores nus	Circuitos de força	10Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu
Linhas flexíveis com cabos isolados		Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
		Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu ⁴⁾
		Circuitos a extra-baixa tensão para aplicações especiais	0,75 Cu

¹⁾ Seções mínimas ditadas por razões mecânicas
²⁾ Os circuitos de tomadas de corrente são considerados circuitos de força.
³⁾ Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².
⁴⁾ Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais vozes é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².

Fonte: NBR 5410, 2004 (Versão corrigida em 2008)

3.3.4.2 Seção mínima dos condutores - condutor neutro

A função do condutor neutro, num sistema elétrico de distribuição secundária (BT), é equilibrar e proteger o sistema elétrico. Para esse condutor, são determinações da NBR 5410:

1. O condutor neutro não pode ser comum a mais de um circuito;
2. O condutor neutro de um circuito monofásico deve ter a mesma seção do condutor de fase.
3. Num circuito trifásico com neutro e cujos condutores de fase tenha seção superior a 25 mm², a seção do condutor neutro pode ser inferior à dos condutores de fase, sem ser inferior aos valores indicados na Figura 6.

Figura 6 – Seção mínima do condutor 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: NBR 5410, 2004 (Versão corrigida em 2008)

3.3.4.3 Capacidade de condução de corrente

Esse método leva em consideração dois efeitos térmicos provocados nos componentes pela passagem de corrente elétrica em condições normais, que depende da natureza do material e do meio. A tabela representada na Figura 7 fornece as capacidades de condução de corrente de acordo com os métodos escolhidos de instalação no projeto e quantidade de condutores carregados do circuito. Para o projeto mencionado foi utilizado o critério B1.

Figura 7 – Capacidades de condução de corrente, em ampères, de acordo com o método de instalação e número de condutores carregados.

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

Fonte: NBR 5410, 2004 (Versão corrigida em 2008)

Primeiro, a norma estabelece que o valor da corrente nominal deve ser corrigido por dois fatores de correção. O fator de correção de temperatura (F_{CT}) que considera a temperatura ambiente, desde que diferente de 30°C, do meio onde os condutores estão instalados considerando-os carregados. E pelo fator de correção de agrupamento (F_{CA}) que considera os vários circuitos instalados no mesmo eletroduto. As tabelas que contém os valores utilizados para correção estão representadas na Figuras 8 e 9.

Figura 8 – Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C

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

Fonte: NBR 5410, 2004 (Versão corrigida em 2008)

Figura 9 – Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados

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 e F)

Fonte: NBR 5410, 2004 (Versão corrigida em 2008)

O valor corrigido da corrente nominal corrigida ($I_{n'}$) é descrito pela Equação 3.2:

$$I_{n'} = \frac{I_n}{F_{CA} \times F_{CT}} \quad (3.2)$$

A norma prevê a seção mínima dos condutores conforme o tipo de instalação, a seção do condutor neutro e a seção mínima do condutor de proteção.

3.3.4.4 Queda de tensão

Para não prejudicar o funcionamento dos equipamentos conectados a rede, a queda de tensão em qualquer ponto não deve ser superior aos seguintes valores:

1. 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s);
2. 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado;

3. 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição;
4. 7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio.

Para o cálculo da queda de tensão unitária (ΔV_{unit}) num circuito deve ser utilizada a corrente de projeto do circuito (I_p) através da equação 3.3 abaixo:

$$\Delta V_{unit} = \frac{e(\%)V_n}{I_p(l)} \quad (3.3)$$

onde $e(\%)$ é a queda de tensão máxima admissível no trecho, l o comprimento do trecho, em quilômetros e V_n a tensão nominal.

Para o cálculo da queda de tensão trecho a trecho ($\Delta e(\%)$), existe a equação 3.4:

$$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_n(I_p)l(100)}{V_n} \quad (3.4)$$

3.3.5 Dimensionamento de proteção

O sistema de proteção deve ser dimensionado de forma que:

$$I_{n'} \leq I_p \leq I_z \quad (3.5)$$

onde:

$I_{n'}$ = Corrente nominal do circuito corrigida

I_p = Corrente nominal de proteção

I_z = Capacidade de condução de corrente dos condutores

3.3.6 Dimensionamento de eletrodutos

Os eletrodutos são materiais usados na proteção mecânica de cabos elétricos em todos os tipos de instalações de baixa tensão e de acordo com a NBR 5410 são os únicos acessórios permitidos para essa finalidade.

Para seu dimensionamento correto é necessário avaliar a quantidade de circuitos e cabos que passarão pelo equipamento, a seção dos condutores e a taxa de ocupação. A Norma estabelece o espaço máximo do eletroduto que pode ser ocupado:

0.92 em razão da demanda total afim de obter a potência total aparente do circuito, e com isso, dimensionar os condutores e proteção do quadro geral de distribuição.

$$S(kVA) = D(kW)/0.92 \tag{3.6}$$

onde:

S = Potência aparente

D = Demanda total considerando os fatores de demanda

Figura 11 – Fatores de demanda para iluminação e pequenos aparelhos

Descrição	Carga Instalada (kW)	Fator de Demanda (%)
Residência	0 = C ≤ 1	86
	1 = C ≤ 2	75
	2 = C ≤ 3	66
	3 = C ≤ 4	59
	4 = C ≤ 5	52
	5 = C ≤ 6	45
	6 = C ≤ 7	40
	7 = C ≤ 8	35
	8 = C ≤ 9	31
	9 = C ≤ 10	27
10 = C ≤ 75	24	
Restaurante e Similares	-	86
Loja e Similares	-	86
Igreja e Similares	-	86
Hospital e Similares	para os primeiros 50 kW	40
	para o que exceder de 50 kW	30
Hotel e Similares	para os primeiros 20 kW	50
	para os seguintes 80 kW	40
para o que exceder de 100 kW	30	
Garagem, Área de Serviço e Similares	-	86
Escritório	para os primeiros 20 kW	86
	para o que exceder de 20 kW	70
Escola e Similares	para os primeiros 12 kW	86
	para o que exceder de 12 kW	70

Fonte: NDU 001, 2024

4 Resultados

Nesta seção será apresentado o projeto elétrico, bem como seus dados e valores de referência. Foram utilizados, além de toda fundamentação teórica exposta na seção anterior, os *softwares Excel e AutoCad* para elaboração do projeto.

4.1 Projeto elétrico

A partir da análise da planta baixa do local é possível dar início as previsões de cargas, divisão de circuitos, cálculo de demanda e demais dimensionamentos necessários.

A Tabela 1 abaixo mostra um resumo de todos os ambientes do local.

Tabela 1 – Dimensões dos ambientes da escola

Ambiente	Área (m ²)	Perímetro (m)
Diretoria	14,55	15,7
Arquivo	18,43	17,3
Coordenação	23,77	19,5
Sala dos professores	19,8	19,2
Secretaria	15,6	16,4
Almoxarifado	5,61	10
Despensa	5,36	9,7
Guarda utensílios	3,66	7,7
DML	2,3	6,1
WC	2,38	6,2
Cozinha	26	25,8
Lixo	1,57	5,04
Gás	1,72	5,26
Pátio	151,23	49,2
WC F	28,86	21,6
WC M	28,86	21,6
Biblioteca	46,61	27,6
Sala de informática	46,61	27,6
Salas 1 a 10	46,61	27,6

Fonte: Autoral, 2023

Em seguida, é feita a quantificação do projeto. Etapa que realiza o levantamento da previsão de cargas (Tabela 2) de cada ambiente com base nos critérios adotados pela NBR 5410 previamente apresentados.

Tabela 2 – Previsão de cargas

Ambiente	Iluminação		TUG		TUE		Descrição
	Qtd.	Pot.	Qtd.	Pot.	Qtd.	Pot.	
Diretoria	1	100	3	100	1	1400	AC 10000 BTU
	2	60					
Arquivo	2	80	3	100	-	-	-
	2	60					
Coordenação	1	100	4	100	1	1700	AC 12000 BTU
	4	60					
Sala dos prof.	2	80	4	100	1	1700	AC 12000 BTU
	2	60					
Secretaria	1	100	3	100	1	1400	AC 10000 BTU
	2	60					
Almoxarifado	1	100	1	100	-	-	-
Despensa	1	100	1	100	-	-	-
Guarda utensílios	1	100	1	100	-	-	-
DML	1	100	1	100	-	-	-
WC	1	100	1	600	-	-	-
Cozinha	5	80	2	600	3	250	Ventilador
			5	100			
Lixo	1	100	-	-	-	-	-
Gás	1	100	-	-	-	-	-
Pátio	20	100	5	100	1	200	Bebedouro
	1	80					
	3	60					
WC F	1	100	1	600	-	-	-
	4	90					
WC M	1	100	1	600	-	-	-
	4	90					
Biblioteca	4	100	4	100	4	250	Ventilador
	2	90					
	2	60					
Sala de infor.	4	100	2	100	4	250	Ventilador
	2	90			6	300	Computador

A partir daqui, a divisão dos circuitos passa a ser feita de acordo com o quadro de distribuição de cada área da escola. Sendo dividido em cinco áreas considerando suas proximidades. O quadro de distribuição 01 abrange a área administrativa e de controle da escola. O quadro 02 as áreas do pátio e banheiros sociais. Os quadros 03, 04 e INF englobam as salas de aula, de informática e biblioteca.

Ao longo do trabalho serão apresentados os dados referentes ao QD-01, todos os demais quadros serão indicados nos apêndices.

Tabela 3 – Descrição de circuitos - QD 01

Tipo	Circuito	Tensão (V)	Local	Qtd.	Pot.	Pot. Total	I_n (A)	Fase
Iluminação	1	220	Diretoria	3	220	1340	6,09	B
			Arquivo	4	280			
			Coordenação	5	340			
			Sala dos prof.	4	280			
			Secretaria	3	220			
T.U.G.	2	220	Diretoria	3	300	1700	7,73	C
			Arquivo	3	300			
			Coordenação	4	400			
			Sala dos prof.	4	400			
			Secretaria	3	300			
T.U.E. (AC)	3	220	Diretoria	1	1400	1400	6,36	C
T.U.E. (AC)	4	220	Coordenação	1	1700	1700	7,73	A
T.U.E. (AC)	5	220	Sala dos prof.	1	1700	1700	7,73	B
T.U.E. (AC)	6	220	Secretaria	1	1400	1400	6,36	A
Iluminação	7	220	Circulação	16	1120	1120	5,09	A

Carga inst.

10360 W

Fonte: Autoral, 2023

Com a definição e divisão dos circuitos, é possível obter a corrente nominal (I_n) de cada um através da Equação 3.1 já apresentada.

Ainda nesta etapa é possível utilizar da metodologia previamente apresentada e determinar as seções dos condutores e o dimensionamento do sistema de proteção dos circuitos. É preciso considerar os fatores de correção de temperatura e agrupamento mencionados na norma e nas Figuras 8 e 9 para obter a corrente nominal corrigida ($I_{n'}$), a corrente nominal de proteção (I_p) e a capacidade de condução de corrente dos condutores (I_z). A corrente nominal corrigida foi descrita na Equação 3.2.

Como critério de dimensionamento foi considerado o fator de correção de temperatura 1, que corresponde a ambientes com aproximadamente 30°C e para o disjuntor

0,87 que corresponde a 40°C.

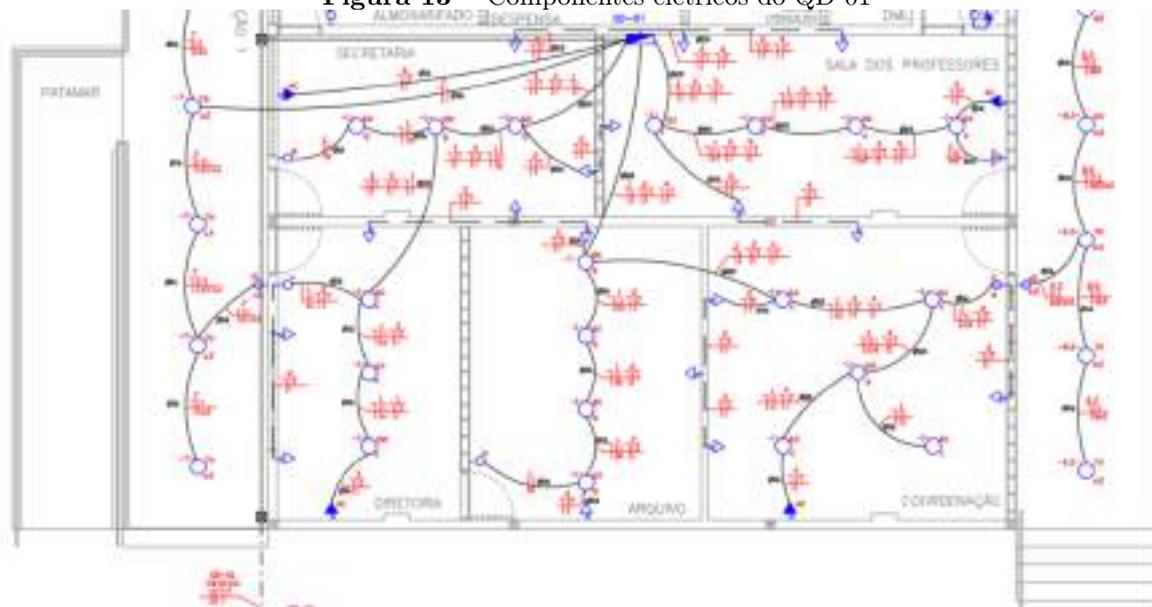
Tabela 4 – Dimensionamento de condutores e proteção do QD-01

Tipo	Circuito	I_n	FCA	$I_{n'}$	Seção nominal (mm ²)	Proteção (A)	I_{ccc}	I_z	I_d
Iluminação	1	6,09	0,7	8,7	1,5	10	17,5	12,25	10
T.U.G.	2	7,73	0,7	11,04	2,5	16	24	16,8	12,69
T.U.E. (AC)	3	6,36	0,7	9,09	2,5	10	24	16,8	10,45
T.U.E. (AC)	4	7,73	0,7	11,04	2,5	16	24	16,8	12,69
T.U.E. (AC)	5	7,73	0,7	11,04	2,5	16	24	16,8	12,69
T.U.E. (AC)	6	6,36	0,8	7,95	2,5	10	24	19,2	9,14
Iluminação	7	5,09	0,8	6,36	1,5	10	17,5	14	7,31

Fonte: Autoral, 2023

Com os caminhos traçados, bitolas e todos os circuitos definidos, mostrados na Figura 13, é possível dimensionar os eletrodutos. Para isso, foram utilizados os critérios de dimensões totais dos condutores e a ocupação máxima permitida por norma dos eletrodutos.

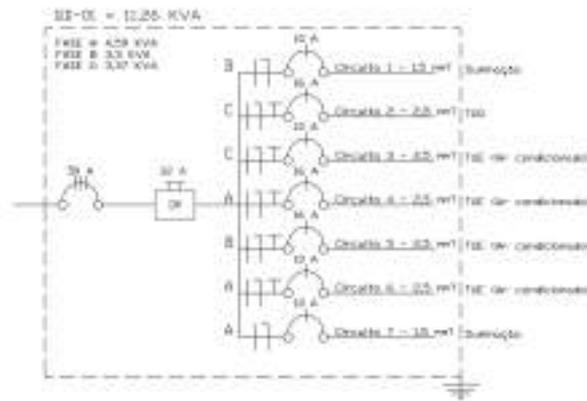
Figura 13 – Componentes elétricos do QD-01



Fonte: Autoral, 2023

O diagrama unifilar do QD-01 apresentado na Figura 14 representa graficamente de forma simplificada os dimensionamentos obtidos para o sistema elétrico.

Figura 14 – Diagrama unifilar do QD-01



Fonte: Autoral, 2023

4.2 Padrão de entrada

A próxima etapa do projeto de baixa tensão é a conexão do sistema elétrico com a concessionária. Essa conexão com o quadro de distribuição geral pode ser através de ramal aéreo ou subterrâneo.

A fim de obter o tipo e categoria do cliente para atendimento junto a concessionária, é feito o cálculo de demanda apresentado na Equação 4.1 com os valores já obtidos ao longo do trabalho.

$$D(kw) = d1 + d2$$

$$d1 = (17,72 + 10,7) = 28,42 \rightarrow (12/0,86) + (16,42/0,5) = 46,79kW$$

$$d2 = 20,95kW$$

$$D(kw) = 46,79 + 20,95 = 67,74kW$$

onde:

$d1$ = Demanda de iluminação e tomadas considerando fator de demanda

$d2$ = Demais demandas

Com isso, temos a potência aparente:

$$S(kVA) = 67,74/0,92 = 73,63kVA \quad (4.1)$$

Com os critérios da concessionária e com auxílio da Tabela representada na Figura

15 é possível estabelecer a categoria T5 para a escola com ramal de ligação multiplex trifásico 3x1x70+35 mm² entre o ponto de derivação da rede da concessionária e o ponto de entrega e ramal de entrada embutido e subterrâneo com 3#50(35) mm² do ponto de entrega até o sistema de proteção e medição e aterramento de 35 mm².

Figura 15 – Dimensionamento das categorias de atendimento 380/220 V

Estatagem	Número de fós	Número de fós	Derivação	Carga instalada	Condutores								Aterramento			Medição		Poste		Tipo Categoria
					Ramal de conexão (A)			Ramal de entrada Embutido e Subterrâneo (Cobres)					Condutor Aterramento	Medida para aterramento	Espessura ferrugem	Instalação subterrânea		Poste		
					Condutor neutro fase	Condutor condutor (fase)	Condutor neutro	Barra de PVC 30°C		MDR (HDPE) 90°C						140mm	140	140	140	
								Condutor fase	Condutor neutro	Condutor fase	Condutor neutro	Condutor fase	Condutor neutro							
AWG	AWG	AWG	AWG	AWG	AWG	AWG	AWG	AWG	AWG	AWG	AWG	AWG	AWG	AWG	AWG	AWG	AWG			
Residência	R1	2	1	B + C ≤ 6,0	10	10	10	8	8	8	8	6	50/33	314"	100	80	CM-01			
	R2			6,0 + C ≤ 11,0	10	10	10	10	10	8	8	6 ou 3P	30	314"						
	R3			11,0 + C ≤ 22,0	16	16	16	10	10	10	10	10 ou 10P	70	1"						
Edifício	R4	3	2	B + C ≤ 17,0	10	N.A.	10	10	10	10	10	50	314"	100	90	75				
	R5			17,0 + C ≤ 22,0	16	16	16	10 (16)	10 (16)	10 (16)	10 ou 10P	60/53	1"							
	R6			22,0 + C ≤ 25,3	25	25	25	16	16	16	16	70	1 1/4"							
Trifásico	T1	4	3	B + C ≤ 26,1	10	N.A.	10	10	10	8	8	6 ou 3P	80	314"	100	80	CM-02			
	T2			26,1 + C ≤ 32,6	16	16	16	10	10	10	16	90	1"							
	T3			32,6 + C ≤ 46,1	25	25	25	16 (25)	16 (25)	16 (25)	16	70	1 1/4"							
	T4			46,1 + C ≤ 65,8	35	35	35	25	25	25	25	100	1 1/2"							
T5	65,8 + C ≤ 81,3	70	70	70	35 (70)	35 (70)	35 (70)	25 (70)	125	2"	300	N.A.	N.A.	N.A.	OAD - BT 200					

Fonte: NDU 001, 2024

4.3 Lista de materiais

Por último, é apresentado uma tabela simplificada dos materiais necessários para o projeto.

Tabela 5 – Lista de materiais do projeto

Materiais	Quantidade	Unidade
Cabo 1,5mm ² isolação 0,75/1kV	1305	metros
Cabo 2,5mm ² isolação 0,75/1kV	1745	metros
Cabo 4mm ² isolação 0,75/1kV	945	metros
Caixa de inspeção p/ haste de terra	3	unidade
Caixa octogonal	215	unidade
DDR 25A Tetrapolar	1	unidade
DDR 32A Tetrapolar	4	unidade
Eletroduto flexível corrugado 16mm	530	unidade
Eletroduto flexível corrugado 20mm	320	unidade
Eletroduto flexível corrugado 25mm	35	unidade
Eletroduto rígido 25mm	35	unidade
Eletroduto rígido 40mm	65	unidade
Eletroduto rígido 60mm	25	unidade
Interruptor simples 1 seção	15	unidade
Interruptor simples 2 seções	25	unidade
Luminária para lâmpada	200	unidade
Luva para eletroduto flexível 16mm	105	unidade
Luva para eletroduto flexível 20mm	65	unidade
Luva para eletroduto flexível 25mm	7	unidade
Luva para eletroduto rígido 25mm	7	unidade
Luva para eletroduto rígido 40mm	15	unidade
Luva para eletroduto rígido 60mm	5	unidade
Quadro de distr. em chapa metálica 12 disj.	5	unidade
Quadro de medição, caixa CM 7 - ENERGISA	1	unidade
Tomada simples 2P+T 10A	116	unidade

Fonte: Autoral, 2023

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após uma análise referencial sobre os riscos e acidentes ocasionados por instalações elétricas inadequadas, foi utilizado um roteiro de elaboração de projetos elétricos apresentados na metodologia em conjunto com os métodos matemáticos expostos anteriormente na fundamentação teórica para desenvolver uma proposta de projeto elétrico focado na eficiência energética e nas demandas do ambiente escolar.

No seu desenvolvimento foi observado a necessidade de ter domínio na área estudada e nas normas técnicas utilizadas.

Os resultados obtidos com os cálculos do projeto garantiram a eficácia na segurança do sistema e na proteção dos seus consumidores, além de garantir maior vida útil aos materiais e equipamentos utilizados.

Tais fatos comprovam a importância de um planejamento elétrico para qualquer nova edificação que se integra ao sistema de distribuição, e além disso, um cronograma de manutenção corretiva e preventiva.

O fluxo e as propostas aqui apresentadas podem servir como referência para projetos de instalações elétricas em ambientes equivalentes.

Como sugestões para trabalhos futuros, é destacado um ambiente com maior estrutura escolar, contendo quadras poliesportivas, piscinas e laboratórios. O desenvolvimento de um projeto de sistema de proteção contra descargas atmosféricas. Projetos de eficiência energética como sensores de presença, ou até implementação de um sistema de geração própria com placas solares.

Como opção de complemento para o trabalho apresentado, vale citar o Trabalho de Conclusão de Curso - Projeto de iluminação interna de uma escola de ensino fundamental e médio utilizando a norma ABNR NBR ISO/CIE 8995-1 / Lucas Alves Trajano - 2023, onde é apresentado o projeto luminotécnico da escola EEEFM Professora Maria Bronzeado Machado.

REFERÊNCIAS

ABNT. *NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Corrigida em 17/03/2008*. [S.l.]: ABNT, 2004.

ABRACOPEL. *Início das aulas: tem perigo rondando nossas escolas!* 2017. Disponível em: <https://abracopel.org/blog/noticias/inicio-das-aulas-tem-perigo-rondando-nossas-escolas/?doing_wp_cron=1688742362.7881739139556884765625>.

ALEXANDER C.; SADIKU, M. *Fundamentos de Circuitos Elétricos, 5ª ed.* [S.l.]: AMGH, 2013.

CERVELIN S.; CAVALIN, G. *Instalações Elétricas Prediais*. [S.l.]: Base Livros Didáticos Ltda, 2008.

CREDER, H. *Instalações Elétricas, 15ª ed.* [S.l.]: LTC, 2016.

DUNDER, K. *Paraíba tem 110 escolas públicas sem banheiro, 106 sem água, 81 sem esgoto e 932 sem internet*. 2022. Disponível em: <<https://portalcorreio.com.br/paraiba-tem-110-escolas-publicas-sem-banheiro-106-sem-agua-81-sem-esgoto-e-932-sem-internet/>>.

FEDERAL, G. *NR 10 - SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE*. 2018. Disponível em: <<https://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr10.htm>>.

G1, B. *Estudante recebe descarga elétrica após encostar em grade de ferro dentro escola na Bahia; aulas são suspensas*. 2018.

GAPE. *Em 2022, Brasil registrou 9,5 mil escolas sem acesso à Internet*. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/anatel/pt-br/assuntos/noticias/em-2022-brasil-registrou-9-5-mil-escolas-sem-acesso-a-internet>>.

GUSSOW, M. *Eletricidade Básica, 2ª ed.* [S.l.]: Bookman, 2009.

SENADO, A. *Milhares de alunos estudam em escolas precárias, apontam debatedores*. 2022. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2022/10/17/milhares-de-alunos-estudam-em-escolas-precarias-apontam-debatedores>>.

6 APÊNDICES

Neste capítulo serão apresentadas Figuras e Tabelas produzidas pelo autor, com intuito de melhorar a compreensão do conteúdo exposto ao longo do trabalho.

APÊNDICE 1

Tabela 6 – Descrição de circuitos - QD 02

Tipo	Circuito	Tensão (V)	Local	Qtd.	Pot.	Pot. Total	I_n (A)	Fase
Iluminação	1	220	Pátio	24	2260	2260	10,27	C
			Almoxarifado	1	100			
			Despensa	1	100			
			Guarda utens.	1	100			
Iluminação	2	220	DML	1	100	1100	5	B
			WC	1	100			
			Cozinha	5	400			
			Lixo	1	100			
			Gás	1	100			
Iluminação	3	220	WC F	5	460	920	4,18	C
			WC M	5	460			
			DML	1	100			
			WC	1	600			
T.U.G.	4	220	Cozinha	7	1700	2700	12,27	A
			Almoxarifado	1	100			
			Despensa	1	100			
			Guarda utens.	1	100			
			Pátio	5	500			
T.U.G.	5	220	WC F	1	600	1700	7,73	B
			WC M	7	600			
T.U.E. (VET)	6	220	Cozinha	3	750	750	3,41	C
T.U.E. (Bebed.)	7	220	Pátio	1	200	200	0,91	A
Iluminação	8	220	Circulação 2	16	1060	1060	4,82	B

Carga inst.

10690 W

Fonte: Autoral, 2023

APÊNDICE 2

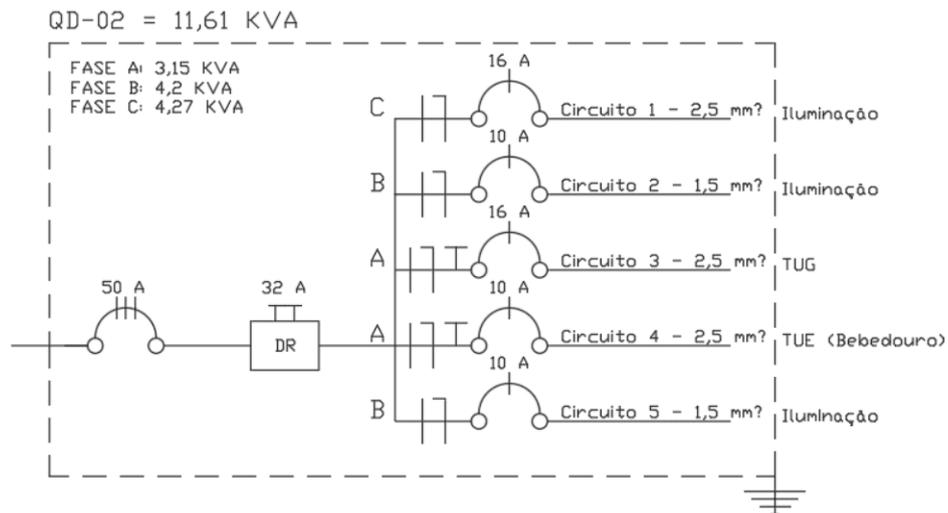
Tabela 7 – Dimensionamento de condutores e proteção do QD-02

Tipo	Circuito	I_n	FCA	$I_{n'}$	Seção nominal (mm ²)	Proteção (A)	I_{ccc}	I_z	I_d
Iluminação	1	10,27	0,65	15,8	4	16	32	20,8	18,17
Iluminação	2	5	0,7	7,14	2,5	10	24	16,8	8,21
Iluminação	3	4,18	0,65	6,43	2,5	10	24	15,6	7,39
T.U.G.	4	12,27	0,7	17,53	4	20	32	22,4	20,15
T.U.G.	5	7,73	0,65	11,89	4	16	32	20,8	13,66
T.U.E. (VET)	6	3,41	0,7	4,87	2,5	10	24	16,8	5,6
T.U.E. (Bebed.)	7	0,91	1	0,91	2,5	10	24	24	1,04
Iluminação	8	4,82	0,65	7,41	1,5	10	17,5	11,38	8,52

Fonte: Autoral, 2023

APÊNDICE 3

Figura 16 – Diagrama unifilar do QD-02



Fonte: Autoral, 2023

APÊNDICE 4

Tabela 8 – Descrição de circuitos - QD 03

Tipo	Circuito	Tensão (V)	Local	Qtd.	Pot.	Pot. Total	I_n (A)	Fase	
Iluminação	1	220	Sala 1	8	700	1400	6,36	B	
			Sala 2	8	700				
Iluminação	2	220	Sala 3	8	700	1400	6,36	C	
			Sala 4	8	700				
T.U.G.	3	220	Sala 1	4	400	1600	7,27	C	
			Sala 2	4	400				
			Sala 3	4	400				
			Sala 4	4	400				
T.U.E. (VET)	4	220	Sala 1	4	1000	2000	9,09	B	
			Sala 2	4	1000				
T.U.E. (VET)	5	220	Sala 3	4	1000	2000	9,09	A	
			Sala 4	4	1000				
Iluminação	6	220	Circulação	4	8	760	760	3,45	A

Carga inst.**9160 W**

Fonte: Autoral, 2023

APÊNDICE 5

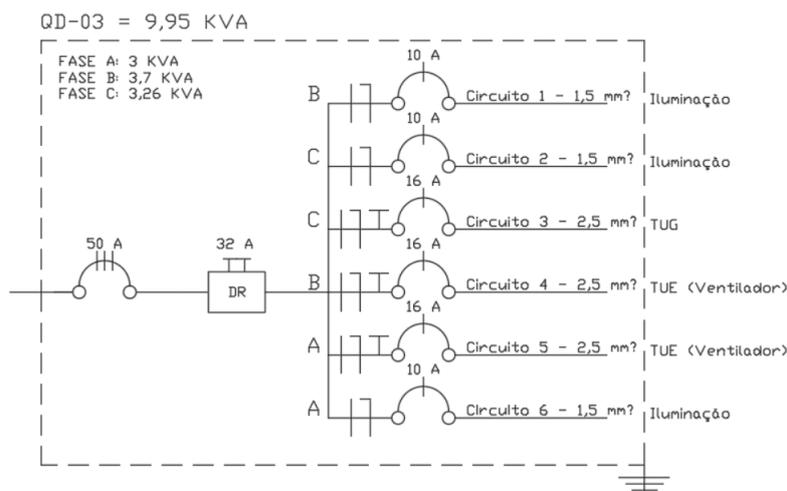
Tabela 9 – Dimensionamento de condutores e proteção do QD-03

Tipo	Circuito	I_n	FCA	$I_{n'}$	Seção nominal (mm ²)	Proteção (A)	I_{ccc}	I_z	I_d
Iluminação	1	6,36	0,7	9,09	1,5	10	17,5	12,25	10,45
Iluminação	2	6,36	0,7	9,09	1,5	10	17,5	12,25	10,45
T.U.G.	3	7,27	0,7	10,39	2,5	16	24	16,8	11,94
T.U.E. (VET)	4	9,09	0,7	12,99	2,5	16	24	16,8	14,93
T.U.E. (VET)	5	9,09	0,7	12,99	2,5	16	24	16,8	14,93
Iluminação	6	3,45	1	3,45	1,5	10	17,5	17,5	3,97

Fonte: Autoral, 2023

APÊNDICE 6

Figura 17 – Diagrama unifilar do QD-03



Fonte: Autoral, 2023

APÊNDICE 7

Tabela 10 – Descrição de circuitos - QD 04

Tipo	Circuito	Tensão (V)	Local	Qtd.	Pot.	Pot. Total	I_n (A)	Fase
Iluminação	1	220	Sala 5	8	700	2100	9,55	A
			Sala 6	8	700			
			Sala 7	8	700			
Iluminação	2	220	Sala 8	8	700	2100	9,55	A
			Sala 9	8	700			
T.U.G.	3	220	Sala 10	8	700	1200	5,45	C
			Sala 5	4	400			
			Sala 6	4	400			
T.U.G.	4	220	Sala 7	4	400	1200	5,45	C
			Sala 8	4	400			
			Sala 9	4	400			
T.U.E. (VET)	5	220	Sala 10	4	400	1000	9,09	B
			Sala 5	4	1000			
T.U.E. (VET)	6	220	Sala 6	4	1000	1000	9,09	C
			Sala 7	4	1000			
T.U.E. (VET)	7	220	Sala 8	4	1000	1000	9,09	B
			Sala 9	4	1000			
Iluminação	8	220	Circulação 3	8	760	760	3,45	B

Carga inst.

13360 W

Fonte: Autoral, 2023

APÊNDICE 8

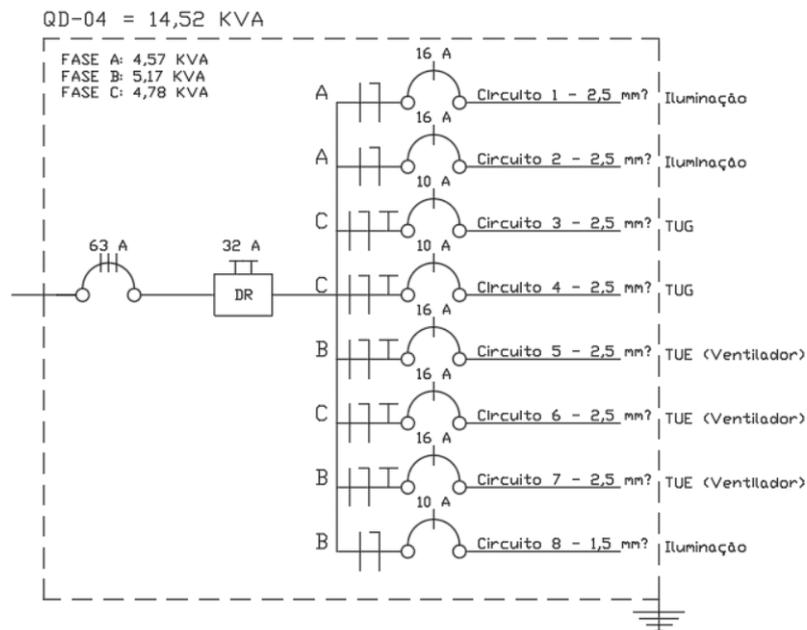
Tabela 11 – Dimensionamento de condutores e proteção do QD-04

Tipo	Circuito	I_n	FCA	$I_{n'}$	Seção nominal (mm ²)	Proteção (A)	I_{ccc}	I_z	I_d
Iluminação	1	9,55	0,7	13,64	2,5	16	24	16,8	15,67
Iluminação	2	9,55	0,7	13,64	2,5	16	24	16,8	15,67
T.U.G.	3	5,45	0,7	7,79	2,5	10	24	16,8	8,96
T.U.G.	4	5,45	0,7	7,79	2,5	10	24	16,8	8,96
T.U.E. (VET)	5	9,09	0,7	12,99	2,5	16	24	16,8	14,93
T.U.E. (VET)	6	9,09	0,7	12,99	2,5	16	24	16,8	14,93
T.U.E. (VET)	7	9,09	0,7	12,99	2,5	16	24	16,8	14,93
Iluminação	8	3,45	0,7	4,94	1,5	10	17,5	12,25	5,67

Fonte: Autoral, 2023

APÊNDICE 9

Figura 18 – Diagrama unifilar do QD-04



Fonte: Autoral, 2023

APÊNDICE 10

Tabela 12 – Descrição de circuitos - QD INF

Tipo	Circuito	Tensão (V)	Local	Qtd.	Pot.	Pot. Total	I_n (A)	Fase
Iluminação	1	220	Biblioteca	8	700	1400	6,36	B
			Sala de inf.	8	700			
T.U.G.	2	220	Biblioteca	4	400	600	2,73	A
			Sala de inf.	2	200			
T.U.E. (VET)	3	220	Biblioteca	4	1000	2000	9,09	C
			Sala de inf.	4	1000			
T.U.E. (PC)	4	220	Sala de inf.	6	1800	1800	8,18	A
Carga inst.						5800 W		

Fonte: Autoral, 2023

APÊNDICE 11

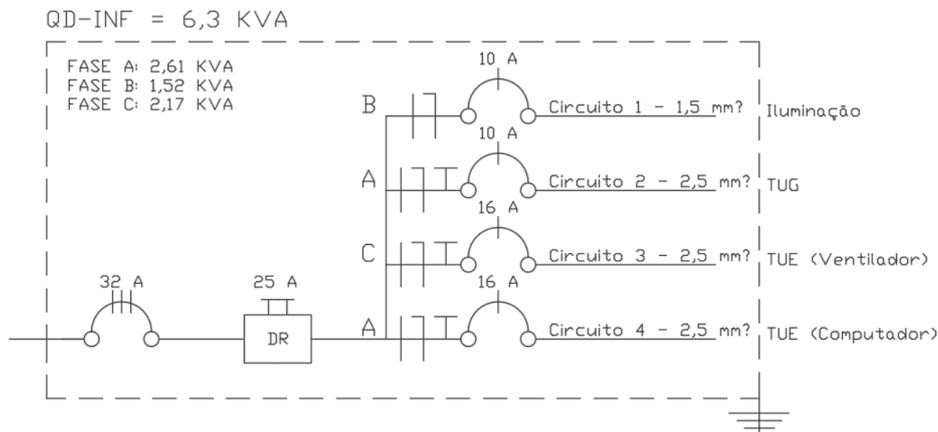
Tabela 13 – Dimensionamento de condutores e proteção do QD-INF

Tipo	Circuito	I_n	FCA	$I_{n'}$	Seção nominal (mm ²)	Proteção (A)	I_{ccc}	I_z	I_d
Iluminação	1	6,36	0,7	9,09	1,5	10	17,5	12,25	10,45
T.U.G.	2	2,73	0,7	3,9	2,5	10	24	16,8	4,48
T.U.E. (VET)	3	9,09	0,7	12,99	2,5	16	24	16,8	14,93
T.U.E. (PC)	4	8,18	0,8	10,23	2,5	16	24	19,2	11,76

Fonte: Autoral, 2023

APÊNDICE 12

Figura 19 – Diagrama unifilar do QD-INF



Fonte: Autoral, 2023

APÊNDICE 13

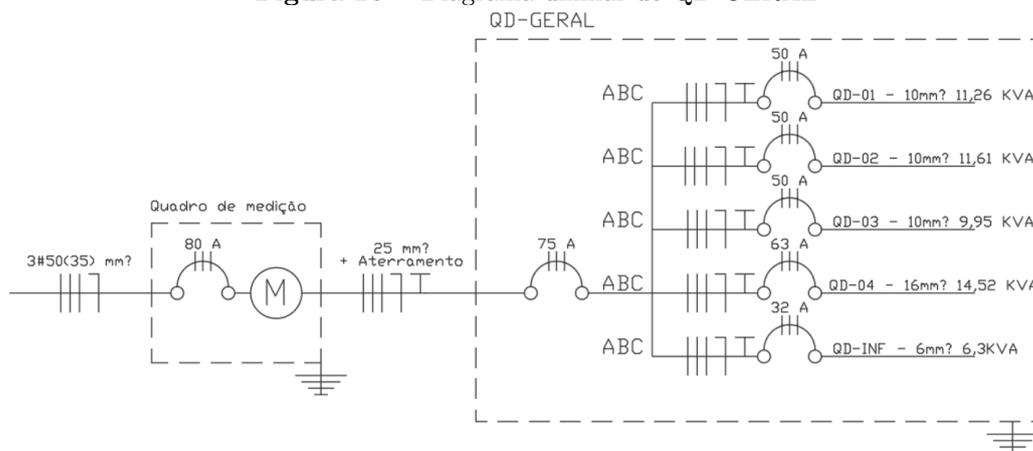
Tabela 14 – Descrição de circuitos - QD GERAL

Circuito	Demanda (KVA)	Seção nominal (mm ²)	Proteção (A)
QD-01	11,26	10	50
QD-02	11,61	10	50
QD-03	9,95	10	50
QD-04	14,52	16	63
QD-INF	6,3	6	32

Fonte: Autoral, 2023

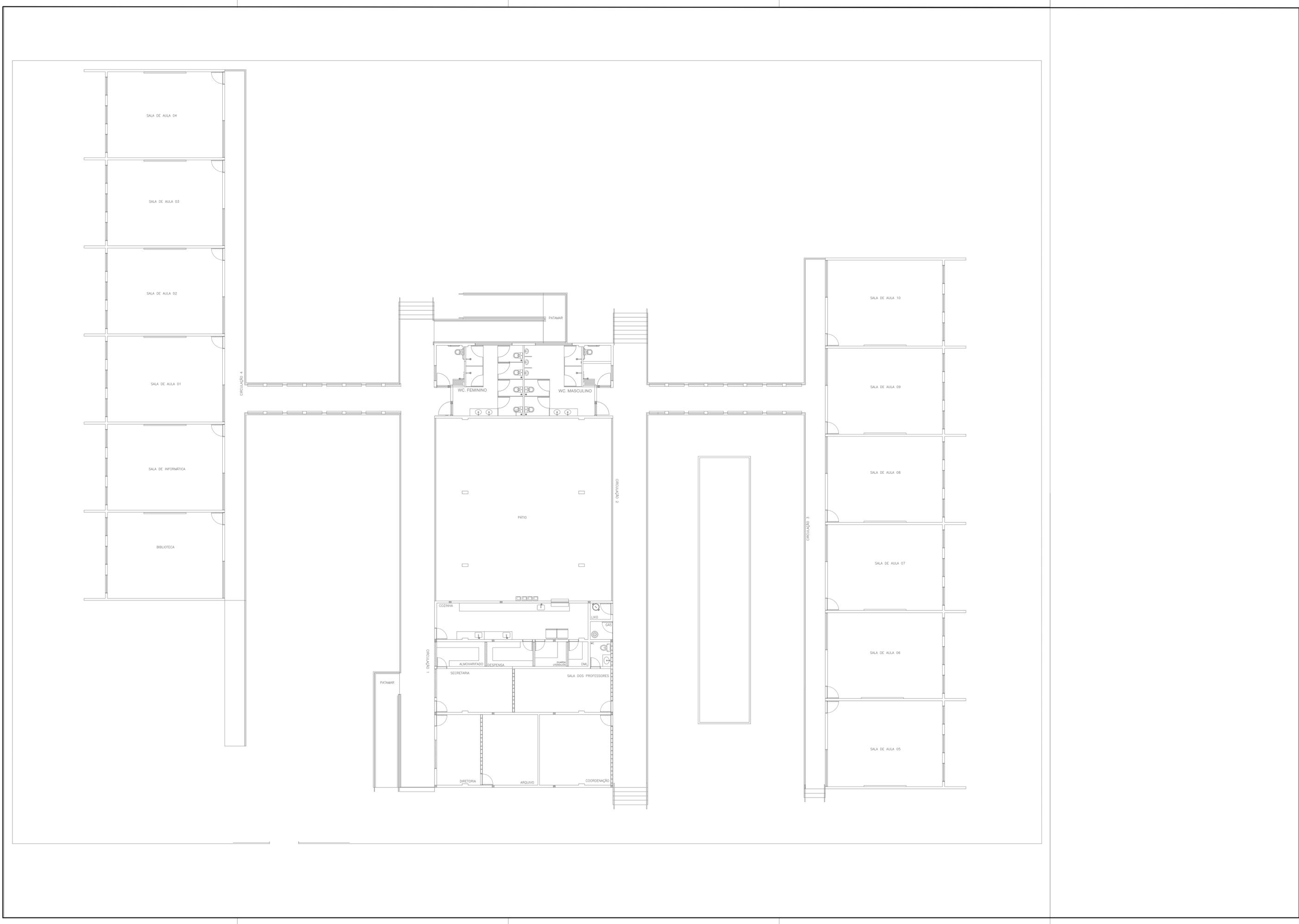
APÊNDICE 14

Figura 20 – Diagrama unifilar do QD-GERAL

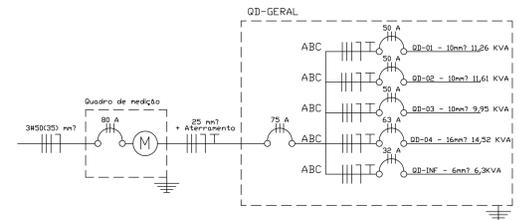
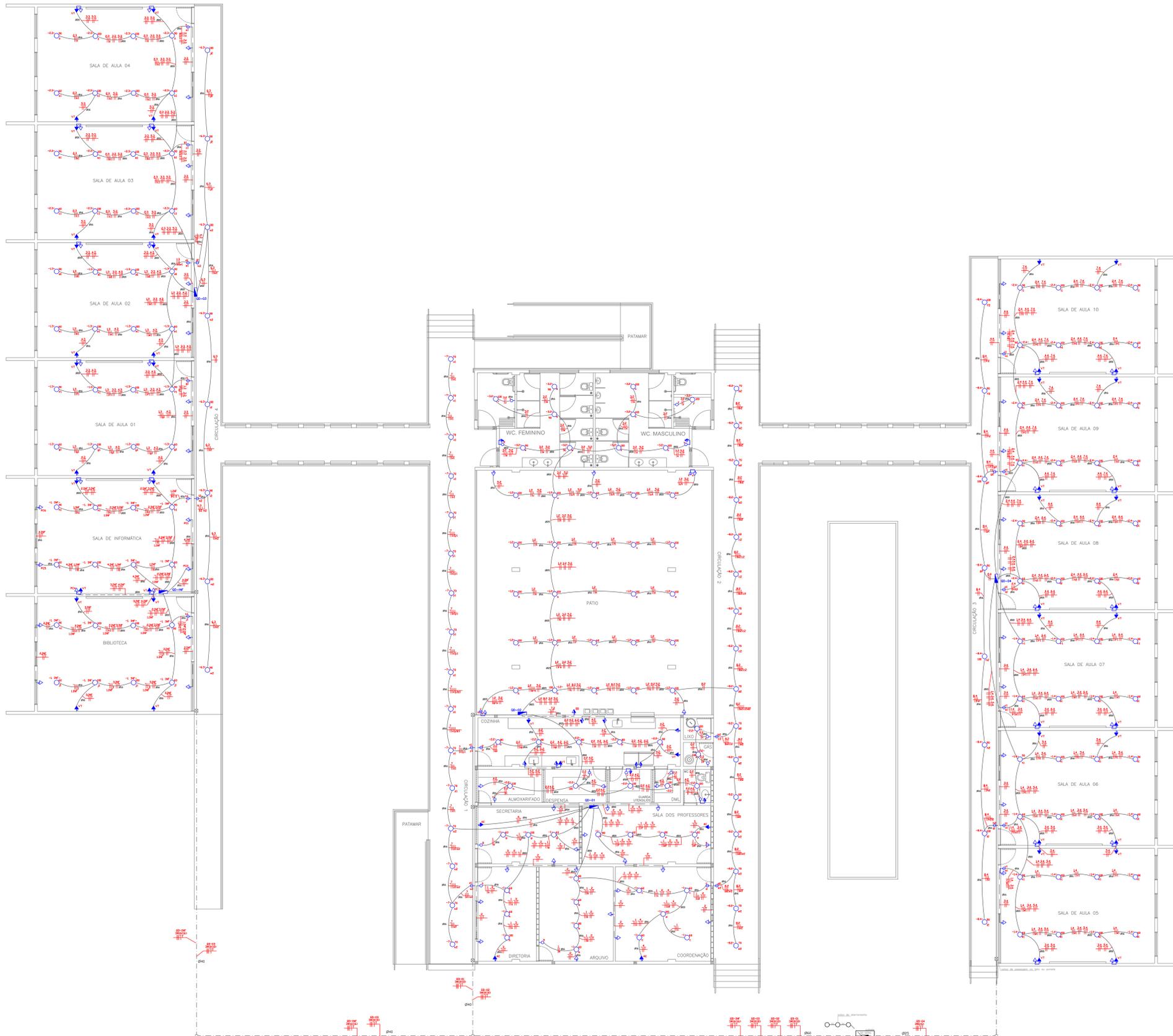


Fonte: Autoral, 2023

APÊNDICE 15



APÊNDICE 16



LEGENDA

	LUMINÁRIA DE TETO, DE 100W PERTENCENTE AO CIRCUITO 1 E CONECTADA NO INTERRUPTOR A.
	INTERRUPTOR SIMPLES DE UMA SEÇÃO. h=1.2 m
	INTERRUPTOR SIMPLES DE DUAS SEÇÕES. h=1.2 m
	INTERRUPTOR SIMPLES DE TRÊS SEÇÕES. h=1.2 m
	TOMADA MONOFÁSICA BAIXA. h=0.4m
	TOMADA MONOFÁSICA MÉDIA. h=1.2m
	TOMADA MONOFÁSICA ALTA. h=2m
	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO
	CONDUTOR FASE
	CONDUTOR NEUTRO
	CONDUTOR DE RETORNO DO PONTO DE ILUMINAÇÃO A
	CONDUTOR TERRA
	ELETRODUTO EMBUTIDO NO TETO
	ELETRODUTO EMBUTIDO NA PAREDE
	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO MONOPOLAR
	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR
	DISJUNTOR RESIDUAL
	ATERRAMENTO COM HASTE DE COBRE

FOLHA Nº 01/03	PROJETO: PROJETO ELÉTRICO ESCOLA GENÉRICA	INFORMAÇÕES TÉCNICAS
DATA NOV/23	ARQUITETO JAIME GALDINO	ÁREA DO TERRENO = 7.178,36m² ÁREA CONSTRUÍDA = 2.066,00m²
RESPONSÁVEL PEDRO KELVEN TOLENTINO SALES		
LEVANTAMENTO: PLANTA BAIXA - PROJETO ARQUITETÔNICO E ELÉTRICO ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS		DESENHOS: DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA E DIAGRAMAS
ESCALAS 1/1		

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850
	Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, João Pessoa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC corrigido

Assunto:	TCC corrigido
Assinado por:	Pedro Kelven
Tipo do Documento:	Relatório
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Pedro Kelven Tolentino Sales, ALUNO (20161610023) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA**, em 19/06/2025 12:27:14.

Este documento foi armazenado no SUAP em 19/06/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1526797

Código de Autenticação: d31e2f3c1b

