



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

DEPARTAMENTO DAS ENGENHARIAS

CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

GESLEY ALVES DA SILVA

**PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO EM POSTOS
DE COMBUSTÍVEIS**

CARAÚBAS/RN

2021

GESLEY ALVES DA SILVA

**PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO EM POSTOS
DE COMBUSTÍVEIS**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Francisco das Chagas
Barbosa de Sena

CARAÚBAS/RN

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

A474p Alves da Silva, Gesley.
PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO
EM POSTOS DE COMBUSTÍVEIS / Gesley Alves da
Silva. - 2021.
126 f. : il.

Orientador: Francisco das Chagas Barbosa de
Sena.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Elétrica, 2021.

1. NBR 5410. 2. NBR 14639. 3. Líquidos
inflamáveis. 4. Modelo Genérico. 5.
Dimensionamento. I. das Chagas Barbosa de Sena,
Francisco, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

GESLEY ALVES DA SILVA

**PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO EM POSTOS
DE COMBUSTÍVEIS**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica.

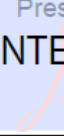
APROVADO EM: 09 / 11 / 21

BANCA EXAMINADORA

 Assinado de forma digital por
FRANCISCO DAS CHAGAS
BARBOSA DE SENA:00895009382
Dados: 2021.11.09 11:57:00 -03'00'

Prof. Dr. Francisco das Chagas Barbosa de Sena - UFERSA

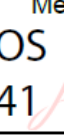
Presidente

 Assinado de forma digital por SAMARA
DE CAVALCANTE PAIVA:08424485432
Dados: 2021.11.09 13:52:20 -03'00'

SAMARA DE CAVALCANTE
PAIVA:08424485432

Profª. Drª. Sâmara de Cavalcante Paiva – UFERSA

Membro

 Assinado de forma digital por WALBER
MEDEIROS LIMA:02843981441
Dados: 2021.11.10 23:09:01 -03'00'

WALBER MEDEIROS
LIMA:02843981441

Prof. Dr. Walber Medeiros - UFERSA

Membro

A Sebastião, Raimundo e Luzia (In Memoriam), por terem sido os melhores avós do mundo. Sou honrado por terem feito parte significativa da minha história, através do espelho das suas.

Dedico este trabalho a minha família, Damiana, Geraldo e Gesiana, por estarem comigo em todos os momentos e por me lembrarem todos os dias que unidos somos mais fortes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser, acima de qualquer posição divina, o meu melhor amigo. Sem a Tua companhia diária, jamais teria superado todos os obstáculos até aqui, mesmo com todos os percalços ao longo dessa jornada, sinto a Tua presença me acolher em cada detalhe, do nascer ao pôr-do-sol. Obrigado por ser a luz de toda a existência.

Aos meus pais, Geraldo e Damiana, por serem a maior motivação para poder enfrentar todas as coisas. Sem os seus ensinamentos, jamais poderia ter chegado tão longe; sem o amor de vocês, não conseguiria ter forças para superar as fases ruins e muito menos aproveitar as melhores fases; sem as suas advertências, nunca poderia ter me tornado o homem de caráter e respeitoso que sou hoje. Amarei-os eternamente.

A minha irmã, Gesiana, por me entender tão bem e estar ao meu lado sempre apoiando meus sonhos, és minha maior inspiração para todas as conquistas.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Francisco das Chagas Barbosa de Sena, por todo apoio, correções e dedicação com o desenvolvimento deste trabalho, sem as suas contribuições jamais teria conseguido realizá-lo. Além da ajuda profissional, agradeço pela amizade, pois esteve presente ao longo do curso sempre me incentivando e mostrando que nossos esforços são sempre recompensados no final.

Aos meus familiares, em especial a minha mãe do coração, Francisca, por toda dedicação de fazer do seu lar o meu também, junto com seus filhos, Janice, Jaidete, Jailma e Jailson, e suas netas, Ingrid e Ana Laura, obrigado por tudo. A Maria Nazaré e Andressa, por me acolherem em sua casa durante meu estágio, serei eternamente grato. As minhas tias Marisete e Luzia, por todo apoio. Aos meus primos: Laiane, Anderson, Laura, Damiana, Lailton, Licioneide, Carla e Marcony, por todos os momentos juntos.

Aos meus amigos, que de alguma forma, contribuíram para meu desenvolvimento durante a graduação, em especial a Mara Alice, por desde o início me acolher com sua amizade e enfrentar ao meu lado os maiores desafios de nossa vida, juntamente com Cícero, Teresa, Hadassa, Letícia, Hortência, Ailton, Jakson, Thâmara e muitos outros que foram minha família na faculdade. Aos meus companheiros de moradia, Fábio, Édson, Wesley e Miriam, pela confiança da convivência. A Marlon, Kayc, Humberto, Iran, Ádria, Paula, Joyce, e o Ministério Deus Reina, por todos os momentos de companheirismo.

Enfim, agradeço a todos que estiveram presentes na minha vida acadêmica, seja através de uma conversa, partilha, ensinamentos, ou qualquer outra forma de ajuda, todos que foram fundamentais para alcançar meus sonhos. Gratidão resume todo meu sentimento.

“Só é digno do pódio quem usa as derrotas
para alcançá-lo.”

Augusto Cury

RESUMO

O projeto elétrico de instalações elétricas de Baixa Tensão deve ser fundamentado pelas prescrições da norma técnica ABNT NBR 5410. No entanto, esse tipo de projeto quando desenvolvido em locais específicos, como o desenvolvido em postos de combustíveis, objeto de estudo do presente trabalho, deve-se utilizar ainda, de forma complementar, a NBR 14639 - Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis - Posto revendedor veicular (serviços) e ponto de abastecimento - instalações elétricas, temática esta raramente abordada no meio acadêmico. Sendo assim, a finalidade deste trabalho consiste em apresentar os procedimentos necessários para o desenvolvimento de projeto elétrico de baixa tensão em postos de combustíveis com base das duas normas técnicas aqui citadas. Ao longo do trabalho, foram apresentados ainda conceitos, definições e equipamentos aplicáveis ao projeto elétrico em postos de combustíveis, tendo como objeto de estudo um modelo genérico de posto. Além disso, explicitou-se a importância da observância aos dispostos nas normas técnicas e padrões da concessionária local no tocante a segurança e qualidade de projetos elétricos desenvolvido nesse tipo de ambiente. Por fim, mostrou-se as etapas de desenvolvimento do projeto elétrico, apresentando o dimensionamento e seleção de condutores, eletrodutos e dispositivos, além de fornecer detalhes de montagem e instalação dos equipamentos usados ao longo do projeto.

Palavras chaves: NBR 5410. NBR 14639. Líquidos Inflamáveis. Modelo genérico. Dimensionamento.

ABSTRACT

The electrical design of Low Voltage electrical installations must be based on the requirements of the technical standard ABNT NBR 5410. However, when this type of project is developed in specific places, such as the one developed in gas stations, which is the object of study of this work, it should still be used, in a complementary way, the a NBR 14639 - Storage of flammable and combustible liquids - Vehicle dealer station (services) and refueling point - electrical installations, theme is rarely addressed in academia. Therefore, the purpose of this work is to present the necessary procedures for the development of a low voltage electrical project in gas stations based on the two technical standards mentioned. Throughout the work, concepts, definitions and equipment applicable to electrical design in gas stations were also presented, using a generic station model as a study object. In addition, the importance of complying with the technical norms and standards of the local concessionaire regarding the safety and quality of electrical projects developed in this type of environment was explained. Finally, the stages of development of the electrical project were shown, presenting the dimensioning and selection of conductors, conduits and devices, in addition to providing details on the assembly and installation of the equipment used throughout the project.

Keywords: NBR 5410. NBR 14639. Flammable Liquids. Generic model. Dimensioning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Exemplo de estrutura dos primeiros postos no século XX.....	22
Figura 02: Exemplo de um posto de abastecimento.	23
Figura 03: Principais itens da estrutura de um posto de abastecimento.....	24
Figura 04: EPI's em postos de abastecimento.	26
Figura 05: Exemplo de planta - instalação elétrica.	27
Figura 06: Circuito de iluminação e tomada – exemplo.	30
Figura 07: Tipos de isolamento para condutores elétricos: PVC, EPR e XLPE.	34
Figura 08: Simbologia para aterramentos.	37
Figura 09: Esquema TN-S.....	38
Figura 10: Esquema TN-C.	38
Figura 11: Esquema TN-C-S.....	39
Figura 12: Esquema TT.....	39
Figura 13: Esquema IT.....	40
Figura 14: Disjuntor termomagnético.	44
Figura 15: DR de alta sensibilidade.	46
Figura 16: DPS – exemplo.	47
Figura 17: Zonas de classificação – simbologia.	54
Figura 18: Marcação de equipamentos.	56
Figura 19: Unidade seladora.....	59
Figura 20: Invólucro à prova de explosão com adição de unidades seladoras.	61
Figura 21: Caixa de passagem à prova de explosão.	61
Figura 22: conexão prensa-cabo.	62
Figura 23: Tomadas à prova de explosão.....	63
Figura 24: Abastecimento – zonas de classificação.....	67
Figura 25: Descargas do caminhão-tanque – zonas de classificação.....	68
Figura 26: Caixa separadora de água e óleo e demais partes do posto – zonas de classificação.	68
Figura 27: Unidades abastecedoras (corte) – zonas de classificação.....	69
Figura 28: tanques – zonas de classificação.	70
Figura 29: Filtro-prensa – zonas de classificação.....	70
Figura 30: Planta baixa do posto modelo.	72
Figura 31: Esquema de alimentação dos Quadros Elétricos do posto.	73
Figura 32: Bomba eletrônica Gilbarco.....	75
Figura 33: Locais dos quadros elétricos no posto.....	87
Figura 34: Circuitos de bombas.	89
Figura 35: Método de referência D para eletroduto enterrado.	92
Figura 36: Parte do Diagrama multifilar do Circuitos 1 e 2 do QGB.	96
Figura 37: Parte do Diagrama unifilar do Circuitos 1 e 2 do QGB.	96
Figura 38: Trecho de passagem dos eletrodutos na área de abastecimento.	97
Figura 39: Zona classificada (zona 2) na área de abastecimento do posto.	98
Figura 40: Caixa de passagem da marca <i>Melfex</i> – exemplo para o projeto.	99
Figura 41: Unidade seladora da marca <i>Melfex</i> - exemplo para o projeto.....	99
Figura 42: Invólucro do tipo condutele da <i>Melfex</i>	100
Figura 43: Disjuntor geral do QGB.	101
Figura 44: Circuitos C1 e C2 - iluminação externa.	103
Figura 45: Circuito C3 – iluminação externa.	104

Figura 46: Detalhe do diagrama unifilar dos circuitos de iluminação externa.....	107
Figura 47: Detalhe do diagrama unifilar – circuitos de iluminação externa	107
Figura 48: Trecho com dimensionamento dos eletrodutos nos circuito de iluminação externa.	108
Figura 49: Disjuntor geral do QGD2.	109
Figura 50: Disjuntor geral de entrada e medição.	111
Figura 51: Detalhe do aterramento do posto de combustível.	112
Figura 52: Modelo de DPS utilizado no posto.	113
Figura 53: Detalhe do Esquema de ligação do Padrão de Entrada.	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classes de temperatura.....	56
Tabela 2: Fatores de correção de temperatura.	77
Tabela 3: Fator de correção de agrupamento.	77
Tabela 4: Fator de correção em linhas subterrâneas.	78
Tabela 5: Seções mínimas para condutores ou cabos isolados.....	78
Tabela 6: Métodos de referência para capacidade de condução de corrente.....	79
Tabela 7: Diâmetro nominal de eletrodutos.	82
Tabela 8: Conversão milímetros em polegadas.	82
Tabela 9: Fator de demanda para motores.	83
Tabela 10: Característica do motor trifásico escolhido.....	88
Tabela 11: Potência total para os circuitos de bombas.	88
Tabela 12: Correntes nominais dos circuitos das bombas.....	90
Tabela 13: Correntes nominais corrigidas para os circuito das bombas.	91
Tabela 14: Seção dos condutores definidas para os circuitos das bombas.	93
Tabela 15: Dimensionamento dos disjuntores dos circuitos de bombas.....	95
Tabela 16: Dimensionamento do disjuntor geral do circuito de bombas.....	101
Tabela 17: Potência total para os circuitos de iluminação da cobertura do posto.	103
Tabela 18: Correntes nominais dos circuitos de iluminação externa.....	104
Tabela 19: Correntes corrigidas para os circuitos de iluminação externa.....	104
Tabela 20: Percentual de quedas de tensão para os circuitos de iluminação externa	105
Tabela 21: Seção dos condutores definidas para os circuitos de iluminação externa.....	106
Tabela 22: Dimensionamento dos disjuntores dos circuitos de bombas.....	106
Tabela 23: Dimensionamento do disjuntor geral do circuito de iluminação externa.	109
Tabela 24: Potência e Demanda total da instalação elétrica do posto.	110
Tabela 25: Dimensionamento do Ramal de Entrada.....	110
Tabela 26: Dimensionamentos para medição.....	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Tipos de proteção	55
Quadro 2: Utilização das bombas e filtros.	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AT	Alta tensão
BEP	Barramento de Equipotencialização Principal
BT	Baixa tensão
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
COSERN	Concessionária de Energia Elétrica do Rio Grande do Norte
DDP	Diferença de Potencial
DPS	Dispositivo de Proteção contra Surtos elétricos
DR	Dispositivo diferencial-residual
DTM	Disjuntor termomagnético
EPR	Borracha etileno propileno
F	Fase
IEC	Comissão Eletrotécnica Internacional
IP	Índice de proteção
MT	Média Tensão
N	Neutro
NBR	Norma Brasileira
NR	Normas Regulamentadoras
PA	Ponto de abastecimento
PE	Proteção
PEN	Combinação Proteção e Neutro
PVC	Cloreto de polivinila
QD	Quadros de Distribuição
QEM	Quadro Geral de Entrada e Medição
QGB	Quadro Geral de Bombas
QGD1	Quadro Geral de Distribuição 1
QGD2	Quadro Geral de Distribuição 1
SAAC	Sistemas de armazenamento aéreo de combustíveis
SASC	Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis
SBAC	Sistema Brasileiro de Avaliação de conformidade
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
TUE	Tomada de Uso Específico
TUG	Tomada de Uso Geral
XLPE	Polietileno reticulado

LISTA DE UNIDADES

$k \cdot m/W$	Kelvin-metros por Watts
Ωm	Ohms-metros
%	Por cento
μm	Micrômetro
A	Ampère
cv	Cavalo-vapor
kA	Quilo-ampère
kV	Quilovolt
kVA	Quilovolt-ampère
kW	Quilowatts
m	Metros
m ²	Metros quadrados
mA	Miliampère
mm	Milímetros
mm ²	Milímetros quadrados
°C	Graus Celsius
V	Volts
VA	Volt-ampère
W	Watts
Ω	Ohms

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 OBJETIVOS	19
1.1.1 Objetivo Geral	19
1.1.2 Objetivos Específicos	19
2 DEFINIÇÕES DOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS	21
2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS	21
2.2 ESTRUTURA E COMPONENTES DO POSTO DE ABASTECIMENTO	23
2.3 ITENS DE SEGURANÇA	25
3 PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO (BT)	27
3.1 PROCESSOS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS NA NBR 5410	27
3.1.1 Alimentação	29
3.1.2 Previsão de carga	29
3.1.2.1 Pontos de iluminação	30
3.1.2.2 Pontos de tomadas	31
3.1.3 Divisão das instalações	32
3.1.4 Condutores e seus dimensionamentos	32
3.1.4.1 Critério da capacidade de condução de corrente	33
3.1.4.2 Critério para o limite de Queda de Tensão	34
3.1.5 Fator de agrupamento dos circuitos	35
3.1.6 Aterramento	37
3.1.6.1 Esquemas de aterramento	37
3.1.6.1.1 Esquema TN	38
3.1.6.1.2 Esquema TT	39
3.1.6.1.3 Esquema IT	39
3.1.6.2 Eletrodo de aterramento	41
3.1.6.3 Condutores de aterramento	41
3.1.7 Dimensionamento de eletrodutos	42
3.1.8 Dispositivos de proteção	42
3.1.8.1 Disjuntores termomagnéticos	43
3.1.8.2 Dispositivos diferencial-residual	45
3.1.8.3 Dispositivo de proteção contra surtos ou sobretensões	46
3.1.9 Equipotencialização	48
3.2 FORNECIMENTO DA ENERGIA PARA A INSTALAÇÃO ELÉTRICA	49
4 PRESCRIÇÕES DA NBR 14639	52
4.1 TERMOS E DEFINIÇÕES DA NORMA	52
4.2 CRITÉRIOS PARA ZONA DE CLASSIFICAÇÃO	53
4.2.1 Quanto a zonas de classificação	54
4.2.2 Quanto aos grupos	54
4.2.3 Quanto aos tipos de proteção	55
4.2.4 Identificação de Equipamentos	56
4.2.5 Índice de Proteção (IP)	56
4.2.6 Níveis de proteção de equipamentos	57
4.3 DISTRIBUIÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA	57
4.3.1 Alimentação	57
4.3.2 Sistema para distribuição de cabos e fiações	58
4.3.2.1 Eletrodutos enterrados	58
4.3.2.2 Eletrodutos e dispositivos de selagem em áreas classificadas	58
4.3.2.3 Invólucros à prova de explosão e caixas de passagem	60

4.3.2.4	Prensa cabos em áreas classificadas	61
4.3.2.5	Tomadas em áreas classificadas	62
4.3.3	Aterramento, Equipotencialização e Dispositivo de Proteção em áreas classificadas	63
4.3.4	Sistema de proteção contra descargas atmosféricas	64
4.3.4.1	Requisitos básicos gerais – SPDA em áreas com risco de explosão	64
4.3.4.2	SPDA em zonas de risco	65
4.3.4.3	SPDA específico para postos de abastecimentos.....	65
4.4	LAYOUT PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO ELÉTRICO DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS	66
4.4.1	Detalhes para as áreas classificadas	66
5	PROJETO ELÉTRICO DO POSTO MODELO	72
5.1	DADOS GERAIS DO POSTO MODELO	72
5.2	DIVISÃO DE QUADROS ELÉTRICOS	73
5.3	DIMENSIONAMENTO DO QGB E QGD2 PARA ÁREA EXTERNA.....	73
5.3.1	Configurações para o Quadro Geral de Bombas (QGB).....	74
5.3.1.1	Levantamento de cargas para o circuito de bombas	74
5.3.1.2	Divisão do Circuito das Bombas	75
5.3.1.3	Corrente Nominal	75
5.3.1.4	Dimensionamento dos condutores	76
5.3.1.4.1	<i>Corrente nominal corrigida para os circuitos de bombas</i>	<i>76</i>
5.3.1.4.2	<i>Seção mínima</i>	<i>78</i>
5.3.1.4.3	<i>Capacidade de condução de corrente para os circuitos de bombas..</i>	<i>78</i>
5.3.1.4.4	<i>Queda de tensão para os circuitos de bombas.....</i>	<i>79</i>
5.3.1.5	Dimensionamento dos disjuntores termomagnéticos para os circuitos de bombas	80
5.3.1.6	Dimensionamento dos Eletrodutos para os circuitos de Bombas.....	81
5.3.1.7	Instalações e acessórios para os eletrodutos conforme a NBR 14639	82
5.3.1.8	Dimensionamento do Disjuntor Geral para o QGB.....	83
5.3.2	Configurações para Quadro Geral de Distribuição para Iluminação da cobertura do posto (QGD2)	84
5.3.2.1	Distribuição dos pontos de iluminação da cobertura do posto	84
5.3.2.2	Divisão dos circuitos do QGD2.....	84
5.3.2.3	Corrente nominal para os circuitos de iluminação externa do posto	84
5.3.2.4	Dimensionamento dos condutores dos circuitos de iluminação externa....	84
5.3.2.5	Dimensionamento dos disjuntores dos circuitos de iluminação externa....	84
5.3.2.6	Dimensionamento dos eletrodutos para os circuitos de iluminação externa	85
5.3.2.7	Dimensionamento do disjuntor geral para o QGD2	85
5.3.3	Demanda para o QGD1 para área externa	85
5.4	DETERMINAÇÃO DOS DADOS ELÉTRICO DE ENTRADA DE SERVIÇO PARA ALIMENTAÇÃO DO QEM	85
5.4.1	Demanda máxima da instalação	86
5.4.2	Dimensionamento do Padrão de Entrada	86
5.4.3	Sistema de aterramento para a instalação do posto	86
5.4.4	Seleção do DPS para a instalação do posto	86
6	RESULTADOS.....	87
6.1	ESQUEMA DE DIVISÃO DOS QUADROS ELÉTRICOS DO PROJETO DO POSTO.....	87
6.2	RESULTADO DO LEVANTAMENTO DE CARGAS NO QGB.....	87

6.3	QUADRO DE DIVISÃO DOS CIRCUITOS DO QGB	88
6.4	RESULTADO DAS CORRENTES NOMINAIS DO QGB.....	90
6.5	RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES NOS CIRCUITOS DO QGB	90
	6.5.1 Correção das correntes nominais do circuitos do QGB	91
	6.5.2 Resultado da Seção mínima.....	91
	6.5.3 Capacidade de corrente dos circuitos do QGB.....	92
	6.5.4 Queda de tensão para os circuitos do QGB	93
6.6	RESULTADO PARA O DIMENSIONAMENTO DOS DISJUNTORES DO QGB	94
6.7	RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS NO QGB	96
	6.7.1 Resultado das observações da NBR 14639 para os eletrodutos.....	97
6.8	RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DO DISJUNTOR GERAL DO QGB	100
6.9	RESULTADO DO LEVANTAMENTO DE CARGAS DO QGD2.....	101
6.10	RESULTADO PARA DIVISÃO DE CIRCUITOS DO QGD2	102
6.11	RESULTADO PARA CORRENTE NOMINAL DO QGD2	104
6.12	RESULTADO PARA O DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES DO QGD2.....	104
6.13	RESULTADO PARA O DIMENSIONAMENTO DE DISJUNTORES DO QGD2.....	106
6.14	RESULTADO PARA O DIMENSIONAMENTO DE ELETRODUTOS DO QGD2.....	107
6.15	RESULTADOS PARA O DIMENSIONAMENTO DO DISJUNTOR GERAL DO QGD2	108
6.16	RESULTADO DOS DADOS ELÉTRICOS ADQUIRIDOS NO QGD1	109
6.17	RESULTADOS DOS DADOS ELÉTRICOS DE ENTRADA DE SERVIÇO PARA ALIMENTAÇÃO DO QEM.....	110
6.18	RESULTADO PARA O SISTEMA DE ATERRAMENTO.....	111
6.19	RESULTADO DA SELEÇÃO DO DPS	112
6.20	RESULTADO DE OUTROS DETALHES DO PROJETO DO POSTO DE COMBUSTÍVEIS.....	113
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
	REFERÊNCIAS.....	117
	APÊNDICE A: DETALHES DO PROJETO ELÉTRICO DO POSTO	121

1 INTRODUÇÃO

Para garantir o funcionamento correto de um determinado estabelecimento, deve-se observar as prescrições contidas nas normas técnicas correspondente ao tipo de projeto analisado. Nesse sentido, todos os projetos de instalações elétricas de Baixa Tensão (BT) devem estar em consonância com as prescrições da Norma Brasileira (NBR) 5410/2004. Destaca-se que a aplicação da referida norma não dispensa o atendimento a outras normas técnicas, isto é, normas complementares, que são aplicáveis a instalações e locais específicos.

A não observação as normatizações, via de regras, implica em danos a equipamentos, perdas elétricas, perdas patrimoniais e até acidentes fatais. No ano de 2020, uma matéria da Federação Interestadual de Sindicatos de Engenheiros (FISENGE), apresentou a informação de que as mortes ocorridas devido instalações elétricas inadequadas aumentou consideravelmente. Neste mesmo texto é afirmado que estas ocorrências se deram por causa do contato de pessoas com energia elétrica e as complexidades do sistema elétrico sem a devida organização. É apresentado, também, alguns dados preocupantes: no ano de 2019 houve um aumento de 537 para 656 ocorrências de incêndio por sobrecarga e curto-circuito, sendo que o número de mortos passou de 61 para 76; no ano de 2020, apenas no mês de janeiro, foram registrados 181 acidentes e 93 mortes ocasionadas por descarga atmosférica, sobrecarga ou choques elétricos (BEZERRA, 2020).

Com a demanda crescente por combustíveis, verifica-se o aumento do número de posto de combustíveis. Esses estabelecimentos têm ganhado cada vez mais espaço em diversos pontos de uma cidade e, conseqüentemente, ocasionam um aumento considerável do uso da energia elétrica, fazendo com que haja um maior investimento na construção de projetos elétricos de BT nessa área. O manuseio de líquidos inflamáveis em contato com a rede elétrica exige um nível de segurança mais detalhado, haja visto as peculiaridades encontradas neste tipo de projeto. Cuidados especiais devem ser tomados, para evitar as perdas em diversos quesitos, a saber: humano, seja em lesões graves ou até mesmo na morte de pessoas e animais; ambiental, seja na contaminação da natureza próxima ao local; e econômico, prejuízos na empresa com indenizações, materiais e outros. (FREITAS; M. SOBRINHO; JÚNIOR, 2018).

Deve-se destacar que os projetos elétricos de postos de combustíveis não são completamente detalhados pela NBR 5410. Assim, a aplicação da NBR 5410 para o

desenvolvimento de instalações elétricas de baixa tensão em posto de combustíveis deve ser complementada através do uso da NBR 14639 - Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis — Posto revendedor veicular (serviços) e ponto de abastecimento — instalações elétricas, norma técnica específica para esse tipo de projeto.

Outro ponto de destaque para o presente trabalho diz respeito ao fato do tipo de projeto aqui proposto não ser abordado em ementas clássicas do curso de engenharia elétrica. Alguns fatores contribuem para isso, como, por exemplo, a complexidade em montar uma carga horária que contemple, em profundidade, o conteúdo da disciplina de instalações elétricas, haja vista que a NBR 5410 é uma norma bastante abrangente, cujas prescrições se distribuem em, aproximadamente, 200 páginas.

Portanto, o presente trabalho objetiva demonstrar como podem ser realizados projetos elétricos em postos de combustíveis seguindo as prescrições da NBR 5410 e NBR 14639, com ênfase nesta última norma. Além disso, também será analisado a prescrição da concessionária local quanto a esse tipo de projeto. Como estudo de caso, será realizado o projeto de um posto de combustível modelo, idealizado com base nas cargas, ambientes e características comuns aos postos de combustíveis reais. Nesse contexto, pode-se afirmar que as informações e conhecimentos evidenciados ao longo do presente trabalho, contribuirão para os futuros profissionais de engenharia elétrica e até mesmo para aqueles que já atuam no mercado de trabalho, mas que não desenvolveram projetos dessa natureza e/ou pretendem aprofundar mais seus conhecimento nessa área.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho apresenta o seguinte objetivo geral:

- Demonstrar como podem ser realizados os projeto de instalações elétricas de baixa tensão em postos de combustíveis seguindo as prescrições da NBR 5410 e NBR 14639.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral do presente trabalhos, propõe-se os seguintes objetivos específicos:

- Abordar os principais elementos da Norma 14639 para desenvolvimento do projeto elétrico;
- Evidenciar a importância da observância do disposto na NBR 14639 para o dimensionamento seguro de instalações de baixa tensão em postos de combustíveis;
- Desenvolver um modelo realístico de posto de combustível a ser utilizado para aplicar os conceitos e critérios apresentado ao longo do trabalho;
- Realizar estudo comparativo entre os resultados obtidos no presente trabalho e o observado em um posto de combustível modelo;
- Fornecer uma metodologia que possa ser utilizado por futuros profissionais de engenharia elétrica, e/ou profissionais que não desenvolveram projetos como o estudado no presente trabalho e/ou que desejam aprofundar seus conhecimentos nessa área.

2 DEFINIÇÕES DOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

A seguir são apresentados alguns fatores importantes sobre postos de combustíveis como definições, dados estatísticos e históricos, composição básica e principais equipamentos e itens de segurança existentes no local.

2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS

Atualmente, o setor terciário, destinado a prestação de serviços e atividades de comercialização de produtos, é responsável por mais da metade do Produto Interno Bruto (PIB) do país. De acordo com a Revista Economia, através da Pesquisa Mensal de Serviços divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), o volume de serviço no Brasil registrou a quarta alta, sendo um aumento de 1,1% de julho de 2021 em comparação a junho, registrando no total um aumento de 3,9 % acima de fevereiro de 2020, período pré-covid-19. (BRASIL, 2021).

Uma das atividades que compõem o setor terciário é o comércio de combustíveis para automóveis. Entende-se por postos de serviço ou postos de abastecimento, como também chamado os postos de combustíveis, uma unidade criada para armazenar e distribuir, através de sistema de vendas, combustíveis e lubrificantes para veículos com motor a combustão. Os principais combustíveis disponíveis nesse tipo de estabelecimento comercial são: gasolina (comum e aditivada); etanol; etanol aditivado; gás natural veicular (GNV) e; diesel (S-10 e aditivado). Os componentes conhecidos como aditivados significam que em sua composição são adicionados compostos específicos para auxiliar na lubrificação das partes metálicas dos motores, melhorando, assim, o desempenho do veículo (INTRANSPORT, 2017).

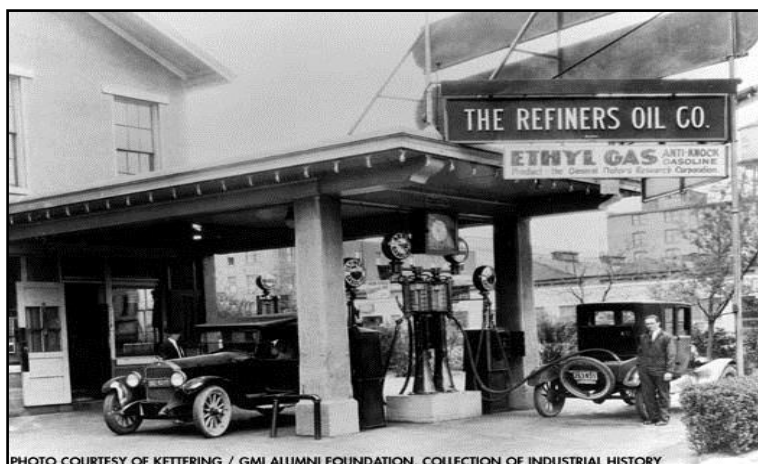
Para evidenciar a importância desse setor e seu crescimento acentuado, segundo dados apresentado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o Brasil teve um crescimento de 2,89% na venda de combustíveis, no ano de 2019, em comparação com o ano anterior, totalizando uma marca de 140 bilhões de litros vendidos no mercado brasileiro (RODRIGUES, 2020). Entretanto, nem sempre esse foi o cenários vivenciado pelos proprietários desse tipo de estabelecimentos.

De acordo a Brasil Postos (2014), foi a partir do século XX que surgiu a ideia para criação dos primeiros postos de combustíveis. O querosene líquido, resultante do fracionamento do petróleo, já era a base para o desenvolvimento da gasolina, a qual era usada

como combustível nos sistemas de iluminação das ruas na época. É interessante informar que a cada 100 barris de petróleo, 60 eram extraídos para o querosene, apenas 11 barris eram utilizados para obtenção da gasolina que, na maioria das vezes, eram descartados por falta de utilidade, pois apresentava desempenho inferior para o pensamento das pessoas daquele tempo.

Foi na Alemanha, no ano de 1888, na cidade Wiesloch, que surgiu o conceito de primeiro posto de combustível, isso porque os barris de gasolina, antes descartáveis, foram utilizados nos primeiros automóveis, cujos proprietários compravam tambores maiores e armazenavam em recipientes pequenos, usando um funil para o abastecimento de seus veículos. No entanto, foi apenas no ano de 1907 que Henry Ford inaugurou o *Automobile Gasoline Company*, na cidade de St. Louis, EUA, sendo este o primeiro posto de abastecimento de veículos; tratava-se um local simples, com apenas um galpão e duas bombas fixas em uma espécie de pedestal. (BRASIL POSTOS, 2014). A Figura 01 apresenta uma imagem exemplificando como eram os primeiros postos do século XX.

Figura 01: Exemplo de estrutura dos primeiros postos no século XX



Fonte: Brasil Postos, 2014.

Assim, verifica-se que, originalmente, os postos de serviços eram estabelecimentos bem diferentes das estruturas atuais, sendo unidades voltadas exclusivamente para o comércio de combustíveis. Entretanto, com o passar do tempo, houve a expansão do mercado voltado para a prestação de serviços em postos de combustíveis, crescendo significativamente o ramo em diversos pontos de uma cidade. A Figura 02 apresenta um exemplo de como é a estrutura atual de um posto de abastecimento moderno.

Figura 02: Exemplo de um posto de abastecimento.



Fonte: DPADV, 2020.

Tal aumento e modernização pode ser explicado como sendo consequência da facilidade de acesso ao crédito, que possibilitou a ampliação considerável da demanda de veículos novos e usados e, por sua vez, implicou no aumento do número de estabelecimentos destinados ao fornecimento de combustíveis, isto é, postos de serviços. No entanto, os proprietários desses estabelecimentos verificaram que os clientes buscavam, além dos combustíveis, outros serviços.

Na tentativa de fidelizar seus clientes, investimentos foram feitos objetivando diversificar o negócio, surgindo, assim, serviços como: pontos de alimentação; hospedagem; festivais; lavagem de automóveis; centros de conveniência; e outros serviços variados (FRANCISCO, 2021). Tal ampliação implicou, consequentemente, em maiores custo com fatura de energia elétrica, a qual exige um sistema cada vez mais robusto para atender a demanda necessária a todos os componentes da instalação.

2.2 ESTRUTURA E COMPONENTES DO POSTO DE ABASTECIMENTO

Com o passar do tempo, viu-se a necessidade de estabelecer um local apropriado para a comercialização dos combustíveis, pois sabia-se que as propriedades dos materiais manipulados nesse tipo de atividade teriam certo grau de periculosidade, por se tratarem de líquidos inflamáveis.

De acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (2000), as instalações e armazenamentos de substâncias derivadas do petróleo apresentam propriedades com potenciais para gerar poluição, bem como provocar acidentes no meio ambiente, tanto devido a ocorrência de incêndio no local, como devido aos riscos associados à contaminação

do solo, água e ar. Por isso, na composição da infraestrutura de um posto de combustível, alguns critério de segurança precisam estar bem embasados.

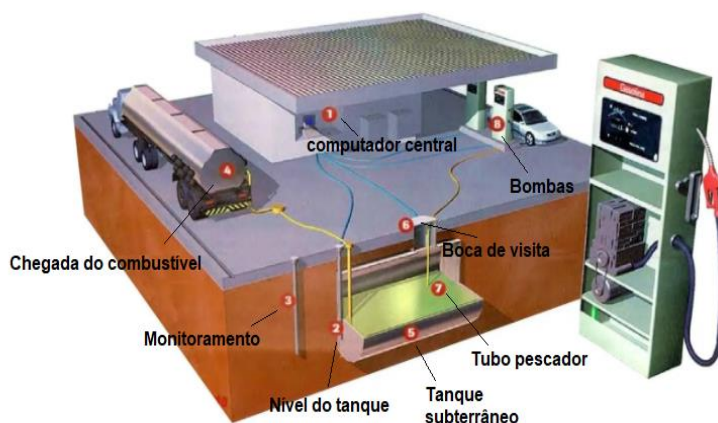
A estrutura fundamental de um posto de serviço precisa ter área mínima de 900 m² em local urbano e 5000 m² em local rodoviário. Isso se deve em virtude da necessidade de se ter cobertura ampla para veículos longos e de grande porte, e também para alojamentos, churrascarias e outras necessidades básicas disponibilizadas nesta categoria de serviço. (SILVEIRA,2013).

Com relação aos critérios de organização do posto, tem-se que (FIGURA JÚNIOR, 2017):

Através da Norma Brasileira nº 13.786:2005 (NBR13786 – Postos de Serviço), são estabelecidos os princípios gerais para a seleção dos equipamentos para sistemas subterrâneos de armazenamento e distribuição de combustíveis líquidos destinados a postos de serviços.

A Figura 03 mostra o detalhamento básico de uma estrutura típica de um posto de abastecimento.

Figura 03: Principais itens da estrutura de um posto de abastecimento.



Fonte: Quatro Rodas (Adaptada), 2017.

Em resumo, os principais elementos componentes da área de armazenamento subterrâneo de um posto de combustível são: computador central, usado para gerenciamento dos reservatórios através de sensores eletrônicos; câmara de contenção da descarga de combustível; câmara de contenção sob a unidade abastecedora; Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SASC); sistema de detecção de vazamento; tanque com parede dupla não metálico; tanque subterrâneo; unidade de filtragem, equipamento

eletromecânico com bombeamento próprio, com ou sem reservatório, destinado a filtragem de óleo diesel; e válvula de retenção instalada em linha de sucção. Além desses itens, Silveira (2013) pontua a necessidade de outros, são eles: tanques subterrâneos para armazenar combustíveis; bombas e filtros de combustível; compressores de ar para alimentação de elevadores; balança de ar; equipamento de lubrificação e limpeza em geral; calibrador de pneus; mangueiras e máquina de troca de óleo; equipamentos de lubrificação; máquinas para lavagens de veículos; e elevadores hidráulicos.

Com o objetivo de aumentar o negócio e na busca por empreendimento no local de vendas, os postos de combustíveis passaram a integrar as lojas de conveniências, isto é, pequenos estabelecimentos comerciais, regido pelo sistema de franquia. Além da comercialização do produto principal (o combustível), a inovação no investimento em outros ramos de serviços (alimentação, hotéis, churrascarias, restaurantes, oficinas, lavatórios) tem ganhado cada vez mais espaço nas redes de postos de combustíveis. Essa agregação de serviços em um único local foi fundamental para atração de clientes, permitindo assim uma ampla rentabilidade no negócio (ALE, 2021).

2.3 ITENS DE SEGURANÇA

Para construção de um posto de abastecimento algumas diretrizes precisam ser seguidas objetivando garantir a segurança em todos os espaços do estabelecimento.

No âmbito da segurança do trabalho encontram-se as chamadas Normas Regulamentadoras (NR) que estabelece um conjunto de regras e prevenções em diversos tipos de atividades a fim de diminuir as probabilidades de acidentes ou doenças. Entre as NR, a que melhor esclarece uma série de recomendações relacionadas a postos de abastecimentos é a NR-20, pois nela apresentam-se detalhes sobre a segurança com líquidos inflamáveis e combustíveis. As atividades que se aplicam nela são, principalmente: “extração, produção, armazenamento, transferência, manuseio e manipulação de inflamáveis, nas etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção, inspeção e desativação da instalação” (BRASIL, 1978).

Dos mais diversificados riscos existentes nos ambientes dos postos de combustíveis, o incêndio causado por atmosfera explosiva é o que mais se destaca. Segundo Mantecon (2010), a atmosfera explosiva consiste no local, ou parte de um ambiente, em que se tem uma área com potencial para ignição de material inflamável, isto é, a ocorrência de fogo por

causa da combustão de gases, vapores, poeiras, fibras ou líquidos inflamáveis presentes no meio. Em virtude disso, viu-se a necessidade de intensificar os níveis de prevenção nestas áreas, principalmente nos locais cujas atividades envolver o manuseio direto do combustível, pois as chances de ocorrência de um incêndio são maiores. Então, foram estabelecidas as áreas classificadas, ou zonas de classificação, que determinam as probabilidades de atmosfera explosiva no ambiente (FREITAS; M. SOBRINHO; JÚNIOR, 2018).

Dentro das regulamentações presentes nos dispostos da Segurança de Trabalho sobre postos de combustíveis, um dos itens fundamentais para preservação da saúde e bem-estar dos funcionários está no uso correto dos equipamentos de proteção individual ou EPI, como máscaras, óculos protetores, luvas, calçados, todos estes com as devidas recomendações afim de evitar riscos relacionados a exposição dos materiais inflamáveis. A Figura 04 apresenta uma placa com alguns dos principais equipamentos de segurança utilizados em postos de combustíveis.

Figura 04: EPI's em postos de abastecimento.



Fonte: Brasil Postos, 2014.

Nesse contexto, a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), mencionada na NR-20, é um importante órgão de segurança, pois dispõe de ações solucionadoras para erradicar os níveis de risco no local de trabalho, como é o caso de elaborações de relatórios para inspecionar o ambiente, para que possa ser pontuados os principais problemas de segurança e consequentemente desenvolvidos os planos de ação que solucionem estes fatores (ADAPTIVE, 2020).

O objetivo desta norma consiste no estabelecimento das condições necessárias para estabelecer a eficácia e certificação de segurança na instalação elétrica realizada, descrevendo os dimensionamentos corretos dos componentes utilizados no processo, a fim de garantir a proteção deles, bem como atuando na preservação da vida dos seres vivos inseridas neste ambiente. (ABNT, 2004)

Alguns conceitos elementares são importantes para a compreensão do desenvolvimento desses projetos, dentre eles destacam-se (ABNT, 2004):

- Componentes - representa os itens que compõem a instalação elétrica, como: materiais, acessórios, máquinas, dispositivos e outros.
- Quadro de distribuição principal - primeiro quadro de ligação depois da entrada da linha elétrica fornecida ao sistema elétrico;
- Dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual - Dispositivo projetado para abrir seus contatos, através de seccionamento mecânico, quando a corrente residual do circuito alcança ou extrapola um valor previamente estabelecido pelo fabricante, em geral, 30 miliampère (mA);
- Proteção contra choques elétricos - Conjunto de procedimentos capazes de proteger os usuários da instalação contra choques-elétricos, que podem causar danos tanto para os outros equipamentos como para as vidas envolvidas no ambiente; normalmente usam-se: os barramentos de equipotencialização, utilizado também contra perturbações eletromagnéticas e sobretensão, e equipamentos de tecnologia da informação;
- Ramal de Ligação: componentes da instalação localizados entre o ponto de derivação do sistema de distribuição da concessionária e o ponto de conexão das instalações de uso do consumidor.
- Ramal de Entrada: Componentes da instalação inseridos pelo consumidor entre o ponto de conexão e a medição ou proteção de suas instalações de utilização
- Ponto de entrega - representa o ponto de conexão do ramal de ligação com o ramal de entrada;
- Pontos de utilização - correspondem ao uso da linha elétrica para conectar equipamentos de utilização como, por exemplo, pontos de luz;
- Pontos de tomadas - têm a mesma função de conexão de equipamentos, porém com a alimentação feita através das chamadas “tomadas de corrente”.

3.1.1 Alimentação

Com base na seção 3.5.2 da NBR 5410, a alimentação, também conhecida como fonte, é responsável pelo fornecimento de potência elétrica as diversas cargas de uma instalação (ABNT, 2004). As potências de alimentação de uma instalação ou parte dela devem estabelecer uma previsão dos equipamentos utilizados, suas potências nominais, fatores de demanda, e a capacidade de reserva para outras atribuições futuras (MORENO *et al*, 2011).

As concepções de segurança e economia são as principais determinações para o uso correto da potência de alimentação, tendo sempre como critérios a regulamentação da temperatura e os níveis de queda de tensão. Geralmente, para definir a potência total que será usada na alimentação de todo o sistema elétrico é necessário fazer a previsão de cargas, ou seja, prever as potências que serão solicitadas pelos pontos de consumo, além de fazer as divisões da instalação (ABNT, 2004).

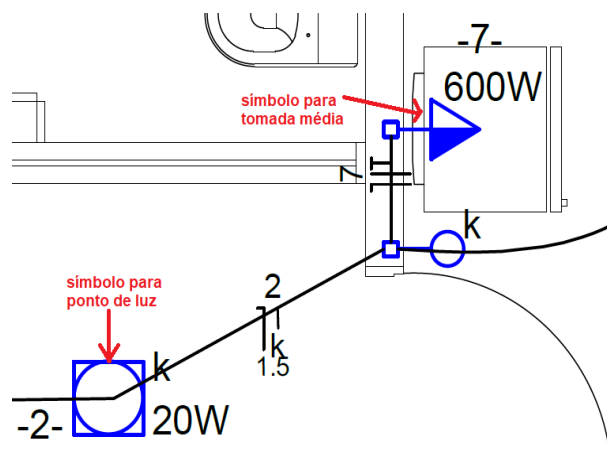
Destaca-se que o fator de demanda é um importante conceito que deve ser especificado para o cálculo das potências de alimentação, pois ele considera as possibilidades de uso simultâneo dos equipamentos utilizados na instalação elétrica, a fim de evitar danos gerados pelo excesso de carga ao mesmo tempo, sendo necessário, para tanto, um levantamento de carga fiel a realidade do projeto em análise. (MORENO *et al*, 2011).

3.1.2 Previsão de carga

As seções 4.2.1.2 e 9.5.2 da NBR 5410 apresentam as principais diretrizes para a etapa de previsão de cargas em uma habitação. Basicamente, é realizado um levantamento das cargas (equipamentos) que constituirão a instalação, definindo assim o valor de potência nominal para cada tipo de utilização, que é determinada a partir da concessionária responsável pela distribuição da energia elétrica local (ABNT, 2004). Esta norma define três categorias para as atribuições de pontos de utilização: Iluminação; Tomadas de Uso Geral (TUG); e Tomadas de Uso Específico (TUE). Uma TUG é usada para ligação de um equipamento com corrente nominal inferior a 10 amperère (A), enquanto uma TUE é destinada para equipamentos exclusivos com corrente nominal superior ao 10 A, devendo está em circuito exclusivo, como descrito na seção 4.2.1.2.3 da ABNT NBR 5410 (2004).

A Figura 06 exemplifica o modelo de um circuito de iluminação e tomada em um projeto elétrico, em que as simbologias variam de acordo com a escolha dos pontos e também pela preferência do cliente ou projetista.

Figura 06: Circuito de iluminação e tomada – exemplo.



Fonte: Adaptado da Bibliocad, 2021.

3.1.2.1 Pontos de iluminação

Para os ambientes não residenciais, a metodologia que especifica um projeto de iluminação possui maior complexidade em sua execução, sendo usado uma norma específica, a ABNT NBR/ ISO 8995-1 – Iluminação em ambientes de trabalho – parte 1: interior. De modo geral, o recurso do método de lúmens é o mais utilizado para definir a quantidade de luminárias e equipamentos de iluminação. Ele considera a quantidade de fluxo luminoso gerado pelas próprias lâmpadas, considerando as refletâncias das superfícies, (paredes, teto e piso). Por fim, destaca-se que essa norma especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para que pessoas desenvolvam atividades de forma mais eficiente, com conforto e segurança (ABNT, 2013). Logo, por se tratar de ambiente externo, não é possível obter o nível de iluminância médio para o ambiente estudado no presente trabalho.

Já em ambientes residenciais, ao se tratar de aparelhos fixos, a potência nominal utilizada deve considerar: potência das lâmpadas, o fator de potência e as perdas. Na seção 9.5.2.1 da NBR 5410, recomenda-se que para cada cômodo ou dependência seja previsto pelo menos um ponto de luz no teto através do comando de interruptor (ABNT, 2004). Em resumo, tem-se as seguintes especificações de potência em volt-ampère (VA) de acordo com a área a ser iluminada:

- Carga mínima de 100 VA para cômodos com área igual ou inferior a 6 metros quadrados (m²);
- Em cômodos com área superior a 6 m², previsão de carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m², acrescentando 60 VA para cada aumento de 4 m² inteiros.

3.1.2.2 Pontos de tomadas

As tomadas devem ser previstas de acordo com a destinação do local e em função dos equipamentos que serão utilizados da habitação. A seção 9.5.2.2 da NBR 5410 aborda os requisitos para locais de habitação:

- Pelo menos 1 ponto de tomada próximos aos lavatórios de banheiros;
- Cozinhas, áreas de serviços, copas, lavanderias e locais análogos a esses cômodos, devem ser previstos ao menos 1 ponto de tomada a cada 3,5 m e pelo menos 2 tomadas de corrente em cima de bancadas de pias, no mesmo local ou distintas;
- Varandas, pelo menos 1 ponto de tomada;
- Salas e dormitórios, pelo menos 1 ponto de tomada a cada 5 m, de forma que sejam o mais uniformemente espaçados possível pelo ambiente;
- Outros cômodos, devem ser atendidos os critérios de: 1 ponto de tomada se o cômodo for igual ou inferior a 2,25 m² (preferencialmente fora da dependência em até 0,80 m do acesso a porta); 1 ponto de tomada se o cômodo for superior a 2,25 m² e igual ou inferior a 6 m²; e 1 ponto de tomada a cada 5 m, se a área for maior que 6 m², de forma que sejam o mais uniformemente espaçados possível pelo ambiente.

Outros seguimentos quanto ao uso de tomadas são determinados na seção 4.2.1.2.3 da NBR 5410, onde afirma que (ABNT, 2004):

- Em *halls* de serviço, salas de manutenção e salas de equipamentos, tais como casas de máquinas, salas de bombas, barriletes e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada de uso geral. Aos circuitos terminais respectivos deve ser atribuída uma potência de no mínimo 1000 VA;
- Quando um ponto de tomada for previsto para uso específico, deve ser a ele atribuída uma potência igual à potência nominal do equipamento a ser alimentado ou à soma das potências nominais dos equipamentos a serem alimentados. Quando valores precisos não forem conhecidos, a potência atribuída ao ponto de tomada deve seguir um dos dois seguintes critérios: potência ou soma das potências dos equipamentos mais potentes que o ponto pode vir a alimentar, ou potência calculada com base na corrente de projeto e na tensão do circuito respectivo;

- os pontos de tomada de uso específico devem ser localizados no máximo a 1,5 m do ponto previsto para a localização do equipamento a ser alimentado;
- os pontos de tomada destinados a alimentar mais de um equipamento devem ser providos com a quantidade adequada de tomadas.

Para as potências atribuídas aos pontos de tomadas, de acordo com a seção 9.5.2.2.2 da NBR 5410, têm-se que (ABNT, 2004, p.184):

- 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.

3.1.3 Divisão das instalações

A correta divisão dos circuitos de uma instalação elétrica facilita a manutenção dos componentes e evitar a interferência entre os pontos de luz e tomadas nos diferentes ambientes da instalação. A seção 4.2.4 da NBR 5410 descreve alguns pontos a serem seguidos para a organização destes circuitos (ABNT, 2004):

- O número da divisão de circuitos deve ser determinado pelo projetista de acordo com as necessidades do projeto, com a exigência de evitar o máximo possível interferir com outros circuitos, quando for feito seccionamentos, por exemplo;
- Atendimentos as exigências de: segurança, conservação da energia, funcionais, de produção e de manutenção;
- Previsão de diferentes circuitos para casos de controle específico, de modo a evitar que possíveis falhas de um circuito não interfira nos demais;
- Necessidades futuras, isto é, ter a disponibilidade de circuitos inoperantes com reserva;
- Previsão de circuitos distintos para iluminação e tomadas;
- Distribuição (ou balanceamento) das cargas entre as fases, de modo a manter o máximo de equilíbrio possível.

3.1.4 Condutores e seus dimensionamentos

Os condutores elétricos tem como função principal a condução de potência elétrica para os diversas atribuições da instalação elétrica, seu material constituinte possui baixa resistência elétrica, possibilitando a passagem da corrente elétrica com maior facilidade (MATTEDE, 2021).

O dimensionamento dos condutores é uma etapa importante para o funcionamento correto da instalação, evitando danos à instalação e aos usuários. Para dimensionar os condutores é necessário obter a seção correspondente dos fios para o circuito, garantindo que a corrente elétrica determinada circule por ele sem restrições, altos aquecimentos e com queda de tensão dentre dos padrões de normalidade.

A NBR 5410 apresenta uma série de informações e condições para uso correto destes componentes, como: tensão e corrente nominais, fatores de potência, métodos de instalação, e correntes de curto-circuito (HSIN; IMAI, 2014).

A seção 6.2.6 da NBR 5410 apresentam as seções mínimas para os condutores de fase e neutro, respectivamente, com a Tabela 47 e 48. Elas especificam o tipo de linha, utilização e a seção mínima de cada material, em mm². As diferenças entre as seções de condutores fase e neutros normalmente obedecem a taxa, em porcentagem, da terceira harmônica, que variam de 15% a 33%, de acordo com o tipo de circuito (monofásico, trifásico, etc.) (ABNT, 2004). A seleção da seção dos condutores deve satisfazer os seguintes critério: seção mínima; capacidade de condução de corrente; e máxima queda de tensão. Quando feito esses dois processos, escolhe-se o fio de maior seção e com o material adequado.

Além disso, a NBR 5410 (2004) também aponta determinados esquemas para a instalação dos condutores, apresentando a descrição e os métodos de referências ou de instalação dos condutores. Resumidamente, tais esquemas levam em consideração se a linha é fechada ou aberta, se os condutores são expostos ou embutidos, tipo de isolamento, temperatura máximas de operação, e se são utilizados cabos uni ou multipolares.

3.1.4.1 Critério da capacidade de condução de corrente

O fluxo de corrente elétrica através da seção do condutor provoca o aumento da temperatura do material, dissipando potência por Efeito Joule, isto é, um aumento na quantidade de calor gerada pela agitação das cargas. Por isso, este critério tem o objetivo obter a operação da corrente elétrica no condutor sem ocasionar danos no seu material de constituição. A seção 6.2.5 da NBR 5410 contém as informações sobre este critério de

dimensionamento. O cálculo da corrente nominal, ou corrente de projeto, Do circuito pode ser feito através da Equação (1).

$$I_p = \frac{P_n}{v \cdot \cos\varphi \cdot \eta} \quad (1)$$

Sendo: I_p é a corrente de projeto do circuito em A; P_n é a potência nominal do circuito, em watts (W); v é tensão entre fase e neutro, em volts (V); $\cos\varphi$ é o fator de potência; e η é o rendimento, isto é, a relação entre a potência de saída P_s e a potência de entrada P_e de um equipamento: $\eta = P_s/P_e$.

A Tabela 35 da NBR 5410 mostra as temperaturas características dos condutores, de modo que a corrente do projeto não ultrapasse o limite de temperatura máxima estabelecido. Caso a corrente seja superior a esta definição, deve-se usar as Tabelas 36, 37, 38 e 39, que apresentam as características específicas para os métodos de referência calculados através de ensaios para a capacidade de condução de corrente. Estas tabelas indicam as seções nominais dos condutores que devem ser usados de acordo com o tipo de condutor (cobre e alumínio) e isolamento utilizados, que pode ser PVC (cloreto de polivinila); EPR (borracha etileno propileno); e XLPE (polietileno reticulado). A Figura 07 apresenta uma imagem ilustrativa dos três tipos de materiais citados utilizados para isolamento dos condutores.

Figura 07: Tipos de isolamento para condutores elétricos: PVC, EPR e XLPE.



Fonte: Adaptado da Induscabos, 2020.

3.1.4.2 Critério para o limite de Queda de Tensão

A seção 6.2.7 da NBR 5410 (2004) contém os destaques para o critério de dimensionamento que considera a queda de tensão máxima ao longo do circuito. Essa anomalia acontece no circuito elétrico devido a impedância distribuída do condutor ao longo de grandes distâncias entre a fonte e o ponto de consumo do circuito.

A queda de tensão máxima deve estar de acordo com as seguintes especificações (ABNT, 2004):

- 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s);
- 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado;
- 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição;
- 7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio
- a queda de tensão nunca pode ser maior que 4% para nenhum caso.

Outro ponto importante para o dimensionamento dos condutores é a identificação, mostrado na seção 6.1.5.3 da NBR 5410. Para condutores isolados, cabos unipolares ou multipolares, do tipo: Neutro, precisa ser identificado com o seu nome (função) ou pela cor azul-claro na isolação; Proteção (PE), identificado por seu nome (função) ou pelas cores verde-amarelo ou apenas verde; PEN (combinação proteção-neutro), deve ser identificado por seu nome (função) ou as cores azul-claro com anilhas verde-amarela; Fases, identificado pelo nome (função) ou outra cor que não seja atribuída as cores antes definidas para os demais tipos (ABNT, 2004, p. 86).

3.1.5 Fator de agrupamento dos circuitos

Uma estratégia usada em projetos elétricos é o agrupamento de circuitos, em que um grupo de condutores dimensionados para determinado circuito ficam em conjunto nos eletrodutos, isto é, nos dutos que protegem os cabos e condutores. Existem limitações para a quantidade de condutores por eletroduto, especificados na Tabela 46 da NBR 5410, na seção 6.2.5.6, de acordo com os esquemas de condutores vivos do circuito em relação ao número de condutores carregados que devem ser adotados, não extrapolando esses valores.

A não observância ao uso do fator de agrupamento pode resultar no aumento da temperatura do condutor, resultar em sobreaquecimento danosos para isolação, podendo resultar em choques elétricos, por falha de isolação, ou mesmo incêndios e explosões, dependendo do tipo de instalação (ABNT, 2004).

As tabelas 42, 43, 44, e 45, apresentam os dados de fator de correção para um número de condutores agrupados maiores do que os definidos no método de referência da capacidade de condução de corrente no Item 3.1.6.1. Em resumo, as tabelas determinam os fatores de correção com relação ao número de condutores e o formato de agrupamento dos circuitos,

tais como: feixe, camada única nas paredes, piso, teto, e outros; várias camadas, linhas com cabos enterrados e linhas com eletrodutos enterrados (ABNT 2004).

3.1.6 Aterramento

As disposições sobre aterramento elétrico são fundamentais para a segurança de pessoas e garantia de bom funcionamento dos dispositivos de proteção contra choques elétricos e sobrecorrentes. De maneira geral, os elementos básicos de um sistema de aterramentos são os seguintes: eletrodos; barramentos; massas metálicas; e condutores de ligação (MORENO *et al*, 2011).

Semelhante ao sistema de condutores vivos, o aterramento também possui um esquemático bem definido, como é mostrado na seção 4.2.2.2 da NBR 5410, onde são atribuídas algumas simbologias para o tipo de condutor de aterramento empregado, divididos em:

- Condutor Neutro (N);
- Condutor de Proteção (PE);
- Condutor de combinação Neutro e Proteção (PEN).

A Figura 08 apresenta os símbolos empregados para os tipos de condutores de aterramento citados.

Figura 08: Simbologia para aterramentos.



Fonte: Adaptado da NBR 5410, 2004.

3.1.6.1 Esquemas de aterramento

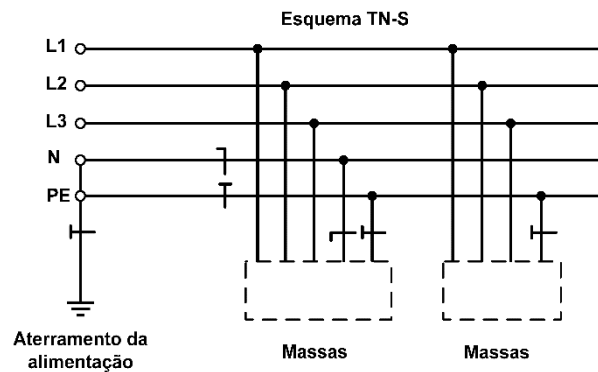
Uma padronização através da sequência de letras são usadas para atribuir a classificação dos esquemas de aterramento. A primeira letra indica a alimentação com relação à terra, sendo T, para o ponto diretamente aterrado e I, para quando a isolação de condutores vivos é feita através de impedância elevada. A segunda letra indica as massas em relação à terra, sendo T para massas diretamente aterradas, N para massas ligadas ao ponto neutro (ponto de alimentação aterrado, em AC). Por fim, a terceira letra indica a disposição do condutor neutro e fase, sendo S para quando a função de neutro e proteção do sistema estão em condutores distintos, e C para quando a função de neutro e proteção do sistema são combinados em um único condutor (PEN).

3.1.6.1.1 Esquema TN

Possui o ponto de alimentação diretamente aterrado com as massas ligadas ao ponto de proteção, neste caso, o ponto neutro. As variações são:

- TN-S, quando o condutor de neutro e de proteção são distintos, como apresentado na Figura 09.

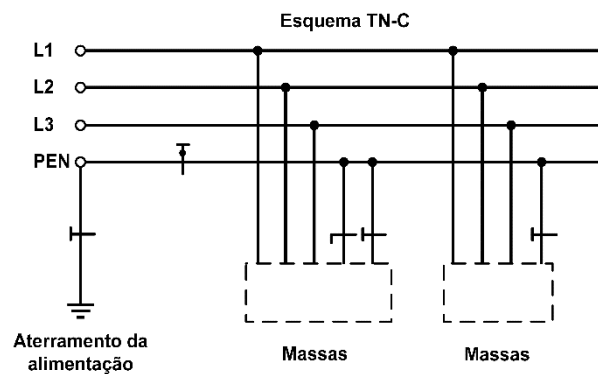
Figura 09: Esquema TN-S.



Fonte: Adaptado da NBR 5410, 2004.

- TN-C, quando as funções de neutro e proteção são combinados em um único condutor, como apresentado na Figura 10.

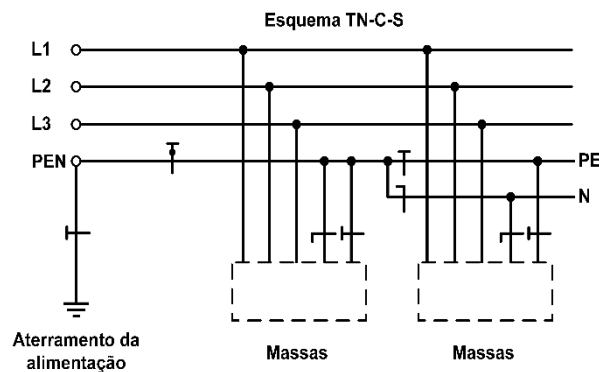
Figura 10: Esquema TN-C.



Fonte: Adaptado da NBR 5410, 2004.

- TN-C-S, quando o condutor de neutro e de proteção são combinados em um único condutor, como apresentado na Figura 11.

Figura 11: Esquema TN-C-S

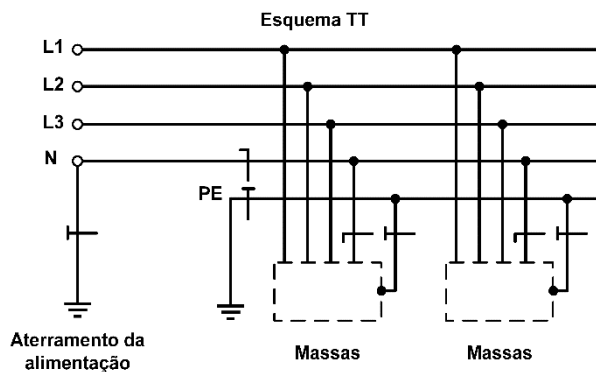


Fonte: Adaptado da NBR 5410, 2004

3.1.6.1.2 Esquema TT

Possui o ponto de alimentação diretamente aterrado com as massas ligadas ao eletrodo de aterramento próprio, isto é, separado do aterramento da alimentação. A Figura 12 apresenta como é organizado esse esquema.

Figura 12: Esquema TT.

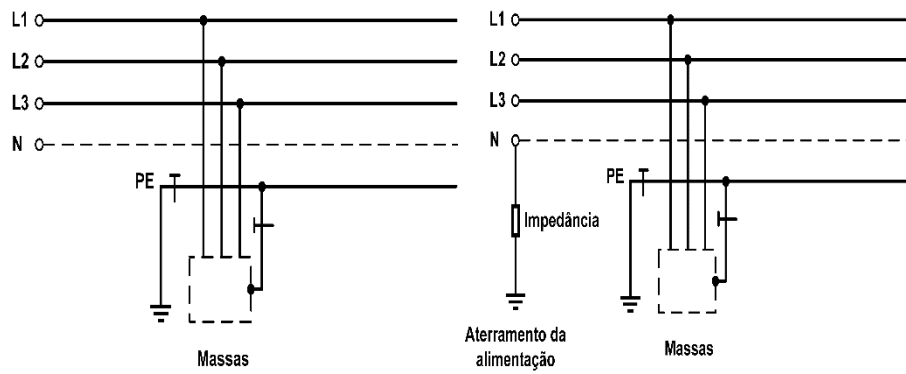


Fonte: Adaptado da NBR 5410, 2004.

3.1.6.1.3 Esquema IT

O aterramento não é feito de forma direta, pois o ponto de alimentação é isolado da terra ou realizado através de uma impedância elevada. As massas podem ser conectadas à terra por meio do eletrodo de aterramento principal, ou por um próprio do sistema. A Figura 13 apresenta os detalhes desse dois tipos de esquemas IT.

Figura 13: Esquema IT.



Fonte: Adaptado da NBR 5410, 2004.

3.1.6.2 Eletrodo de aterramento

O eletrodo de aterramento é o componente, geralmente, formado por uma haste ou cabo de cobre, sendo usado para contato elétrico direto com o solo (terra), proporcionando a dispersão de corrente de falta através do mesmo. Podem ser naturais ou convencionais. Os naturais dizem respeito a elementos da instalação que não foram originalmente pensado com essa finalidade, porém suas propriedades elétricas e mecânicas possibilitam seu uso para esta aplicação. Como exemplo, pode-se citar os condutores de vigas que compõem a fundação de uma edificação. Por outro lado, os convencionais são construídos especificamente para o projeto de aterramento (MORENO *et al*, 2011).

Para selecionar os materiais dos eletrodos de aterramento é importante se ter uma análise das características de resistência a corrosão e resistência mecânica adequada, que são empregados na Tabela 51 da seção 6.4.1.1.6 da NBR 5410 (2004), onde se tem as relações entre o tipo de material (geralmente aço ou cobre), formatos, dimensões como: diâmetro, seção, espessuras do material, e a espessura dos revestimentos.

3.1.6.3 Condutores de aterramento

Como já foi citado antes, os condutores PE e PEN são os principais tipos de condutores de aterramento. Os condutores diretamente enterrados no solo devem seguir as recomendações da Tabela 52 da NBR 5410, onde são apresentadas as seções mínimas relacionados a possíveis danos mecânicos e corrosão (ABNT.2004).

Para os condutores de PE, as seções mínimas devem satisfazer a Equação (2). Na fórmula S é a seção do condutor; I o valor eficaz da corrente de falta; t é o tempo de atuação do dispositivo de proteção responsável pelo seccionamento automático, em segundos; k um fator de condição do material do condutor de proteção, sua isolação e outras partes. As tabelas 53 a 57 da NBR 5410 mostram as especificações do Fator k para cada caso.

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k} \quad (2)$$

A tabela 58 da NBR 5410 atua como alternativa para o cálculo em casos que o condutor de proteção é do mesmo material que o condutor de fase do mesmo circuito.

Para os condutores PEN, só admite-se com seção mínima de 10 mm² para fios de cobre ou 16 mm² para fios de alumínio.

3.1.7 Dimensionamento de eletrodutos

De acordo com Mattede (2021), os eletrodutos são partes importantes da infraestrutura, consistindo de tubulações desenvolvidas exclusivamente para armazenar condutores elétricos, de modo a evitar problemas no contato dessas fiações em conjunto, risco de corrosão, choques elétricos, aquecimentos, colisões, entre outros fatores. A seção 6.2.11.1 da NBR 5410 contém as disposições sobre o uso dos eletrodutos na instalação elétrica.

Nos eletrodutos só podem ser instalados condutores isolados, cabos uni e multipolares. As dimensões internas do eletroduto devem estar adequadas para inserção dos condutores, para facilitar o seu manuseio, devendo respeitar a taxa de ocupação máxima permitida são elas (ABNT, 2004):

- 53% para um condutor;
- 31% para dois condutores;
- 40% para 3 ou mais condutores.

É importante informar que os trechos retos contínuos de tubulações não devem ultrapassar o limite de 15 m para linhas na parte interna da edificação ou 30 m para a área externa. Caso o trecho contenha curvas, o limite 3 m a cada curva de 90 graus deve ser observado.

Após o conhecimento dos condutores e eletrodutos, é possível fazer a escolha das linhas elétricas da instalação. Por isso, a Tabela 33 da NBR 5410 estabelece os tipos de linhas elétricas, com um número considerável dos métodos de instalações, de acordo com o método de referência empregado (ABNT,2004).

3.1.8 Dispositivos de proteção

A garantia de segurança de um projeto de instalações elétricas é primordial para o desempenho dos equipamentos e funções do sistema projetado. Por isso, algumas medidas protetivas foram desenvolvidas para garantir a integridade dos componentes da instalação e segurança de seus usuários. As principais proteções são desenvolvidas contra: choques elétricos; efeitos térmicos danosos; sobrecorrentes; e sobretensões.

A proteção contra choques elétricos tem o intuito de proteger pessoas e animais desta possível condição, tanto devido contato direto com algum componente energizado como por falhas acidentais. A proteção contra efeitos térmicos visa a segurança contra riscos

relacionados a matérias inflamáveis, tanto devido ao aumento de temperatura como por consequência de arcos elétricos. A proteção contra sobrecorrente (corrente acima do valor nominal do circuito) e sobretensão (tensão acima do nível nominal do circuito) estabelece que pessoas, animais e bens precisam ser segurados quanto as alterações perigosas, devido causas naturais ou artificiais, dos níveis de corrente e de tensão de um sistema elétrico, que venham resultar em situações de riscos (ABNT, 2004).

A natureza dos dispositivos de proteção são divididas em três categorias, apresentadas na seção 5.3.3 da NBR 5410 (ABNT, 2004):

- Dispositivos de proteção contra correntes de sobrecarga e correntes de curto-circuito, simultaneamente – interrompem qualquer sobrecorrente inferior ou igual a corrente de curto-circuito projetada (capacidade de interrupção do dispositivo), é o caso dos disjuntores termomagnéticos
- Dispositivos de proteção apenas contra correntes de curto-circuito – disjuntores eletromagnéticos e dispositivos fusíveis;
- Dispositivos de proteção apenas contra correntes de sobrecarga – disjuntores e relés térmicos).

Os três dispositivos principais são: os Disjuntores Termomagnéticos (DTM); Dispositivo Diferencial-Residual (DR); e o Dispositivo de Proteção contra Surtos elétricos (DPS).

3.1.8.1 Disjuntores termomagnéticos

O DTM é, em geral, um dispositivo eletromecânico projetado com a função de seccionar circuitos quando ocorrer sobrecorrentes no circuito. O diferencial desse tipo de disjuntor está no fato das suas propriedades oferecerem proteção térmica e magnética simultaneamente. A Figura 14 apresenta um exemplo de disjuntor termomagnético utilizado em projetos elétricos de BT, sendo este um mini DTM tripolar 50A/C da marca WEG – MDW.

Figura 14: Disjuntor termomagnético.



Fonte: WEG, 2021.

A proteção térmica ocorre por efeito Joule, devido ao sobreaquecimento de uma bimetálica, por consequência da passagem da corrente de sobrecarga do circuito, cuja dilatação promoverá o acionamento do disparador deste dispositivo. Já a proteção magnética, ela acontece no seccionamento do circuito devido atuação de uma força magnética que promove o deslocamento de êmbolo, que por sua vez, aciona o disparador do dispositivo por consequência da passagem da corrente de falta através de uma enrolamento (MATTEDE, 2021). Deve-se destacar que ambos, placa bimetálica e bobina, estão ligados em série com o circuito ou dispositivo a ser protegido.

Com base na seção 5.3.4 da NBR 5410, para que o dispositivo de proteção contra correntes de sobrecarga proteja os condutores, é necessário satisfazer as Equações (3) e (4) para o seu dimensionamento.

$$IB \leq IN \leq IZ \quad (3)$$

$$I2 \leq 1,45 \cdot IB \quad (4)$$

Em que (ABNT, 2004, p. 63),

- IB é a corrente de projeto do circuito;
- Iz é a capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para sua instalação (ver 6.2.5);
- In é a corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste, para dispositivos ajustáveis), nas condições previstas para sua instalação;
- $I2$ é a corrente convencional de atuação, para disjuntores, ou corrente convencional de fusão, para fusíveis.

Para a proteção contra curto-circuito, a capacidade de interrupção do circuito precisa ser no mínimo igual a corrente de curto-circuito presumida no local de instalação.

3.1.8.2 Dispositivos diferencial-residual

O DR é um equipamento dimensionado para realizar a abertura de um circuito em situações envolvendo fugas de corrente, possibilitando maior segurança contra choques-elétricos (ABNT, 2004, p.38).

O perigo de choques elétricos está presente em toda instalação elétrica, independentemente do nível de tensão, e por isso algumas medidas básicas precisam ser seguidas, como: dificultar o acesso com partes vivas ou massas condutivas da instalação; sistemas de isolamento básica; e uso de invólucros. Além das medidas básicas, são necessárias as medidas supletivas, como uso de equipotencialização suplementar e seccionamentos automáticos, e medidas adicionais, em que o dispositivo de proteção diferencial-residual de alta sensibilidade o mais recomendado.

A seção 5.1.3.2 da NBR 5410 (2004) afirma que o DR de alta sensibilidade é usado como proteção adicional contra choques elétricos para casos em que a corrente diferencial-residual nominal seja menor ou igual a $30mA$. O uso desse dispositivo é obrigatório nos casos em que os circuitos estão localizados:

- Onde os pontos de utilização contém banheira ou chuveiro;
- Onde existem tomadas de corrente fora da edificação ou estão dentro e alimentam equipamentos na parte externa;
- Onde os pontos de utilização estão em cozinhas, copas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens;
- Em edificações não-residenciais, que sirvam a pontos de tomada situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e, no geral, em áreas internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens.

O DR também é utilizado para a proteção contra sobrecorrentes, como é descrito na seção 6.3.3.2 da NBR 5410, destacando que:

- Em circuitos com corrente contínua, utilizar DR que detectam apenas corrente diferencial-residual contínua;
- Em circuitos com corrente alternada, há presença das correntes de falta contínua, portanto só deve utilizar o DR com estas características específicas;
- Devem garantir seccionamento de todos os condutores vivos do circuito protegido;

- Selecionar o DR de acordo com as correntes de fuga à terra suscetíveis de circular durante o funcionamento normal das cargas alimentadas, não podendo provocar a atuação intempestiva do dispositivo;
- Uso de dispositivos DR com fonte auxiliar que não atuem automaticamente no caso de falha da fonte auxiliar.

A Figura 15 apresenta a instalação de um DR de alta sensibilidade em um quadro de distribuição de circuito, nela foram destacados alguns parâmetros, como seu código, corrente diferencial-residual nominal, esquema de ligação, tensão máxima, e outros atributos.

Figura 15: DR de alta sensibilidade.



Fonte: Heitor Borba Soluções, 2013.

3.1.8.3 Dispositivo de proteção contra surtos ou sobretensões

O DPS é utilizado para limitar algumas ações recorrentes na instalação elétrica, como: em sobretensões transitórias na rede, desvios de correntes de surto, descargas atmosféricas e chaveamentos (PRESTES, 2016). A Figura 16 mostra um exemplo de um DPS bastante usado em projetos elétricos.

Figura 16: DPS – exemplo.



Fonte: WEG, 2021.

As sobretensões são causadas pela elevação brusca da tensão por causa de um determinado distúrbio no sistema elétrico. Elas podem ser classificadas em temporária ou transitórias; o primeiro tipo acontece quando existe uma falha de isolamento para outra instalação de tensão mais elevada ou quando acontece a perda do condutor neutro em esquemas de aterramento TN e TT; o segundo acontece principalmente por causas das descargas, o que tendem a causar perdas mais significativas às instalações elétricas, aos equipamentos e nas pessoas envolvidas. As sobretensões causadas por manobra decorrem do seccionamento rápido (brusco) da corrente elétrica em um circuito de indutância elevada (com baixo fator de potência) (MORENO *et al*, 2011).

Para selecionar o dispositivo de proteção corretamente o DPS, deve-se levar em consideração a sua suportabilidade as sobretensões transitórias, sendo preciso que o valor nominal da tensão de impulso não seja inferior aos valores indicado na Tabela 31 da NBR 5410.

Os critérios para uso e local de instalação do DPS são informados na seção 6.3.5 da NBR 5410, que trata tanto da proteção em linhas de energia como em linhas de sinais.

Em linhas de energia, o DPS deve ser instalado (ABNT, 2004, p. 130):

- a) quando o objetivo for a proteção contra sobretensões de origem atmosférica transmitidas pela linha externa de alimentação, bem como a proteção contra sobretensões de manobra, os DPS 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; ou
- b) quando o objetivo for a proteção contra sobretensões provocadas por descargas atmosféricas diretas sobre a edificação ou em suas proximidades, os DPS devem ser instalados no ponto de entrada da linha na edificação.

Os esquemas de conexão dos DPS podem ser visualizados através da Figura 13 apresentada na seção 6.3.5.2.2 da NBR 5410.

A seleção do DPS também é feita conforme as categorias indicada na Tabela 31 da NBR 5410, isto é, em função da suportabilidade a impulso exigível dos componentes da instalação. A categoria IV são componentes utilizados na entrada da instalação ou próximo da entrada, a montante do quadro de distribuição principal; a categoria III são componentes da instalação fixa propriamente dita; a categoria II corresponde aos produtos feitos para instalação elétrica fixa; e a categoria I o mesmo que a categoria II, mas com proteção a sobretensões transitórias específica (MORENO *et al*, 2011). O DPS da Figura 16 é um modelo monopolar da classe II – 20kA e 275 V.

Em linhas de sinais, a seleção do DPS é feita com base nas seguintes especificações: tipo de DPS; tensão de disparo corrente contínua - CC (no máximo 500 V e no mínimo 200V); corrente se sobrecarga impulsiva; corrente de sobrecarga em corrente alternada - CA; protetor de sobrecorrente; blindagens e capas metálicas. Vale ressaltar que as definições precisas destas especificações são descritas na seção 6.3.5.3.3 da NBR 5410.

3.1.9 Equipotencialização

A equipotencialização tem a função de garantir a não ocorrência de Diferença De Potencial (DDP) entre dois ou mais corpos da instalação; possui características semelhantes aos sistemas de aterramento, pois também é utilizada na proteção contra choques elétricos, sobretensões e distúrbios eletromagnéticos (ABNT, 2004). Entretanto, a equipotencialização, diferentemente do eletrodo de aterramento, não se encontra enterrado no solo.

De acordo a seção 5.1.2.2.3 da NBR 5410, as principais prescrições para a equipotencialização são as seguintes (ABNT, 2004):

- As massas de uma instalação devem, obrigatoriamente, estar ligadas a um condutor de proteção;
- Equipotencialização principal em cada edificação;
- Massa de mesma edificação devem estar ligadas ao mesma equipotencialização principal (mesmo eletrodo de aterramento);

- Massas simultaneamente acessíveis devem estar vinculadas a um mesmo eletrodo de aterramento;
- Massas protegidas contra choques elétricos por um mesmo dispositivo, dentro das regras da proteção por seccionamento automático da alimentação

Os principais elementos utilizados na equipotencialização são: estruturas metálicas, como armaduras de concreto armado; tubulações metálicas; condutos; blindagens; coberturas; condutores de proteção das linhas; condutores de interligação; condutor neutro da alimentação; e condutores de proteção principal (ABNT, 2004). Se estes elementos estiveram associados a linhas externas à edificação, devem ser ligados a equipotencialização principal mais perto possível do ponto que entram ou saem da edificação.

Perto do ponto de entrada da alimentação elétrica, um barramento deve ser conectado ao sistema, chamado de Barramento de Equipotencialização Principal (BEP). Este item deve ser usado para conectar os elementos descritos anteriormente direta ou indiretamente ao eletrodo de aterramento e, dessa forma, evitar os estabelecimento de potenciais elétricos perigosos. É importante destacar que todos os condutores ligados ao BEP precisam ter desconexões individuais e indicações de não remoção da “conexão de segurança” em armaduras e tubulações (ABNT, 2004).

Destaca-se que em casos específicos, a equipotencialização suplementar pode ser implementada por razões funcionais, como perturbação eletromagnética e outros fatores presentes na seção 9 da NBR 5410, isto é, em requisitos complementares para instalações ou locais específicos.

3.2 FORNECIMENTO DA ENERGIA PARA A INSTALAÇÃO ELÉTRICA

Todo projeto elétrico precisa de um fornecedor para energia elétrica que será utilizada na instalação, de acordo com a demanda energética calculada. É de responsabilidade da distribuidora oferecer as condições certas para o uso dessa demanda energética. Para tanto, elas desenvolvem e fornecem gratuitamente normas técnicas, prescrevendo regras gerais que devem ser observadas pelo engenheiro projetista da instalação elétrica.

No caso do Rio Grande do Norte (RN), a distribuidora de energia elétrica detentora da concessão de fornecimento de energia elétrica é a Concessionária de Energia Elétrica do Rio Grande do Norte (COSERN) –. Ela possui diversas normas técnicas envolvendo

instalações elétricas de BT, de AT, redes de distribuição e etc. A DIS-NOR-030 (Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição a edificações individuais) será a utilizada para os critérios do projeto elétrico definido neste trabalho. Esta, por sua vez, possui características específicas que condizem com a demanda energética apropriada para a edificação proposta, por se tratar de uma unidade consumidora individual e que possui uma demanda de carga instalada superior a 15 quilowatts (kW), portanto sendo ligada a um sistema de 380/220 V (rede trifásica).

Uma outra vertente que a norma da concessionária destaca é o conceito de Demanda. Normalmente em uma instalação existem muitas variações na instalação com relação ao consumo total das potências, isto porque raramente há simultaneidade do uso de todos os pontos de consumo de uma instalação. Assim, realizar o dimensionamento com a potência instalada total, dependendo das características da instalação analisada, pode representar uma condição de operação que não será alcançada.

Por isso, a norma usada pela concessionária em estudo, a DIS-NOR-030(2021), apresenta o conceito de Demanda total e Fatores de Demandas, usados para ajustar o cálculo das potências. A demanda máxima de uma instalação pode ser estimada como mostra a Equação (5).

$$D = a + b + c + d + e + f + g + h + i + j \quad (5)$$

Onde essas letras representam o valor de cada demanda específica, ajustadas através dos seus respectivos Fatores de Demanda (Fd), em que:

- *a* - demanda referentes à iluminação e tomadas de uso geral;
- *b* - demanda dos aparelhos eletrodomésticos e de aquecimento;
- *c* - demanda de aquecedores centrais ou de acumulação
- *d* - demanda de secadores de roupa, forno elétrico, máquina de lavar louça e forno de microondas;
- *e* - demanda para fogões elétricos;
- *f* - demanda para ar condicionares de janela;
- *g* - demanda dos motores e máquinas de solda;
- *h* - demanda para equipamentos especiais;
- *i* - demanda para hidromassagens;
- *j* - demanda para recarga de veículos elétricos.

As demandas são apresentadas nas Tabelas de 1 a 13 do Anexo I da DIS-NOR-030 (2021), onde são dispostos os valores dos Fd de acordo com os tipos de cargas empregados, principalmente em aparelhos de uso específico.

4 PRESCRIÇÕES DA NBR 14639

Como abordado anteriormente, a NBR 5410 é fundamental para o desenvolvimento correto de projetos elétricos em instalações de BT como em residências, comércios, indústrias, e outras edificações. No entanto, existem outros estabelecimentos, que também operam como é o caso de postos de combustíveis, que, mesmo operando em baixa tensão, exigem análises específicas, não contemplada na NBR 5410, precisando, portanto, que sejam observadas outras normas técnicas, específicas ao tipo de projeto.

Nesta seção, são apresentadas as prescrições da NBR 14639 (2014), que fornece as condições específicas para instalações elétricas de BT em locais que possuem armazenamento de líquidos inflamáveis. Através dessa norma, é possível obter informações sobre as definição de zonas de classificação, tipos de proteção e grupos; distribuição e alimentação elétrica; proteção elétrica, caminhamento de cabos e fiação; eletrodutos e dispositivos de selagem em áreas classificadas; aterramento e equipotencialização, sistemas de proteção contra descargas atmosféricas; dispositivos de proteção; e outros processos da correta instalação elétrica neste tipo de edificação (ABNT, 2014).

4.1 TERMOS E DEFINIÇÕES DA NORMA

Para compreender melhor as prescrições da NBR 14639, é importante conhecer os termos e conceitos específicos desse tipo de instalação, cujas principais são:

- Áreas classificadas e não classificadas, uma região onde há presença de atmosfera explosiva, que dependendo da quantidade, é necessário cuidados especiais no projeto, manutenção e outras atribuições no sistema elétrico (ABNT, 2014);
- Atmosfera explosiva, que corresponde a mistura de ar e substâncias inflamáveis na forma de gás, névoa ou vapor, que em condições atmosféricas, ativam sua ignição no ambiente, causando a combustão das misturas citadas (ABNT, 2014);
- Caixa de passagem, que são invólucros usadas para facilitar manutenções na instalação elétrica, pois nelas são acoplados os cabos e/ou derivações do sistema (ABNT, 2014);
- Líquidos inflamáveis, que é um líquido capaz de produzir um vapor inflamável em condições operacionais previstas (ABNT, 2014);

- Líquidos combustíveis, líquido que possui ponto de fulgor maior ou igual a 70°C e inferior a 93,3°C (ABNT, 2014);
- Ponto de abastecimento (PA), trata-se de um ambiente feito para o armazenamento de combustível de veículos automotores terrestres, equipamentos móveis, aeronaves, locomotivas e embarcações, de posse do detentor da instalação (ABNT, 2014);
- Ponto de fulgor, corresponde a menor temperatura do fluido onde se libera os vapores, em quantidade suficiente e em condições normais, para formação de uma mistura inflamável de vapor e ar, que entra em ignição, mas não mantém a combustão por muito tempo (ABNT, 2014).
- Pressão de vapor, é a pressão que ocorre em um vapor quando se há um equilíbrio termodinâmico causado pelo líquido que lhe originou (ABNT, 2014);
- Sistemas de armazenamento aéreo de combustíveis - também chamado de SAAC, corresponde a um conjunto formado por tubulações, acessório e tanque, interligados (ABNT, 2014);
- Sistema de armazenamento subterrâneo de combustíveis - também chamado de SASC, corresponde a um conjunto formado por tubulações, acessório e tanque, enterrados (ABNT, 2014);
- Unidade de filtragem – dispositivo criado com objetivo de melhorar os níveis de filtragem dos líquidos combustíveis (ABNT, 2014).

4.2 CRITÉRIOS PARA ZONA DE CLASSIFICAÇÃO

As áreas de classificação presentes em postos de combustíveis são definidas com base em critérios específicos. O principal fator a ser considerado é a possibilidades de ignição, isso porque faíscas resultantes da eletricidade podem levar ao processo de combustão dos líquidos inflamáveis, e por isso as precauções são elevadas nesse quesito (ABNT, 2014).

A NBR 14639 apresenta como complemento a NBR IEC 60079-10-1 (2019), que aborda os conceitos para classificações de área em atmosfera explosiva gás, mostrando como é feita a seleção adequada de equipamentos nestes locais. Nela são destacadas as etapas para classificar as áreas, que são: zonas, grupos e tipos de proteção. A primeira dispõe as

probabilidades de materiais inflamáveis, a segunda define as espécies dos materiais inflamáveis e a terceira diz respeito à segurança para os equipamentos.

4.2.1 Quanto a zonas de classificação

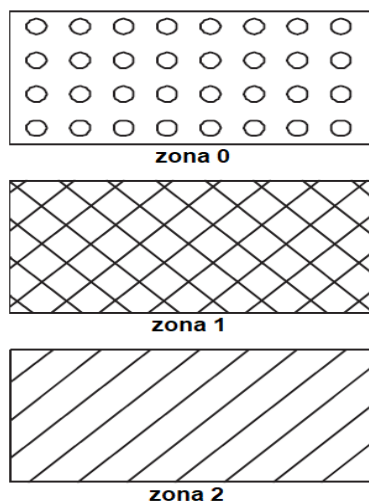
De acordo com a NBR 14639 (2014) as zonas de classificação são enumeradas em 0, 1 e 2, sendo (ABNT, 2014):

- Zona 0 a área na qual uma mistura de gás/ar, potencialmente explosiva, está presente continuamente ou por grandes períodos de tempo.
- Zona 1 a área na qual uma mistura de gás/ar, potencialmente explosiva, pode estar presente durante o funcionamento normal do processo.
- Zona 2, a área na qual uma mistura de gás/ar, potencialmente explosiva, não está normalmente presente. Caso esteja, será por curtos períodos de tempo.

Além disso, a NBR IEC 60079-10-1 (2019) apresenta as áreas não classificadas, isto é, aquelas cuja atmosfera explosiva de gás não está presente. Vale destacar que as áreas classificadas precisam ser detalhadas em plantas e cortes do arranjo geral.

A Figura 17 apresenta a forma como simboliza-se as zonas de classificação no projeto de instalações elétricas em posto de combustíveis, de maneira preferencial.

Figura 17: Zonas de classificação – simbologia.



Fonte: NBR IEC 60079, 2019.

4.2.2 Quanto aos grupos

Esta metodologia consiste na divisão de grupos de acordo com a natureza do produto inflamável presente no local, que são:

- Grupo I, equipamentos desenvolvidos para trabalho em mineração;

- Grupo II, equipamentos em indústrias na superfície;

O Grupo II é subdivididos em: IIA, para materiais derivados do petróleo; IIB, para materiais da família do eteno; e IIC, para materiais gases como hidrogênio e acetileno (ELIAS; VIEIRA; BICZKOWSKI, 2011).

4.2.3 Quanto aos tipos de proteção

Consiste na forma de realizar a classificação das áreas por meio de simbologias que explicam os níveis de segurança para os equipamentos, de modo a identificar a técnica usada para eliminar o risco de explosão. As três principais soluções para a proteção destes equipamentos são: prender as fontes de ignição, segregá-las e diminuir os níveis de energia a fim de evitar a inflamação das misturas de gases combustíveis presentes na atmosfera (ELIAS; VIEIRA; BICZKOWSKI, 2011).

O Quadro 01 apresenta os códigos, métodos de proteção existente e as zonas de classificação correspondente a eles.

Quadro 01: Tipos de proteção

Método de proteção	Código	Zona
À prova de explosão	Ex-d	1 e 2
Pressurizado	Ex-p	1 e 2
Encapsulado	Ex-m	1 e 2
Imerso em óleo	Ex-o	1 e 2
Imerso em areia	Ex-q	1 e 2
Intrinsecamente seguro	Ex-i	0,1 e 2
Segurança aumentada	Ex-e	1 e 2
Não acendível	Ex-n	2
Especial	Ex-s	0, 1 e 2

Fonte: Adaptado da ABPEX, 2006.

Ainda com relação ao tipo de proteção, o desempenho destas funções estão ligados também a sua classe de temperatura, que de acordo com os dados obtidos na NBR IEC 60079-14 (2018), apresenta um tabela com as temperaturas máximas permitidas na superfície para que não ocorra a ignição de nenhum gás ou vapor. A Tabela 1 mostra a classificação dos equipamento quanto à temperatura.

Tabela 1: Classes de temperatura.

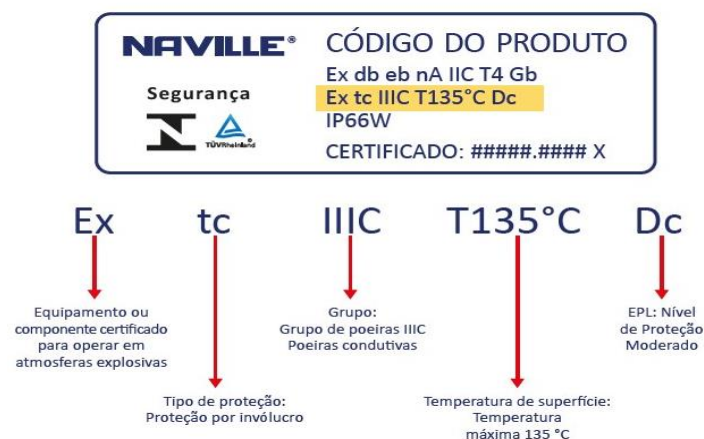
Classe de temperatura	Temperatura Máxima de superfície (°C)
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

Fonte: Adaptado da ABPEX, 2006.

4.2.4 Identificação de Equipamentos

Os equipamentos para áreas classificadas devem obter a certificação de um órgão regulamentador que garanta a qualidade e correta aplicação destes. É importante ter-se uma identificação visível no corpo do equipamento, com as especificações marcadas sobre qual zona, grupo e proteção eles são definidos. A Figura 18 apresenta um exemplo de marcação encontrada em equipamentos da marca *Naville*, o qual é mostrado o código do produto, o certificado e a identificação quanto a classificação da área.

Figura 18: Marcação de equipamentos.



Fonte: Naville, 2020.

4.2.5 Índice de Proteção (IP)

O IP é um código alfanumérico que indica se o equipamento foi projetado para impossibilitar a entrada de sólidos e líquidos adentrem em seu interior, conforme é

apresentado na ABNT IEC 60529 - Graus de proteção providos por invólucros (Códigos IP) (2017). A informação é feita na forma “IP” + “dois número (entre 0 e 8)”, em que o primeiro número indica o grau de proteção contra sólidos, e o segundo o grau de proteção contra líquidos.

4.2.6 Níveis de proteção de equipamentos

Os níveis de proteção de equipamentos são prescritos na ABNT NBR IEC 60079-0 (2020), onde são estabelecidos os diferentes tipos de atmosferas explosivas (gás, poeira, minas susceptíveis a grisu) em relação com a possível ignição destes materiais. A identificação é feita através de letras: a primeira letra, maiúscula identifica o local de instalação do equipamento; a segunda letra, minúscula, identificar a proteção que o equipamento fornece.

4.3 DISTRIBUIÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA

As disposições das linhas de energia elétrica na instalação dos postos de combustíveis devem atender, na maioria dos casos, aos critério previamente estabelecidos no Item 3 sobre os elementos fundamentais para projetos elétricos em baixo tensão, ou seja, a ABNT NBR 5410/2004. Entretanto, para adequações específicas a esse tipo de projeto, é necessário seguir as orientações apresentadas na ABNT NBR 14639 (2014).

4.3.1 Alimentação

Seguindo as prescrições da NBR 14639, as demandas do padrão de entrada e distribuição da energia elétrica são feitos conforme a norma da concessionária local (Item 3.1.13), bem como devem atender aos critérios apresentados na NBR 5410. Alguns pontos de destaque para esta etapa, são (ABNT, 2014):

- Deve-se atender a demanda de medidores o quanto for necessário para o tanto de consumidores, como o ponto de abastecimento e lojas de conveniência;
- Alimentação pode ser em tensão secundária ou primária (neste caso seguindo a primeira opção, como foi afirmado anteriormente);
- O quadro geral, quadro de medição e a cabine primária devem estar situadas em ambiente com área não classificada, e atenderem aos critério de afastamento

máximo do limite do terreno com a via pública; iluminação apropriada, ventilação e propriedades definidas para o aterramento;

- O sistema de distribuição de energia deve conter: padrão de entrada da concessionária; o quadro geral de entrada e medição e o quadro de distribuição;
- Devem ser ligados ao aterramento principal todas as partes metálicas presentes quadros elétricos;
- A entrada para redes de telecomunicação, bem como suas disposições, devem ser facilitadas e feitas em áreas não classificadas

4.3.2 Sistema para distribuição de cabos e fiações

Toda a distribuição de cabos e fiação para a instalação de postos de combustíveis devem atender as demandas da NBR 5410, como foram descritos dos Itens 3.1.5 ao 3.1.10. Além desses seguimentos, a NBR 14639 apresenta recomendações imprescindíveis, principalmente para a condução dos eletrodutos e cabos, utilizando os métodos de bandejamento, esteiras ou eletrodutos embutidos (ABNT, 2014).

4.3.2.1 Eletrodutos enterrados

As recomendações para o projeto de eletrodutos enterrados em postos de combustíveis, são encontrados na seção 5.3.2 da NBR 14639 (ABNT, 2014), podendo citar as seguintes:

- São definidos com instalações de áreas não classificadas;
- Nas instalações subterrâneas, onde não há pavimentação, as tubulações devem estar no mínimo a 0,60 m de profundidade com uma inclinação mínima de 0,5% para dutos subterrâneos no sentido da caixa de passagem;
- Proteção de cabos contra deterioração;
- Eletrodutos abaixo da pavimentação, com profundidade que garanta sua integridade;
- Caixas subterrâneas de passagem posicionadas fora das áreas classificadas;

4.3.2.2 Eletrodutos e dispositivos de selagem em áreas classificadas

As recomendações para a instalação de eletrodutos e dispositivos de selagem em áreas classificadas são fundamentadas pela ABNT NBR IEC 60079-14 (2018). As unidades

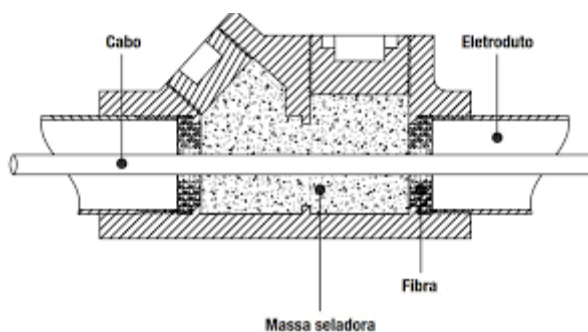
seladora, ou dispositivos de selagem, são utilizadas nas saídas dos equipamentos em áreas com risco de explosões (área classificadas), onde apresentam componentes que impedem a propagação da explosão em tubulações. A unidade seladora impede que líquidos, vapores inflamáveis os gases passem de um local com de áreas classificadas para não classificada (ABNT, 2014). A Figura 19 apresenta um modelo para unidades seladoras e o detalhe de sua instalação no eletroduto.

Figura 19: Unidade seladora.



(a) Modelo de unidade seladora

Fonte: Central Ex, 2021



(b) Detalhe de instalação de uma unidade seladora.

Fonte: Atexbr, 2021.

Com base na seção 9.4 da NBR IEC 60079-14 (2018), “Os eletrodutos devem ser instalados com unidades seladoras onde eles adentrem ou deixem uma área classificada e adjacentes a invólucros, de forma a manter o adequado grau de proteção do invólucro.”

Além disso, destacam-se as seguintes prescrições na seção 5.3.3 da NBR 14639 (ABNT, 2014):

- Todos os eletrodutos devem estar roscados e firmemente encaixados às suas conexões ou invólucro, no mínimo em cinco fios de rosca;
- Não é permitido cruzamento entre eletrodutos e tanques subterrâneos, exceto os que serão levado para o tanque de destino;
- Evitar proximidade entre eletroduto de tubulações de combustíveis;
- Instalação apenas de condutores isolados nos eletrodutos (com ressalva para condutores de aterramento, que podem ser o condutor nu);
- Não necessita utilizar unidade seladora em trechos onde é usado eletroduto metálico atravessando uma área classificada que ultrapassa 0,30 m desta área.

As principais vantagens para a aplicação de unidades seladoras é a garantia de proteção a danos mecânicos e efeitos por reações químicas. Por outro lado, a desvantagem está voltado para dificuldade em realizar possíveis manutenções e reparos que eventualmente podem ocorrer, devido a rigidez de sua montagem (MANTECON, 2010).

4.3.2.3 Invólucros à prova de explosão e caixas de passagem

Os invólucros à prova de explosão são componentes fabricadas para conter a ignição de uma atmosfera explosiva suportando a pressão desenvolvida por uma mistura explosiva, sendo portanto um tipo de proteção “*Ex-d*”, como foi revelado no Item 4.2.3. Já as caixas de passagem são componentes elétricos utilizados para passagem de fios e cabos, ou para ligamento de interruptores e tomadas.

A utilização de invólucros à prova de explosão são encontrados em barreiras sólidas, juntas à prova de explosão, entrada de cabos, motores de tensão e frequências variáveis, e sistemas de eletrodutos (ABNT, 2014).

A composição dos eletrodutos para o uso dos invólucros à prova de explosão são descritos nas seguintes especificações da seção 10.6 da NBR IEC 60079-14 (2018):

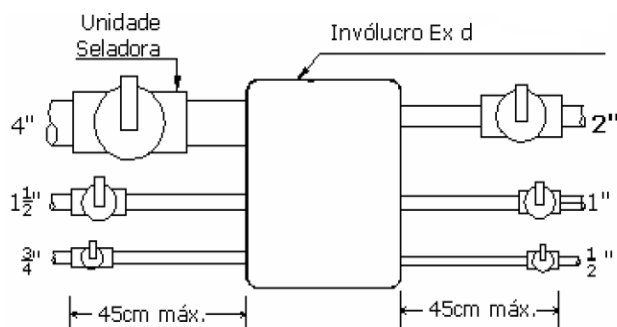
- a) de aço, classe pesada, roscados, com costura ou sem costura;
- b) eletroduto metálico flexível ou outro material construtivo composto com classificação de resistência mecânica pesada ou muito pesada.

Todos os componentes, acessórios e eletrodutos flexíveis de áreas classificadas, entre o invólucro e as unidades seladoras, devem obter certificação do Sistema Brasileiro de Avaliação de conformidade (SBAC), explícito no item B.3 do Anexo A da Portaria n.º 179, de 18 de maio de 2010 (BRASIL, 2010).

A unidade seladora precisa apresentar conformidade quanto a localização (imediatamente mais próxima do invólucro), com a possibilidade de instalação de juntas adequadas a ela. Em casos de mudança da instalação de eletrodutos de uma área classificada para uma não classificada, uma nova unidade seladora precisa ser acrescentada (ABNT, 2014).

A Figura 20 apresenta um esquemático da instalação de um invólucro à prova de explosão, com o uso de unidades seladoras nas saídas do componente.

Figura 20: Invólucro à prova de explosão com adição de unidades seladoras.



Fonte: Mantecon, 2010.

Os critérios para o uso de caixas de passagem em áreas classificadas são os seguintes: em zonas 0, não se utiliza caixas de passagem; em zonas 1 e 2, utiliza-se caixas de passagem à prova de explosão (ABNT, 2014).

A seleção das caixas de passagem é feita conforme o índice de proteção do equipamento (Item 4.2.5) e o seu nível de proteção (Item 4.2.6). A Figura 21 mostra um exemplo de caixa de passagem à prova de explosão, com a identificação para equipamentos à prova de explosão – *Ex d* (Item 4.2.3); Grupo IIC (Item 4.2.2); letra Gb, que significa a proteção para locais com gases e com nível de proteção alta (Item 4.2.6) e IP66, que indica ser totalmente protegido contra penetração de poeira e contato a partes internas, bem como protegido contra ondas do mar (Item 4.2.5)

Figura 21: Caixa de passagem à prova de explosão.



Fonte: Telbra, 2021.

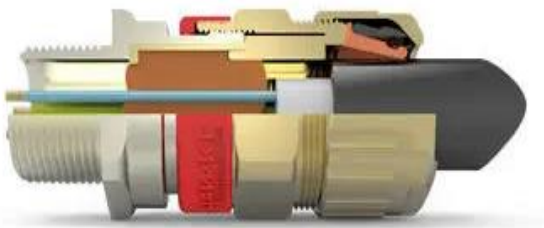
4.3.2.4 Prensa cabos em áreas classificadas

Outra técnica para instalação de eletrodutos em áreas classificadas é feita através do sistema de conexão direta de cabos, os quais são conectados aos equipamentos elétricos através de prensa-cabos. Estes acessórios têm a função de evitar o contato direto com água

e poeira, além auxiliar à resistência mecânica dos cabos. Possui diferentes tipos de uso, que variam de acordo com qual cabo que será colocado (armado ou não armado) (ABNT, 2014). Os prensa-cabos também variam de acordo com o material de vedação utilizado, sendo necessário se atentar se o cabo está adequado para sua conexão, e assim não acontecer erros de escape no combate à explosão (MANTECON, 2010).

A Figura 22 apresenta a configuração de um acessório prensa-cabo para áreas classificadas feito de latão niquelado 710.

Figura 22: conexão prensa-cabo.



Fonte: Direct Industry, 2021.

De acordo com a NBR 14639 (ABNT, 2014):

- a) Os cabos com o sistema de prensa-cabos podem ser fixados em bandejas, leitos, prateleiras, escadas para cabos, calhas, perfilados ou suportes, com a propriedade de aguentar danos por influências externas submetidos;
- b) Em instalação de cabos na vertical, assegurar que o peso dos cabos não causem danificações por esforço de tração e não causar a interrupção dos condutores;
- c) Nas bandejas, escadas para cabos e prateleiras, os cabos devem ser dispostos preferencialmente em uma única camada.

4.3.2.5 Tomadas em áreas classificadas

De maneira geral, deve-se evitar o uso de tomadas em áreas classificadas. Entretanto, se necessário, as elas devem atender ao critérios de zoneamento, sendo que em zona 0, não utilizá-las, e em zona 1 e 2, usar tomadas com proteção *Ex* corretamente especificada, à prova de explosão ou segurança aumentada. A Figura 23 apresenta um exemplo de plugue para tomadas à prova de explosão que configuram certificados para a categoria 2, de proteção contra gás e poeira (ABNT, 2014).

Figura 23: Tomadas à prova de explosão



Fonte: ABB, 2021.

4.3.3 Aterramento, Equipotencialização e Dispositivo de Proteção em áreas classificadas

Todos os critérios para o uso de aterramento devem seguir o que foi abordado no Item 3.1.8. Para áreas classificadas “os eletrodutos metálicos devem ter o aterramento conectado a caixa de passagem mais próxima, através de buchas terminal interligadas ao condutor de proteção” (ABNT, 2014).

Em relação a haste de aterramento, deve-se observar as seguintes prescrições (ABNT, 2004):

- a) Hastes de aço com revestimento de cobre com 254 μm de espessura e cabo de cobre nu de no mínimo 25 mm^2 , enterrado a 0,25 m de profundidade no mínimo;
- b) A resistência entre equipamento, ou qualquer corpo capaz de ficar eletricamente carregado, e a terra não deve ser superior a 10 ohms (Ω);
- c) As ligações dos condutores de proteção aos equipamentos devem ser feitas com terminais de compressão ou equivalentes.

Quanto a equipotencialização, também deve-se seguir majoritariamente as recomendações descritas no Item 3.1.12 da NBR 5410. A seção 6.4 da NBR IEC 60079-14 (2018) afirma que nos esquemas TN, TT e IT é obrigatório conectar-se a um sistema de ligação equipotencial as partes condutivas externas e expostas, tais como “condutores de proteção, eletrodutos, proteções metálicas de cabos, armação metálica e partes metálicas de estruturas, mas não deve incluir condutores de neutro”.

Caso as partes condutivas expostas da instalação estejam em contato com a estrutura metálica ou tubulações já conectados a uma ligação equipotencial, não é preciso um sistema de equipotencial individual para elas. Na descarga do produto, é necessário a

equipotencialização para os sistemas caminhão-tanque e tanque –subterrâneo, com identificação apropriada (ABNT, 2014). Para aplicação dos dispositivos de proteção elétrica seguir as recomendações do Item 3.1.11.

4.3.4 Sistema de proteção contra descargas atmosféricas

O sistema de proteção contra descargas atmosferas, conhecido usualmente pela sigla SPDA, corresponde a um conjunto de medidas desenvolvidas para proteger as edificações ou qualquer tipo de estrutura submetida a uma descarga elétrica atmosféricas, isto é, os raios (MATTEDDE, 2021). A norma que retrata todas as recomendações, métodos, classificação, ensaios, formas de dimensionamentos, e outras atribuições detalhadas para o SPDA, é a ABNT NBR 5419 (2015), que possui 4 partes que abordam diferentes especialidades da norma.

O desenvolvimento desse tipo de proteção requer o conhecimento das classes que o SPDA é dividido, determinadas pelas características das estruturas a ser protegida e também pelo nível de proteção a ser utilizado. As definições e eficiência das classe, bem como os níveis de proteção, são determinados pelo ANEXO B da NBR 5419-2 (2015), onde são apresentados as probabilidades de danos (P_x), que através de uma avaliação de risco, pode-se determinar o grau de proteção adequado ao projeto em análise. A Tabela 01 da parte 3 da NBR 5419 (2015) mostra que a relação entre os níveis de proteção para descargas atmosféricas e as classes de SPDA são equiparáveis, ou seja, o Nível I está associado a Classe I, Nível II – Classe II, Nível III – Classe III, e Nível IV – Classe IV.

Vários critérios são especificados para o projeto de SPDA, e um deles está voltado para a presença de estruturas com risco de explosão, o que se faz necessário uma definição adicional para este processo de proteção, tais informações estão contidas no ANEXO D da NBR 5419-3 (2015).

4.3.4.1 Requisitos básicos gerais – SPDA em áreas com risco de explosão

Na seção D.3.2 da NBR 5419 (ABNT, 2015), afirma-se que o requisitos básico para a instalação do SPDA em áreas de atmosferas explosivas é garantir a não fusão ou fragmentação de material no caso de um impacto direto de uma descarga atmosférica. É ideal que o projetista tenha em mãos as informações dos mapas de riscos e zonas de classificação do manuseio do material explosivo, para realizar a instalação segura e com material adequado.

Quanto ao aterramento, em casos gerais, na seção D.3.3 da NBR 5419 (ABNT, 2015) diz que deve-se dispor de um eletrodo em anel para todos os SPDA contidos em áreas com riscos de explosão, apresentado resistência ôhmica tão baixa quanto possível para estruturas com materiais explosivos sólidos, mas apresentando um valor comparável com o resultado dos ensaios feito na estratificação do solo.

4.3.4.2 SPDA em zonas de risco

O critério principal para implementação de SPDA em zonas de risco é que os subsistemas de captação e descida estejam a pelo menos 1,0 m de distância da zona. Equipamentos de proteção, no caso de DPS, precisam ser idealmente instalados fora das zonas de risco, mas em caso de instalação nessa área, precisa ser assegurado com invólucro certificado para uso de classificação recomendada e devidamente encapsulado em sua estrutura. No caso de equipotencialização, devem ser assegurados o SPDA em zonas de riscos quando a presença de materiais explosivos estiverem no nível do solo e quando a distância entre a partes condutivas for menor que a distância de segurança.

4.3.4.3 SPDA específico para postos de abastecimentos

Em postos de combustíveis que possuem áreas classificadas, especialmente com riscos de zona 2, os tubos de metal devem ser ligados ao aterramento conforme as seguintes prescrições da seção D.5.5.1 da NBR 5419 (ABNT, 2015):

- Uso de eletrodo de aterramento em anel, externo a estrutura que será feita a proteção, em contato com o solo em 80% do comprimento total ou através de uma interligação de armaduras descontínuas da fundação (sapata);
- Os 20% que não estão diretamente ligados ao solo devem ter continuidade elétrica ao longo de todo comprimento;

Nos casos que as cobertura e as colunas de sustentação forem metálicas na edificação, conectar as linhas de encaminhamento de tubulações a elas, levando em consideração correntes elétricas nos trilhos, correntes parasitas, fusíveis utilizados em trens elétricos, sistemas de proteção catódica contra corrosão e semelhantes.

Com relações aos tanques de armazenamento dos combustíveis, alguns casos já são classificados como autoprotégidos, e portanto não há necessidade de um subsistema de

captação. Para os tanques metálicos individuais, utilizar o eletrodo de aterramento, e de acordo com seu comprimento horizontal, tem-se que (ABNT, 2015):

- Até 20 m: duas interligações no mínimo, dispostas equidistantemente no perímetro;
- Superior a 20 m: duas interligações mais uma interligação adicional a cada 10 m de perímetro dispostas equidistantemente.

Em linhas de tubulações metálicas longas, é recomendado uma conexão de eletrodo de aterramento a cada 30 m ou ligados a elementos já aterrados ao nível do solo. As seguintes características são fundamentais para linhas de transporte de líquidos inflamáveis (ABNT, 2015):

- a) em estações de bombeamento, partes de escoamento e instalações similares, todos os tubos principais incluindo as blindagens metálicas devem ser interligados por condutores de seção transversal de pelo menos 50 mm²;
- b) as conexões de interligação de partes metálicas separadas por elemento isolante devem ser executadas de forma a não se soltarem. Peças isoladas devem ser interligadas a fim de evitar centelhamentos perigosos.

4.4 LAYOUT PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO ELÉTRICO DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

Para realizar o projeto de instalações elétricas em postos de combustíveis é preciso conhecer a forma como devem ser destacadas, nas plantas e cortes do arranjo arquitetônico, ou em outros detalhes da edificação, os detalhes característicos às instalações em atmosfera explosiva.

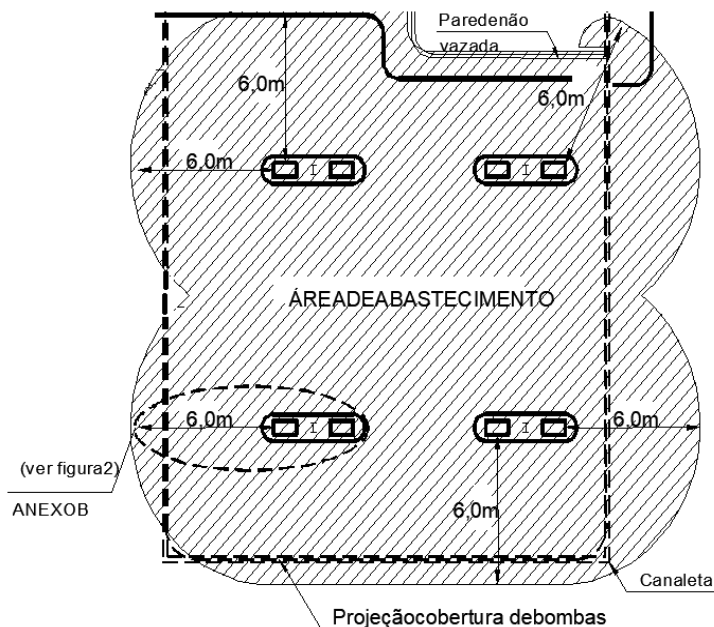
4.4.1 Detalhes para as áreas classificadas

No Anexo B da NBR 14639 (2014) é mostrado as principais partes do posto onde são definidas as áreas de classificação em cada um dos componentes que integralizam o posto. Nas figuras que se seguem são mostradas as partes da planta baixa de uma localização de um posto de combustíveis contendo as áreas específicas para: o abastecimento (Figura 24), descargas do caminhão-tanque (Figura 25), caixa separadora de água e óleo, bem como as demais estruturas como conveniência, depósitos e outros (Figura 26).

Na Figura 24, tem-se as definições para a zona de classificação na áreas das bombas, onde aplica-se o critério de 6,0 m de raio para circunferência que delimita a área para cada ponto de referência (fonte de risco - bombas). Neste exemplo, mostra-se como fica a área

classificada total quando se tem um conjunto de 8 bombas, separadas 2 bombas para cada ilha (ABNT, 2014).

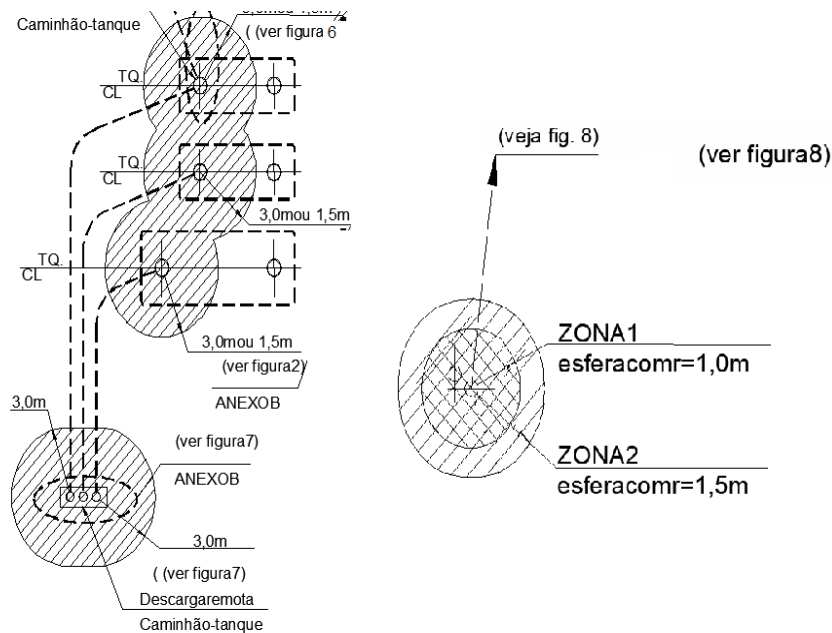
Figura 24: Abastecimento – zonas de classificação.



Fonte: Adaptado da ABNT NBR 14639, 2014

Na Figura 25, é mostrado o lugar onde são armazenados os combustíveis para carga e descarga de caminhão-tanque. O espaçamento recomendado pela norma seria de um raio de 3,0 m ou 1,5m, a partir da fonte de risco (local da descarga), abrangendo toda região circular da descarga local. Para descarga remota, também recomenda-se um espaçamento de raio 3m da fonte. Os dois casos são relacionados a classificação de zona 2 na parte subterrânea, por isso a hachura de forma tracejada. Ainda nessa imagem, à direita, tem-se o respiro do tanque em vista superior, com duas classificações detalhadas, sendo: zona 1 para região circular mais interna, com um raio de 1,0 m; e zona 2 para região externa, com raio de 1,5 m (ABNT, 2014).

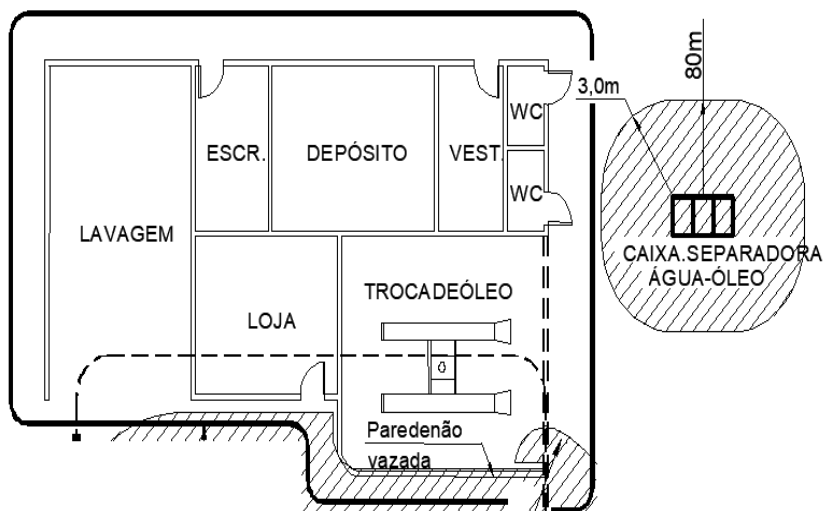
Figura 25: Descargas do caminhão-tanque – zonas de classificação.



Fonte: Adaptado da ABNT NBR 14639, 2014.

Na Figura 26, é mostrado o local onde fica a caixa separadora de água e óleo, com a área classificada em um espaçamento de 3,0 m de raio a partir da fonte de risco (caixa), na categoria de zona 2. Apresentam-se também os demais departamentos do posto, como o escritório, lavagem, conveniência, onde são definidas como áreas não classificadas, pelo grau de risco ser quase nulo (ABNT, 2014).

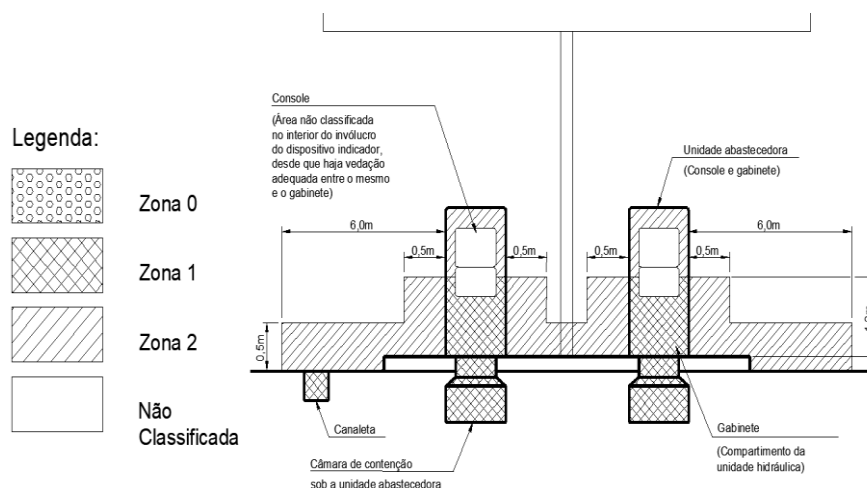
Figura 26: Caixa separadora de água e óleo e demais partes do posto – zonas de classificação.



Fonte: Adaptado da ABNT NBR 14639, 2014.

Para maiores detalhes das classificações das zonas, o Anexo B.2 da NBR 14639 (2014) contém a imagem em corte para a ilha e pontos de abastecimento contendo duas bombas. São definidas duas zonas de classificação, sendo: zona 2 para região das unidades abastecedoras; e zona 1, para as regiões de gabinete, isto é, o repartimento hidráulico da bomba, e câmara de contenção, que fica em baixo da unidade abastecedora. Todas as distâncias estão definidas na Figura 27.

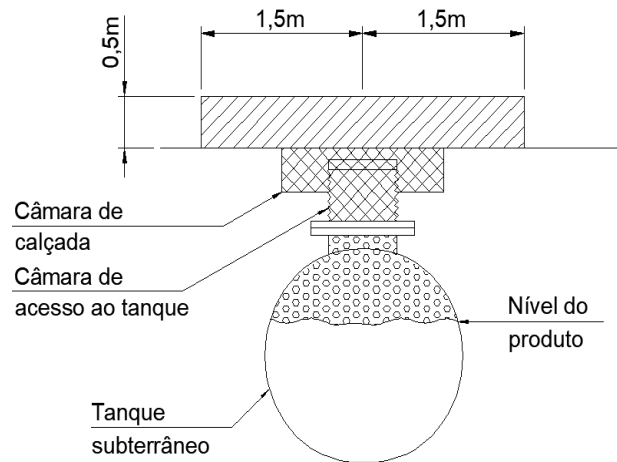
Figura 27: Unidades abastecedoras (corte) – zonas de classificação.



Fonte: Adaptado da ABNT NBR 14639, 2014

Na Figura 28 é mostrado o detalhe das zonas de classificação para o tanque quando não está em operação de descarregamento de combustível. Apresenta-se com: zona 2, com o raio de distância de 1,5 m e uma altura de 0,5m, do centro do tanque; zona 1, para as câmaras de calçada e acesso ao tanque; e zona 0, para região do tanque subterrâneo a qual fica sem o combustível, ou seja, da borda de entrada até o nível do produto (ABNT, 2014).

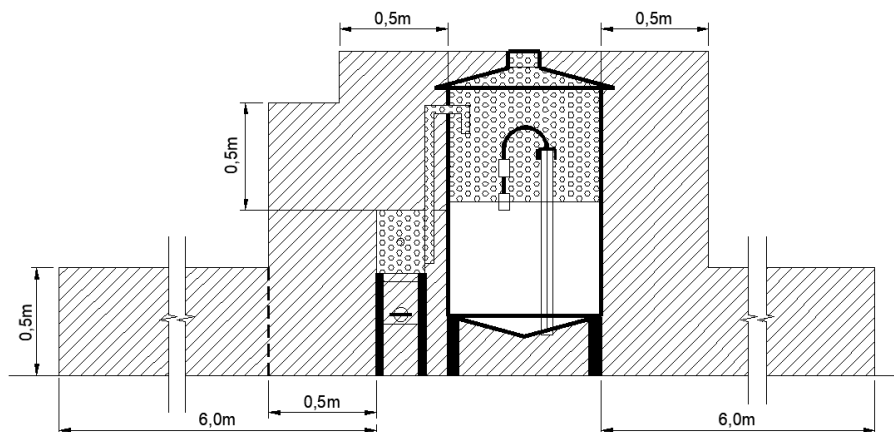
Figura 28: tanques – zonas de classificação.



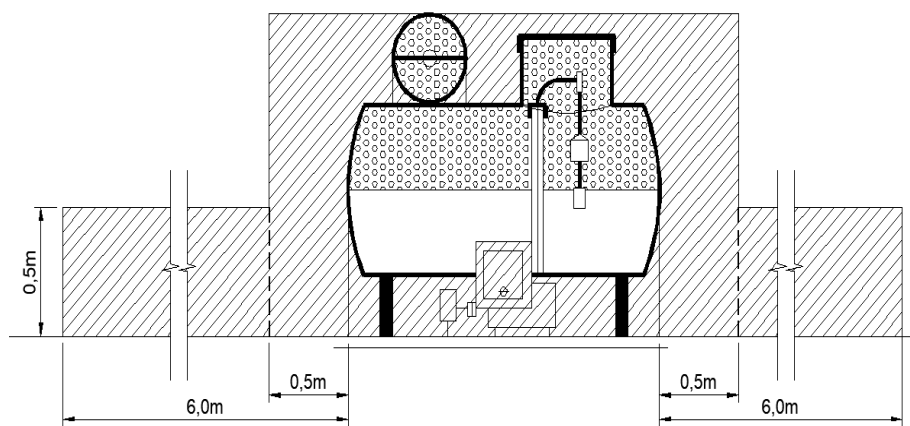
Fonte: Adaptado da ABNT NBR 14639, 2014.

Na Figura 29, é mostrado o detalhe das zonas de classificação para unidades de filtragem de diesel, numa visão de série vertical e horizontal para os filtros-prensa. A classificações das zonas são: zona 0, para o interior do reservatório e interior do involucro com as placas de filtro-prensa; zona 1, para parte de bombeamento; e zona 2, para as regiões externa abaixo da unidade de filtragem, além das áreas externas, num raio de 6,0 m na horizontal e 0,50 m na vertical (ABNT, 2014).

Figura 29: Filtro-prensa – zonas de classificação.



a) Filtro-prensa
em vista
frontal.



b) Filtro prensa
em vista
lateral.

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 14639, 2014.

Para mais especificações, recomenda-se consultar as informações contidas no Anexo A e B da NBR 14639 (2014).

5 PROJETO ELÉTRICO DO POSTO MODELO

Neste capítulo, serão apresentados as informações referentes ao desenvolvimento do projeto elétrico de baixa tensão em posto de combustíveis, tendo por base os conceitos e disposições apresentados nos capítulos 3 e 4. Para tanto, foi utilizado como objeto de estudo um modelo genérico a partir de uma adaptação de um projeto elétrico na cidade de Itaú, no Rio Grande do Norte, realizado através do programa de extensão de Empresa Júnior de Engenharia Elétrica da UFRSA, a Trifase Engenharia. Em sua composição, apresentaram-se os componentes comumente encontrados em postos de combustíveis, no qual serão identificados as plantas e detalhes do arranjo geral e a descrição das etapas do projeto.

5.1 DADOS GERAIS DO POSTO MODELO

A instalação elétrica dos postos de combustíveis podem ser dividida em duas partes: a interna e a externa. A parte interna corresponde a região do estabelecimento onde se encontram: lojas, escritório, depósito, banheiros, oficinas, e outros departamentos. A parte externa corresponde a região onde se localiza, principalmente, os pontos de abastecimento e o armazenamento de combustíveis.

A área total do modelo analisado possui 562,25 m²; sendo 289,69 m² de área externa e 272,56 m² de área interna. Como se trata de um modelo genérico, considerou-se a sua localização no estado do Rio Grande do Norte, logo utilizou-se as prescrições presentes nas normas da concessionária local, a COSERN, para estabelecer as características do padrão de entradas da instalação e outros detalhes pertinentes ao projeto.

A Figura 30 apresenta a planta arquitetônica do posto e suas divisões.

Figura 30: Planta baixa do posto modelo.



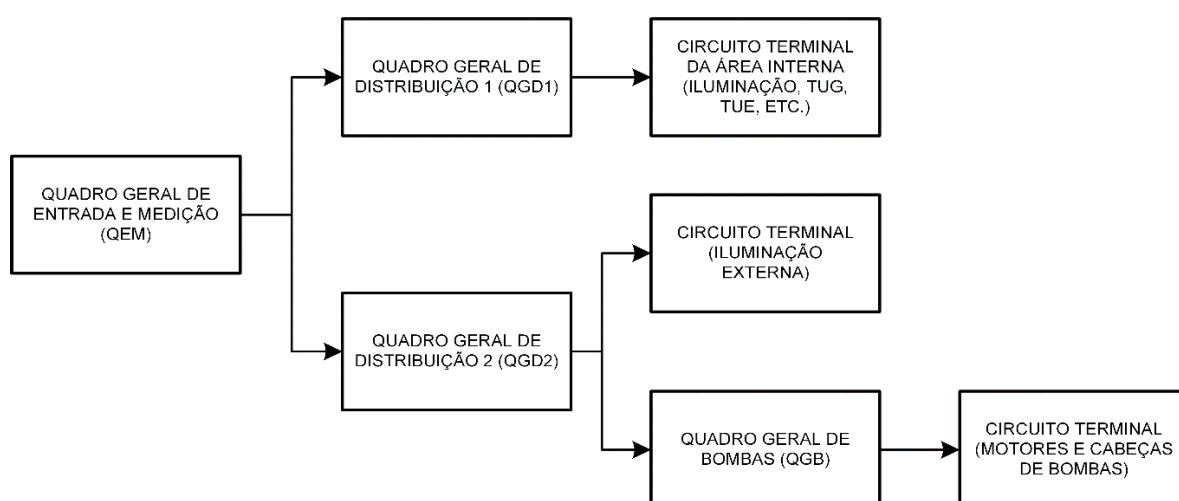
Fonte: Adaptado dos arquivos na Trifase, 2021.

Como ilustrado na Figura 30, a parte externa do posto é composta por duas ilhas de abastecimentos, onde foram instaladas duas unidades abastecedora por ilha (total de 4 bombas), e duas unidades de filtragem de óleo diesel (comum e S-10) em uma das ilhas. No subsolo, afastado da área de abastecimento, tem-se os tanques dos armazenamento dos combustíveis e descarregamento do caminhão-tanque. Já a parte interna, é composta por um escritório, uma loja de conveniência, uma oficina, dois banheiros e uma área para construção futura.

5.2 DIVISÃO DE QUADROS ELÉTRICOS

Para melhor desenvolvimento do projeto, foi estabelecido uma divisão de circuitos de acordo com as áreas do local. Na área externa, os circuitos foram separados em dois Quadros de Distribuição (QD): um exclusivo para distribuição dos circuito das bombas, chamado de QGB, e um para distribuição dos circuitos de iluminação de cobertura do posto e outros sistemas de iluminação (letreiros e placa de preços), chamado de QGD2, que também realiza a alimentação do QGB. Já para área interna, os circuitos foram separados em um QD para iluminação, TUG e TUE contidas nos seus departamentos, chamado de QGD1. Por fim, tem-se o Quadro de Entrada e Medição (QEM) alimenta diretamente os Quadros QGD1 e QGD2. O Esquema apresentado na Figura 31 mostra como foi feita a distribuição citada dos quadros elétricos.

Figura 31: Esquema de alimentação dos Quadros Elétricos do posto.



Fonte: Autoria própria, 2021.

5.3 DIMENSIONAMENTO DO QGB E QGD2 PARA ÁREA EXTERNA

Primeiramente, fez-se os levantamentos de cargas e divisão dos circuitos do QGB. O dimensionamento dos componentes teve a seguinte sequência: condutores, eletrodutos e dispositivos de proteção.

Os componentes do QGD2 foram dimensionadas como citado para o QGB. É importante ressaltar que as cargas do QGD2 estão localizadas, em sua maior parte, em regiões classificadas como de zonas de risco, e por isso, é primordial verificar as recomendações de materiais e outras configurações descritas no Capítulo 4 deste trabalho.

5.3.1 Configurações para o Quadro Geral de Bombas (QGB)

As etapas para dimensionar o QGB consistiram em: levantamento de cargas; elaboração da divisão dos circuitos; determinação da corrente nominal das cargas; e dimensionamento de condutores, eletrodutos e dispositivos de proteção desse sistema, observando os critérios definidos na NBR 5410, NBR 14639 e DIS-NOR-030.

5.3.1.1 Levantamento de cargas para o circuito de bombas

Inicialmente, realizou-se o levantamento de cargas do local, que neste caso, corresponde aos motores elétricos de bombas de abastecimento de combustíveis e também usados nos filtros de óleo diesel. A unidade abastecedora necessita de duas alimentações uma alimentação para o motor elétrico intrínseco a unidade abastecedora e outra para as cabeças eletrônicas das bombas.

Então, designou-se um modelo de bomba comercial para o seguimento do projeto da marca Gilbarco Prime LH. O manual do fabricante da bomba eletrônica não informa o Fator de Potência (FP) desse equipamento. Entretanto, através da DIS-NORM-030 (2021), especificamente na Tabela 16 do ANEXO I, é possível obter o seu fator de potência médio de 0,73. A Figura 32 apresenta o modelo da bomba definida para este projeto.

Figura 32: Bomba eletrônica Gilbarco.



Fonte: Gilbarco Veeder-Root, 2021.

Além do motor, o repartimento superior da bomba, conhecido como “cabeça eletrônica”, necessita de uma alimentação elétrica, a fim de disponibilizar as informações no *display* sobre o abastecimento.

5.3.1.2 Divisão do Circuito das Bombas

A divisão dos circuitos foi realizada com base nas informações do Item 3.1.4. Como são duas bombas e duas cabeças de bombas em cada unidade, são 4 unidades no total, utilizou-se: um circuito trifásico para as duas bombas conectadas a uma unidade abastecedora; um circuito monofásico para a cabeça eletrônica das duas bombas correspondentes de cada unidade; e um circuito para cada filtro de óleo.

5.3.1.3 Corrente Nominal

Para calcular a corrente do projeto ou corrente nominal, utiliza-se a Equação (1), descrita anteriormente no Item 3.1.4.1. Para circuito trifásico balanceado, ou seja, motores das bombas, têm-se a seguinte Equação (6).

$$IN = \frac{P_{3\phi}}{\sqrt{3} \cdot V_{linha} \cdot FP} \quad (6)$$

Sendo:

- IN - corrente nominal dos circuitos;

- $P_{3\phi}$ - potência trifásica do motor absorvida pela rede;
- V_{linha} - tensão de linha;
- FP - fator de potência.

Enquanto que para a corrente nominal no circuito monofásico, ou seja, para as cabeças das bombas, têm-se a seguinte Equação (7).

$$IN = \frac{P_{1\phi}}{V_{fase} \cdot FP} \quad (7)$$

Sendo:

- $P_{1\phi}$ - potência monofásica do consumo da cabeça eletrônica;
- V_{fase} - tensão de fase.

Então, as correntes nominais para os 6 motores trifásicos são iguais, assim como as correntes das 4 cabeças eletrônicas.

5.3.1.4 Dimensionamento dos condutores

O dimensionamento da seção transversal dos condutores foi realizado considerando os critérios de mínima seção, capacidade de condução de correntes e máxima queda de tensão.

5.3.1.4.1 Corrente nominal corrigida para os circuitos de bombas

O primeiro passo para dimensionar e especificar a seção nominal dos condutores é realizar a correção dos valores de corrente nominal. Para tanto, é preciso fazer a correção da corrente através do uso dos fatores de correção, como explicado no Item 3.1.6.1.

O cálculo da corrente corrigida foi realizado através da Equação (8).

$$IN' = \frac{IN}{FCA \cdot FCT \cdot FCS} \quad (8)$$

Sendo: FCT , para o fator de correção de temperatura; FCA , para o fator de correção de agrupamento; e FCS é o fator de correção de linhas subterrâneas no solo. Vale destacar, que os circuitos de alimentação das bombas devem estar contidos em eletrodutos em canaletas embutidas no solo.

A Tabela 2 mostra os valores de FCT para padrões de temperaturas diferentes de ambiente de 30°C para todas as maneiras de instalar, e 20° C para linhas enterradas no solo, o qual considera-se fator de correção igual a 1.

Tabela 2: Fatores de correção de temperatura.

Temperatura °C	Isolação (PVC)
10	1,22
15	1,17
20	1,12
25	1,06
35	0,94
40	0,87
45	0,79

Fonte: Adaptado da NBR 5410, 2004.

Na Tabela 3 tem-se FCA, que depende de uma análise prévia das divisões dos circuitos e verificar na montagem da instalação qual trecho de passagem de eletroduto contém mais circuitos agrupados.

Tabela 3: Fator de correção de agrupamento.

Número de circuitos	Fator de agrupamento
1	1,00
2	0,80
3	0,70
4	0,65
5	0,60
6	0,57
7	0,54
8	0,52
9 a 11	0,50
12 a 15	0,45
16 a 19	0,41
> 19	0,38
TOTAL	

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 5410, 2004.

Por fim, o FCS para linhas subterrâneas com resistividade térmica diferente de $2,5 K \cdot m/W$ é mostrado na Tabela 4.

Tabela 4: Fator de correção em linhas subterrâneas.

Resistividade térmica	Fator de correção
1	1,18
1,5	1,1
2	1,05
3	0,96

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 5410, 2004.

5.3.1.4.2 Seção mínima

A seção dos condutores de fase, em corrente alternada, não devem ser inferiores aos valores estabelecidos da Tabela 5, a qual mostra os valores de seções mínimas em milímetros quadrado (mm²) de condutores de acordo com a aplicação de condutores ou cabos isolados.

Tabela 5: Seções mínimas para condutores ou cabos isolados.

Circuito	Seção mínima (mm²)
Iluminação	1,5
Força	2,5
Sinalização	0,5

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 5410, 2004.

Com esses valores, é possível definir a seção dos condutores fase, neutro e de proteção dos circuitos, levando em consideração as informações do Item 3.1.4.

5.3.1.4.3 Capacidade de condução de corrente para os circuitos de bombas

Conhecendo os valores de corrente corrigida e o método de instalação, pode-se obter a capacidade de condução de corrente, definidos nas Tabelas de 36 a 39 da NBR 5410 (2004) (ver Item 3.1.6.1). No presente projeto, considerou-se a Tabela 36 da NBR 5410 (2004), válida para condutores de cobre, com isolamento em PVC, temperatura máxima de 70°C, enterrados no solo; temperatura ambiente de 30°C para condutores ao ar livre; e 20° C, para condutores no solo. A Tabela 6 apresenta os métodos de referência para capacidade de condução de corrente.

Tabela 6: Métodos de referência para capacidade de condução de corrente.

Seção nominal mínima (mm²)	Método de referência											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Nº de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Cobre (mm²)												
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	9	151	134	133	118	168	144	148	122

Fonte: Adaptado da NBR 5410, 2004.

A partir da Tabela 6, observou-se a linha da seção nominal que melhor corresponde ao método de referência, em conjunto com o número de condutores carregados no eletroduto. Caso a capacidade de condução de corrente seja inferior a corrente corrigida, é recomendado escolher a linha da seção nominal maior mais próxima.

5.3.1.4.4 Queda de tensão para os circuitos de bombas

Como dito no Item 3.1.6.2, em nenhum caso, a queda de tensão nos circuitos terminais pode ser maior que 4%. Para calcular esse fator, precisa-se conhecer a resistência elétrica do condutor, podendo ser utilizada a Equação (9) para tanto.

$$R = \frac{\rho \cdot l}{s} \quad (9)$$

Sendo:

- R - resistência elétrica do condutor (Ω);
- ρ - resistividade específica do material;
- l - comprimento do condutor em metros;
- s - é a seção nominal do condutor (mm²).

Quanto maior a distância dos condutores, da sua origem de distribuição até a carga alimentada, maior a queda de tensão.

Em seguida, calculou-se a queda de tensão (ΔE) em volts (V), conforme a Equação (10).

$$\Delta E = 2 \cdot R \cdot I \cdot \cos\theta \quad (10)$$

Onde, I é a corrente nominal do circuito, neste caso, a corrente corrigida (IN'); $\cos\theta$ é o fator de potência.

Por fim, encontrou-se o percentual de queda de tensão ($\Delta E\%$), descrito pela Equação (11). Sabendo-se que $E = 380$ V (tensão do circuito trifásico), então:

$$\Delta E\% = 100 \cdot \frac{\Delta E}{E} \quad (11)$$

5.3.1.5 Dimensionamento dos disjuntores termomagnéticos para os circuitos de bombas

Para o dimensionar o dispositivo de proteção, é necessário definir qual será a sua corrente nominal (IN), com base nas condições estabelecida na Equação (3), onde a corrente de projeto (IB) tem que ser menor que a corrente do disjuntor e maior que a corrente máxima encontrada pelo critério de capacidade de corrente (IZ). Além disso, a corrente nominal do disjuntor precisa ser igual ou inferior a corrente corrigida (IN'), levando-se em consideração os fatores de correção aplicado. As condições para IN do disjuntor podem ser expressas na Equação (12).

$$IB \leq IN' \leq IZ \quad (12)$$

Além da definição da corrente nominal, deve-se a capacidade de interrupção de curto-circuito do disjuntor. Para isso, é preciso estimar os valores de corrente de curto-circuito (I_{cc}) no ponto de instalação desse dispositivo. O valor de I_{cc} nos terminais de saída do transformador, isto é, nos terminais da fonte de alimentação geral da instalação pode ser calculado através da Equação (13), para corrente nominal do transformador e a Equação (14) para corrente de curto-circuito.

$$I_{NT} = \frac{S_{NT}}{\sqrt{3} \cdot VL} \quad (13)$$

$$I_{cc} = \frac{I_{NT}}{Z\%} \quad I_{NT} = \frac{S_{NT}}{\sqrt{3} \cdot VL} \quad (14)$$

Em que:

- I_{NT} - corrente nominal do transformador (kA);
- S_{NT} - potência nominal do transformador em kVA, no caso deste projeto, utilizado um transformador de 45 kVA;
- $Z\%$ - impedância percentual do transformador, que para este em específico, é de 4%;
- V_L - tensão secundária do transformador (380V).

O dimensionamento do disjuntor termomagnético também deve levar em consideração a seleção de sua curva característica de tempo x corrente, de acordo com o tipo de carga elétrica a ser protegida, podendo ser: Curva B, utilizada para proteção de cargas resistivas, com disparo da unidade magnética para correntes variando entre 3 e 5 vezes a sua corrente nominal; Curva C, utilizada para proteção de cargas indutivas de pequeno e médio porte, com disparo da unidade magnética para correntes variando entre 5 e 10 vezes a sua corrente nominal; Curva D, utilizada para proteção de cargas indutivas de grande porte, com disparo da unidade magnética para correntes variando entre 10 e 50 vezes a sua corrente nominal. Assim, como as características dos circuitos das bombas são de cargas indutivas de pequeno porte, selecionou-se o disjuntor com a Curva C.

5.3.1.6 Dimensionamento dos Eletrodutos para os circuitos de Bombas

Para dimensionar os eletrodutos, é preciso selecionar o valor adequado de seu diâmetro nominal, ou seja, seu diâmetro externo em mm (milímetros). Além disso, deve-se destacar que, como abordado no Item 3.1.9, a taxa de ocupação dos eletrodutos precisa ser de no máximo 40% para 3 condutores carregados e 31% para dois condutores carregados, sendo essas as duas formas utilizadas nos circuitos apresentados.

Utilizando a Tabela 7, é possível definir o diâmetro dos eletrodutos em função do número de condutores carregados neles contidos e suas respectivas seções nominais.

Tabela 7: Diâmetro nominal de eletrodutos.

Seções nominais (mm²)	Nº de condutores no eletroduto								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	25	32	32
10	20	20	25	25	32	32	32	40	40
16	20	25	25	32	32	40	40	40	40
25	25	32	32	40	40	40	50	50	50
35	25	32	40	40	50	50	50	50	60
50	32	40	40	50	50	60	60	60	70
70	40	40	50	50	60	60	75	75	75
95	40	50	60	60	75	75	75	85	85

Fonte: Autoria própria.

Em geral, o diâmetro dos eletrodutos são especificados em projetos elétricos considerando a unidade de polegada, ao invés de milímetro. A Tabela 8 apresenta os valores em milímetros dos diâmetros de eletrodutos comercializado e seus respectivos valores em polegadas.

Tabela 8: Conversão milímetros em polegadas.

Milímetro (mm)	Polegada (")
16	1/2
20	3/4
25	1
32	1 . 1/4
40	1 . 1/2
50	2
60	2 . 1/2
75	1 1/2

Fonte: Autoria própria.

5.3.1.7 Instalações e acessórios para os eletrodutos conforme a NBR 14639

Com base nos critérios da NBR 14639 (2014) que tratam sobre a instalação de eletrodutos, é imprescindível conhecer o material adequado para uso em áreas classificadas, devendo ser observados os acessórios citados nos itens 4.3.2.2, 4.3.2.3 e 4.3.2.4.

Então, é definido nestes itens os materiais, forma de interligação, conexões e outros destaques para uso dos eletrodutos; caixas de passagem, utilização de invólucros a prova de

explosão e o dimensionamento para as unidades seladoras e prensa-cabos inseridos no sistema empregado.

5.3.1.8 Dimensionamento do Disjuntor Geral para o QGB

A seleção dos disjuntores gerais de cada quadro foi feita seguindo o mesmo processo descrito no Item 5.3.1.5. Entretanto, deve-se observar o valor de potência instalada e a demanda máxima da instalação.

Para se dimensionar o disjuntor geral do quadro, o processo é o mesmo que para os disjuntores individuais, porém utilizando a potência instalada total, com o ajuste para a demanda total prevista para o consumo, como é descrito no Item 3.2.

Para os circuitos de bombas, utilizou-se apenas a parcela de Demanda g , cujo o fator de demanda é designado para motores conforme a Tabela 9.

Tabela 9: Fator de demanda para motores.

Motor	Fd
Maior motor	1
Demais motores	0,5

Fonte: Adaptado da DIS-NORM-030, 2021.

Dessa forma, a Equação (15) apresenta o cálculo para a demanda total dos circuitos de bombas.

$$D_b = D_{cb} + g \quad (15)$$

Sendo que:

- D_b - demanda total do circuito de bombas;
- D_{cb} - parcela de demanda dos circuito de cabeças eletrônicas;
- g - parcela dos motores das bombas.

O resultado de D_b é encontrado em kW, mas é utilizado a demanda consumida em kVA para os cálculos dos dimensionamentos, necessitando fazer esse reajuste.

Usando os mesmos critérios apresentados dos Itens 5.2.1.3 à 5.3.1.6, encontrou-se: a corrente de projeto; seção de condutores; diâmetros de eletrodutos; e a corrente nominal do dispositivo de proteção.

5.3.2 Configurações para Quadro Geral de Distribuição para Iluminação da cobertura do posto (QGD2)

O QGD2 apresenta os circuitos de iluminação da cobertura do posto, além de ser usado para alimentar o QGB. As etapas para o projeto são as mesmas descritas anteriormente, mas também considerando as cargas de iluminação.

5.3.2.1 Distribuição dos pontos de iluminação da cobertura do posto

A NBR 5410 (2004) não apresenta uma metodologia para iluminação de ambientes externos. No entanto, como se trata de uma área relativamente grande, é recomendado adicionar uma quantidade de pontos de luz de modo a promover uma iluminação adequada, devendo tais pontos serem distribuídos uniformemente pelo ambiente, principalmente com ajuste no local onde são instaladas as bombas de abastecimento.

5.3.2.2 Divisão dos circuitos do QGD2

Foi elaborada a divisão dos circuitos com as respectivas potências de consumo para a iluminação externa, no QGD2, seguindo-se as etapas do Item 5.3.1.2.

5.3.2.3 Corrente nominal para os circuitos de iluminação externa do posto

Seguiu-se as etapas do Item 5.3.1.3 para encontrar a corrente nominal dos circuitos de iluminação externa do posto.

5.3.2.4 Dimensionamento dos condutores dos circuitos de iluminação externa

Seguiu-se as etapas do Item 5.3.1.4 para o dimensionamento dos condutores nos circuitos de iluminação externa do posto.

Encontrou-se as correntes corrigidas, utilizando os fatores de correção de acordo com as referências destacadas no Item 5.3.1.4.1. Em seguida verificou-se a capacidade de condução de corrente usando os critérios da Tabela 6 do Item 5.2.1.4.2. Por fim, Analisou-se o limite de queda de tensão, conforme o Item 5.2.1.4.3.

5.3.2.5 Dimensionamento dos disjuntores dos circuitos de iluminação externa

Seguiu-se as etapas do Item 5.3.1.5 para o dimensionamento dos disjuntores dos circuitos de iluminação externa do posto.

5.3.2.6 Dimensionamento dos eletrodutos para os circuitos de iluminação externa

A etapa para dimensionar os eletrodutos é explicada no Item 5.3.1.6, em que é feita a análise da Tabela 7 para encontrar o diâmetro da área circular externa.

5.3.2.7 Dimensionamento do disjuntor geral para o QGD2

De maneira análoga ao Item 5.3.1.8, é preciso encontrar a demanda total para os circuitos de iluminação externa, através da Equação 5, considerando cada tipo específico de demanda solicitada.

Vale ressaltar o QGD2 será conectado ao disjuntor geral do QGB, e por isso a sua demanda também é adicionada ao cálculo para a demanda total dos circuitos de iluminação externa. Dessa forma, encontram-se os mesmos parâmetros para o dimensionamento do disjuntor geral utilizando os métodos descritos no Item 5.3.1.8.

5.3.3 Demanda para o QGD1 para área externa

Como este trabalho tem o objetivo principal de apresentar as características das instalações elétricas em áreas classificadas, a análise do projeto da área interna não foi realizada, pois suas características são referentes a instalações elétricas residenciais de baixa tensão, sem classificação de áreas.

No entanto, através de uma referência prévia do projeto anterior, foi definido uma média para a potência instalada na área interna, no valor de 6,95 kW e uma Demanda Total consumida no valor de 6 kVA, para então assim, ser realizados os cálculos necessários para os parâmetros do QEM mais à frente.

5.4 DETERMINAÇÃO DOS DADOS ELÉTRICO DE ENTRADA DE SERVIÇO PARA ALIMENTAÇÃO DO QEM

Para dimensionar o Quadro Geral de Entrada e Medição (QEM) é necessário recorrer aos dados de fornecimento de energia elétrica estabelecidos pelas normas da distribuidora local, no caso a COSERN. O posto de combustível em questão se encaixa nas características de fornecimento para unidades consumidoras individuais em tensão secundária de distribuição, cujas características do padrão de entrada são especificadas pela norma DIS-NORM-030 (2021).

5.4.1 Demanda máxima da instalação

Para saber quais os dados elétricos da alimentação para o consumo do posto, é preciso calcular as demandas totais do sistemas em kVA, realizando o somatório das potências instaladas e fazendo os devidos ajustes dos fatores de demandas.

5.4.2 Dimensionamento do Padrão de Entrada

Conhecendo o resultado da potência instalada e demanda máxima da instalação, são consultadas as Tabelas 1 e 2 do ANEXO I da Norma DIS-NORM-030 (2021), para o dimensionamento do ramal de entrada e dimensionamentos para o QEM, respectivamente.

5.4.3 Sistema de aterramento para a instalação do posto

Os critérios para realizar o aterramento da instalação do posto é descrita nos Itens 3.1.6 sobre as especificações da NBR 5410 e no Item 4.3.3 sobre as condições específicas da NBR 14639.

5.4.4 Seleção do DPS para a instalação do posto

Devem-se seguir as disposições do Item 3.1.11.3, o qual apresenta a Tabela 31 da NBR 5410 (2004), onde para sistemas trifásicos com tensão de alimentação de 220/380V a tensão de impulso suportável é requerida é 2,5 kV, para categoria II.

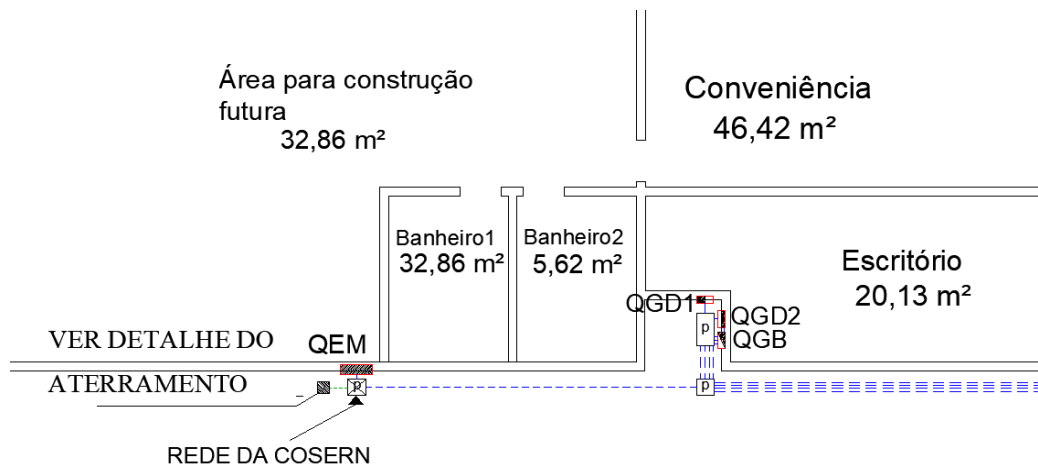
6 RESULTADOS

Com base na descrição do projeto apresentado no Capítulo 5, foi encontrado os resultados para os dimensionamentos propostos. O Apêndice A contém todas as imagens com maiores detalhes do projeto, que ao longo do capítulo, foram mostrados apenas trechos específicos de acordo com a etapa descrita.

6.1 ESQUEMA DE DIVISÃO DOS QUADROS ELÉTRICOS DO PROJETO DO POSTO

De acordo com o Esquema apresentado na Figura 31 do Item 5.2, é apresentado na Figura 33 a organização dos quadros elétricos no conjunto do posto.

Figura 33: Locais dos quadros elétricos no posto.



Fonte: Adaptado dos arquivos da Trifase, 2021.

6.2 RESULTADO DO LEVANTAMENTO DE CARGAS NO QGB

O modelo de bomba proposto, a Gilbarco Prime LH, apresenta as seguintes características (GILBARCO, 2021):

- Fator de serviço igual a 1;
- Uso para tensão de 220/380 V;
- Potência de 3 cavalos (cv) = 2,95 kW (absorvido);
- Bomba dupla (2 bicos para abastecimento).

Além disso, foram utilizadas quatro bombas eletrônicas, com dois tipos de produtos para abastecimento (dupla), separadas em duas ilhas, contendo, em uma delas, duas unidades de filtragem para óleo diesel. Assim, considerando que o motor da bomba possui potência nominal de 3 cv, tem-se as seguintes informações na Tabela 10.

Tabela 10: Característica do motor trifásico escolhido.

Potência nominal (cv)	Potência absorvida na rede (kW)	Fator de potência média
3	2,95	0,73

Fonte: Adaptado da DIS-NORM-30, 2021

Para a alimentação elétrica das cabeças eletrônicas das bombas, recomenda-se a utilização de uma fonte auxiliar, podendo ser utilizado um *nobreak* com autonomia mínima de 0,75 horas, o qual numa vazão normal (50 litros/minuto), tem-se um consumo de 121 VA. Utilizando um FP de 0,92, tem-se um valor de potência útil de 111,3 W.

A potência total solicitada pelas bombas corresponde ao somatório mostrado na Tabela 11.

Tabela 11: Potência total para os circuitos de bombas.

Carga	Nº de equipamentos	Potência (kW)	Potência total (kW)
Motor de bombas	6	2,95	17,7
Cabeça das bombas	4	0,1113	0,452
TOTAL			18,15

Fonte: Autoria própria, 2021

6.3 QUADRO DE DIVISÃO DOS CIRCUITOS DO QGB

O Quadro 2 apresenta o circuito das cabeças e motores das bombas e filtros de óleo utilizados, bem como as suas respectivas identificações.

Quadro 2: Utilização das bombas e filtros.

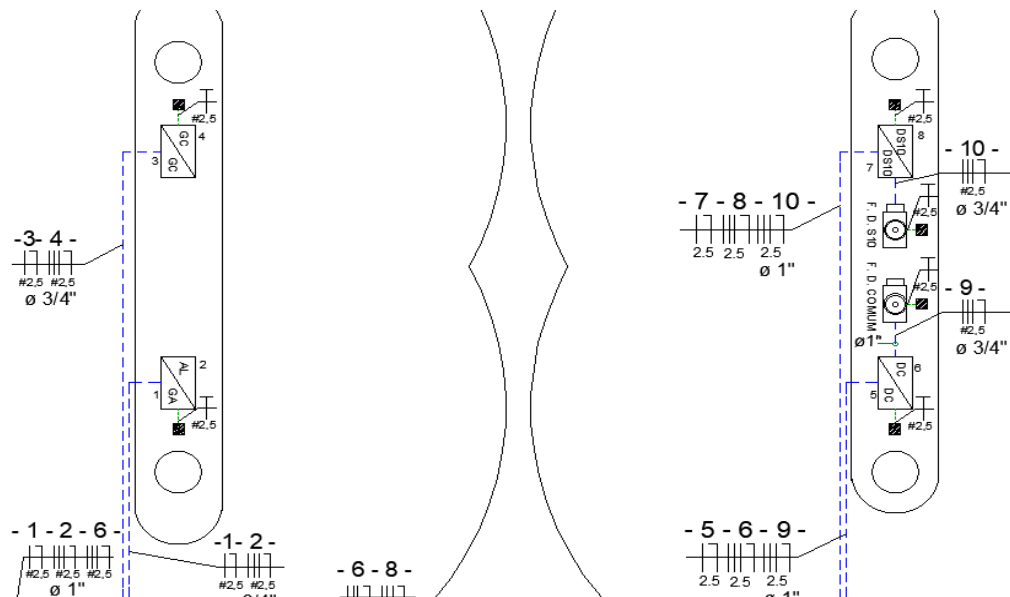
Circuito	Utilização
1	Cabeça das bombas 1 e 2
2	Bomba 1 e 2 – Uma bomba pra gasolina aditivada e uma para álcool
3	Cabeça das bombas 3 e 4
4	Bomba 3 e 4 – Duas bombas para gasolina comum
5	Cabeça das bombas 5 e 6
6	Bomba 5 e 6 – Duas bombas para óleo diesel S-10
7	Cabeça das bombas 7 e 8
8	Bomba 7 e 8 – Duas bombas para óleo diesel comum
9	Filtro para óleo diesel S-10
10	Filtro para óleo diesel comum

Fonte: Autoria própria, 2021.

Foram deixados 3 circuitos reservas: 2 para circuitos trifásicos dos motores e 1 para circuito monofásico para as cabeças eletrônicas.

A Figura 34 mostra um trecho do projeto da localização das bombas e as respectivas alimentação dos circuitos.

Figura 34: Circuitos de bombas.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Maiores detalhes dos circuitos apresentados no Apêndice A.

6.4 RESULTADO DAS CORRENTES NOMINAIS DO QGB

A partir da resolução da Equação 6, o cálculo da corrente nominal dos circuitos dos motores das bombas, tem os seguintes dados:

- $P_{3\phi} = 2,95 \text{ kW}$;
- $V_{linha} = 380 \text{ V}$;
- $FP = 0,73$.

A partir da resolução da Equação 7, o cálculo da corrente nominal dos circuitos das cabeças eletrônicas apresenta os seguintes dados:

- $P_{1\phi} = 0.0968 \text{ kW}$;
- $V_{fase} = 220 \text{ V}$;
- $FP = 0,92$.

Substituindo os dados da Tabela 10, é obtido os resultados das correntes nominais dos circuitos na Tabela 12. Para os circuitos de motores, a corrente nominal tem resultados iguais para os 4 motores das bombas e os 2 filtros. Do mesmo modo que para os circuitos de cabeças eletrônicas, as correntes nominais são iguais para as 4 cabeças eletrônicas.

Tabela 12: Correntes nominais dos circuitos das bombas.

Circuito	Corrente Nominal (A)
1	0,55
2	6,13
3	0,55
4	6,13
5	0,55
6	6,13
7	0,55
8	6,13
9	6,13
10	6,13

Fonte: Autoria própria.

6.5 RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES NOS CIRCUITOS DO QGB

Foram encontrados os resultados estabelecidos pelos três critérios para dimensionamento dos condutores.

6.5.1 Correção das correntes nominais do circuitos do QGB

O primeiro critério para especificar as seções dos condutores é a correção das correntes nominais.

Para FCT , considerou-se condutores com isolamento de PVC, contra propagação de chamas, embutido no solo, em temperatura média de 20°C, obteve-se assim $FCT=1,0$.

Com relação a FCA , o trecho com maior número de circuito apresentou 3 circuitos agrupados, resultando em $FCA = 0,70$.

Por fim, para FCS , considerou-se que a resistividade térmica do solo se encontra no valor de $2,5 \text{ k} \cdot \text{m}/\text{W}$, logo $FCS = 1,0$.

A Tabela 13 apresenta os valores das correntes corrigidas para cada circuito do projeto em questão.

Tabela 13: Correntes nominais corrigidas para os circuito das bombas.

Circuito	Corrente nominal (A)	FCT	FCA	FCS	Corrente nominal corrigida (A)
1	0,55	1	0,70	1	0,79
2	6,13	1	0,70	1	8,76
3	0,55	1	0,70	1	0,79
4	6,13	1	0,70	1	8,76
5	0,55	1	0,70	1	0,79
6	6,13	1	0,70	1	8,76
7	0,55	1	0,70	1	0,79
8	6,13	1	0,70	1	8,76
9	6,13	1	0,70	1	8,76
10	6,13	1	0,70	1	8,76

Fonte: Autoria própria.

6.5.2 Resultado da Seção mínima

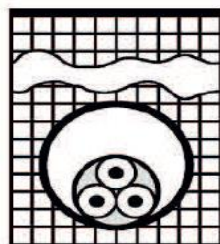
Os circuitos dos motores das bombas e as cabeças eletrônicas tem características de circuito de força, então as seções mínimas, com base na Tabela 5 é de 2,5 mm².

6.5.3 Capacidade de corrente dos circuitos do QGB

O segundo critério é o da capacidade de condução de corrente, definido a partir das informações dispostas na Tabela 6 do Item 5.3.1.4.3.

Considerando que serão utilizados cabos unipolares contidos em eletrodutos de seção circular de aço galvanizado enterrado no solo, tem-se que o método de referência utilizado foi o “D”, como mostrado na Figura 35.

Figura 35: Método de referência D para eletrodutos enterrados.



Fonte: Adaptado da NBR 5410, 2004.

A seção mínima designada para este tipo de carga é 2,5 mm², então:

- Para as cabeças das bombas, usou-se o critério de 2 condutores carregados, por se tratar de um circuito monofásico;
- Para os motores das bombas, usou-se o critério de 3 condutores carregados, por ser um circuito trifásico.

Dessa forma, a capacidade máxima para condução das correntes de cabeças e motores das bombas, são respectivamente, 29 e 24 A, que por serem maiores que as correntes corrigidas delas, satisfazem o uso da seção mínima de 2,5 mm² para os condutores de fase. De acordo com a NBR 5410 (2004), quando a seção definida para o condutor de fase for menor ou igual a 16 mm², a seção do condutor de neutro deve ser igual a seção utilizada para o condutor de fase. Do mesmo modo que nos condutores de proteção do mesmo material que os de fase, admite-se a mesma seção, quando for menor ou igual a 16 mm².

A Tabela 14 apresenta as seções mínimas dos condutores dos circuitos das bombas de acordo com o critério da capacidade de condução de corrente.

Tabela 14: Seção dos condutores definidas para os circuitos das bombas.

Circuitos	Corrente corrigida (A)	Seção do condutores de fase (mm²)	Seção do condutores de neutro (mm²)	Seção do condutores de neutro (mm²)
1	0,79	1x2,5	1x2,5	1x2,5
2	8,76	3X2,5	1x2,5	1x2,5
3	0,79	1x2,5	1x2,5	1x2,5
4	8,76	3X2,5	1x2,5	1x2,5
5	0,79	1x2,5	1x2,5	1x2,5
6	8,76	3X2,5	1x2,5	1x2,5
7	0,79	1x2,5	1x2,5	1x2,5
8	8,76	3X2,5	1x2,5	1x2,5
9	8,76	3X2,5	1x2,5	1x2,5
10	8,76	3X2,5	1x2,5	1x2,5

Fonte: Autoria própria.

6.5.4 Queda de tensão para os circuitos do QGB

O último critério é o da verificação das quedas de tensão do sistema, cujos resultados foram obtidos a partir das Equações 9, 10 e 11 do Item 5.3.1.4.4.

O material dos condutores de cobre no projeto, considerou-se no presente trabalho a resistividade térmica igual a 0,0172. Para circuitos trifásicos, que é o caso dos motores das bombas, recomenda-se utilizar $(l\sqrt{3})$ para o cálculo da resistência, devido as possíveis defasagens do sistema.

Considerou-se o pior caso como sendo o trecho do circuito trifásico com maior comprimento, sendo este da origem no Quadro de distribuição de Bombas (QGB) até a bomba mais distante, o cálculo da queda de tensão foi feito utilizando os dados do Circuito 8, cujo o comprimento do circuito é de 35 metros, levando em conta os possíveis desvios da trajetória. A resistência elétrica é calculada na Equação (16).

$$R = \frac{0,0172 \cdot (35 \cdot \sqrt{3})}{2,5} = 0,417\Omega \quad (16)$$

Com a resistência elétrica, utilizou-se a Equação (17) para achar o resultado da queda de tensão no trecho escolhido. Dessa forma, encontrou-se a seguinte solução na Equação 16.

$$\Delta E = 2 \cdot 0,417 \cdot 8,76 \cdot 0,73 = 5,33 V \quad (17)$$

Por fim, encontrou-se o percentual da queda de tensão na Equação (18).

$$\Delta E\% = 100 \cdot \frac{5,33}{380} = 1,4\% \quad (18)$$

Esse resultado é satisfatório para os critérios empregados ($\Delta E\% \leq 4\%$) nos circuitos cuja a alimentação é de 380 V e a seção transversal é de 2,5 mm², que por ser o trecho de pior caso, entende-se que os demais trechos de circuito atenderam também, já que as distâncias são menores. Por isso, a seção nominal de 2,5 mm² para os condutores nestes circuitos permanece sem alteração.

Analisando-se o trecho de pior caso para os circuitos monofásicos: Utilizou-se condutores de cobre; a alimentação do circuito é de 280 V; o comprimento é de 35 metros; a seção transversal de 2,5 mm²; e o fator de potência é de 0,92. Sendo assim, o resultado de R é apresentado na Equação (19).

$$R = \frac{0,0172 \cdot (35)}{2,5} = 0,25\Omega \quad (19)$$

O resultado de ΔE , neste caso, ficou de acordo com a Equação (20).

$$\Delta E = 2 \cdot 0,25 \cdot 0,79 \cdot 0,92 = 0,36 V \quad (20)$$

Por fim, o resultado de $\Delta E\%$ está contido na Equação (21).

$$\Delta E\% = 100 \cdot \frac{\Delta E}{E} = 100 \cdot \frac{0,36}{220} = 0,16\% \quad (21)$$

Este resultado também satisfaz a condição de manter a seção transversal de 2,5 mm² sem alteração para os circuitos monofásicos.

6.6 RESULTADO PARA O DIMENSIONAMENTO DOS DISJUNTORES DO QGB

A partir da Equação (14), usando o Circuito 1 como exemplo, a corrente nominal do disjuntor precisa atender a Equação (22).

$$0,55 \leq 0,79 \leq 24 \quad (22)$$

Como o circuito é monofásico, o disjuntor comercial que se adequaria a este critério seria o de 2 A. No entanto, o fabricante do equipamento recomenda, no manual da bomba, o disjuntor de 6 A, o que também satisfaz a condição empregada. Tal valor pode estar relacionado a corrente de partida do próprio equipamento durante a sua energização.

Para a capacidade de interrupção de corrente de curto-circuito, tem-se os seguintes dados descritos no Item 5.3.1.5.

- S_{NT} , potência nominal do transformador de 45 kVA;
- $Z\%$, impedância percentual do transformador de 4%;
- VL , tensão secundária do transformador de 380V.

Substituindo as informações apresentadas, a Equação (23) mostra o resultado da corrente nominal do transformador:

$$I_{NT} = 68,37 \text{ A} \quad (23)$$

A Equação (24) mostra o resultado da corrente de curto-circuito.

$$I_{cc} = 1,71 \text{ kA}. \quad (24)$$

O valor de capacidade de interrupção comercial mais próximo ao estimado é 3kA, comumente utilizado em instalações de baixa tensão.

Com relação as curvas de atuação, como as características dos circuitos das bombas são de cargas indutivas de pequeno porte, suas curvas de atuação será de classe C.

Por fim, A Tabela 15 mostra o resultado dos dimensionamentos para todos os disjuntores dos circuitos das bombas.

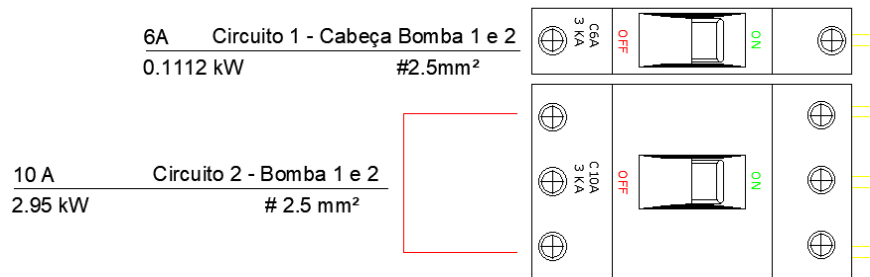
Tabela 15: Dimensionamento dos disjuntores dos circuitos de bombas.

Circuitos	Corrente Nominal (A)	Seção (mm ²)	Disjuntor (A)		
			I_N	I_{cc}	Curva
1	0,55	1x2,5	6	3000	C
2	6,13	3X2,5	10	3000	C
3	0,55	1x2,5	6	3000	C
4	6,13	3X2,5	10	3000	C
5	0,55	1x2,5	6	3000	C
6	6,13	3X2,5	10	3000	C
7	0,55	1x2,5	6	3000	C
8	6,13	3X2,5	10	3000	C
9	6,13	3X2,5	10	3000	C
10	6,13	3X2,5	10	3000	C

Fonte: Autoria própria, 2021.

A Figura 36 mostra uma parte do diagrama multifilar dos circuitos do QGB contendo as características do Circuitos 1 e 2.

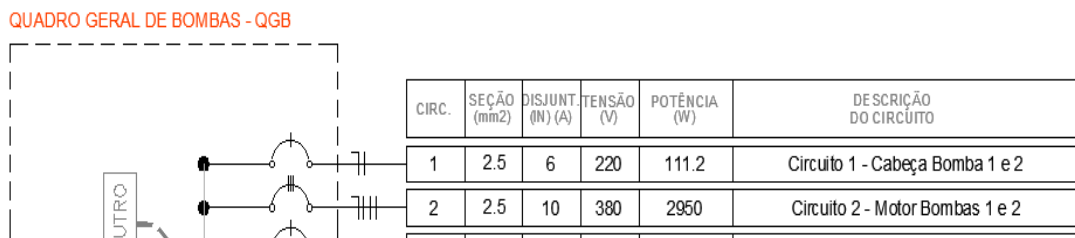
Figura 36: Parte do Diagrama multifilar do Circuitos 1 e 2 do QGB.



Fonte: Adaptado dos arquivos da Trifase, 2021.

A Figura 37 mostra uma parte do diagrama unifilar dos circuitos do QGB contendo as características dos Circuitos 1 e 2.

Figura 37: Parte do Diagrama unifilar do Circuitos 1 e 2 do QGB.



Fonte: Adaptado dos arquivos da Trifase, 2021.

O Apêndice A apresenta maiores detalhes dos diagramas multifilar e unifilar dos circuitos do QGB.

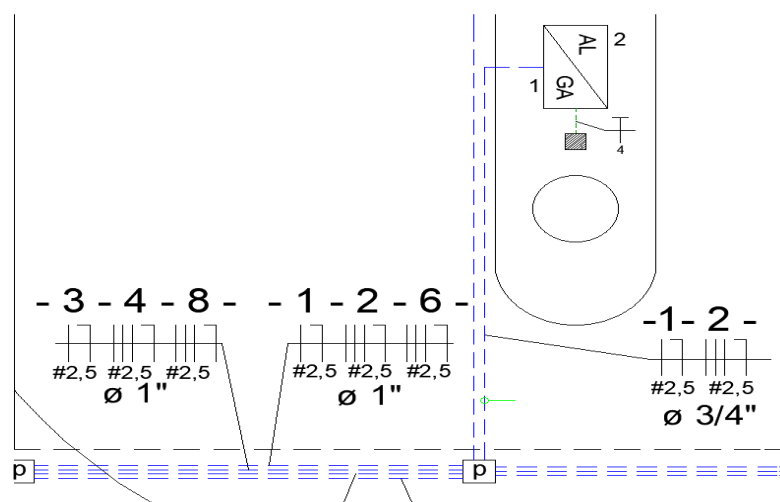
6.7 RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS NO QGB

Através da Tabela 7 do Item 5.3.1.6, é preciso analisar cada trecho dos eletrodutos do desenho estabelecido, para assim definir o tamanho nominal correspondente ao eletroduto de cada um dos seguimentos.

Dessa forma, a Figura 38 apresenta um trecho do projeto onde é mostrado as passagens dos eletrodutos na área de abastecimento de uma das bombas e sua interligação com a caixa de passagem, sendo possível visualizar os diâmetros dos eletrodutos utilizados. Como exemplo, pode-se citar o trecho de alimentação das Bombas 1 e 2, que apresenta a passagem de dois circuitos (1 e 2) com um total de 6 condutores carregados no eletroduto,

com seções de 2,5 mm², sendo utilizado um eletroduto com diâmetro de 20 mm. Já para o trecho de encaminhamento pela caixa de passagem, pode-se observar o conjunto formado por três circuitos (1,2,6), que por sua vez, apresenta 10 condutores carregados, com seções iguais a 2,5 mm², sendo utilizado o diâmetro de 25 mm. Os demais trechos de eletrodutos tiveram seus diâmetros especificados seguindo a mesma metodologia.

Figura 38: Trecho de passagem dos eletrodutos na área de abastecimento.



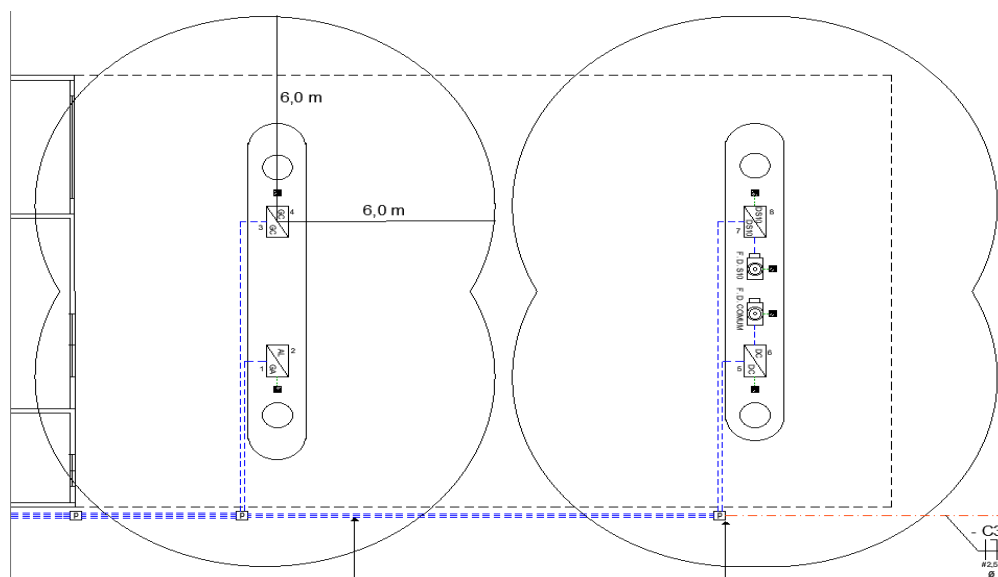
Fonte: Autoria própria, 2021.

6.7.1 Resultado das observações da NBR 14639 para os eletrodutos

O primeiro ponto de observação consiste em realizar a classificação das zonas de risco, com base nas dimensões descritas no Item 4.4.1, na região das bombas, aplica-se o critério de 6,0 m de raio de circunferência para cada ponto de referência (fonte de risco - bombas).

Então, A Figura 39 mostra como ficou a delimitação da zona no local do posto.

Figura 39: Zona classificada (zona 2) na área de abastecimento do posto.



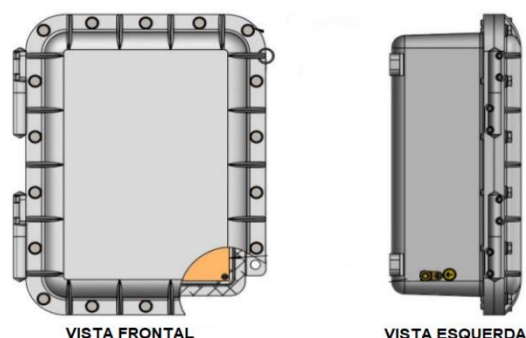
Fonte: Autoria própria, 2021.

Como a maior parte dos eletrodutos passam pela circuitos das bombas situados na zona 2, como mostrado na Figura 39, os mesmo devem ser em aço galvanizado, com costura e rebarba aparada, com rosca NPT ou BSP e conexões com rosca NPT ou BSP. A interligação entre o eletroduto e um invólucro pode ser feita através de eletrodutos flexíveis à prova de explosão, desde que atenda a NBR 5418.

Os eletrodutos devem ser roscados e encaixados firmemente em suas conexões com cinco fios de roscas, como determina a NBR 14639 (2014). Além disso, as dimensões mínimas para eletrodutos subterrâneos são fornecidas no Item 4.3.2.1, devendo ser enterrados a uma profundidade mínima de 0,60 m, com inclinação de 0,5% no sentido da caixa de passagem.

As caixas de passagem e invólucros utilizados nas zonas classificadas devem ser à prova de explosão, sendo selecionadas de acordo com os critérios do Item 4.3.2.3. No presente projeto, utilizou-se caixas de passagem *Melfex* categoria IP66, com invólucro à prova de explosão Ex-d, classe IIB, devendo suas dimensões serem cuidadosamente analisadas de modo a atender às necessidades de derivações, junções ou montagem de equipamentos elétricos. Neste caso, optou-se pela MXCA14P7 para pontos das distribuições dos eletrodutos, cujas dimensões são: 275 x 142 mm (interna) e 344 x 205 mm (externa); e MXCA14P35 para pontos imediatamente abaixo das caixas de passagem com dimensões: 339 x 142 mm (interna) e 406 x 208 mm (externa). A Figura 40 apresenta o modelo da caixa de passagem usada.

Figura 40: Caixa de passagem da marca Melfex – exemplo para o projeto.



Fonte: Melfex, 2021.

É importante informar que o uso das unidades seladoras nos eletrodutos é primordial em situações em que o encaminhamento dos circuitos de alimentação passam e regiões de zona classificadas para não classificadas. A unidade seladora deve ser selecionada de acordo com os diâmetros nominais dos eletrodutos, que no caso do posto, eletrodutos de 20 mm, com roscas atribuídas aos materiais dos eletrodutos (NPT ou BSP). A Figura 41 mostra o exemplo de unidade seladora da marca *Melfex*, usado no projeto, fabricada em liga de alumínio fundido com baixos teores de cobre, com marcação - Ex db IIC Gb.

Figura 41: Unidade seladora da marca Melfex- exemplo para o projeto.

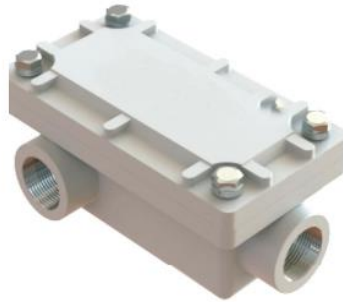


Fonte: Melfex, 2021.

Devem ser instalados os invólucros nas entradas dos cabos nas caixas de passagem que adentram ou saem de uma zona classificada para outra. Os materiais dos invólucros devem ser de acordo com os critérios de composição para eletrodutos metálicos ou outro tipo de material que tenha alto grau de resistência mecânica. As unidades seladoras devem ser colocadas imediatamente mais próxima aos invólucros.

Foi usado invólucros do tipo conduteles da *Melfex* com índice de proteção IP66, para seções dos condutores de 20 e 25 mm, podendo ter o tipo de rosca NPT o BSP. A Figura 42 apresenta o modelo do condutele de proteção usado como exemplo.

Figura 42: Invólucro do tipo condutele da *Melfex*.



Fonte: Melfex, 2021.

6.8 RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DO DISJUNTOR GERAL DO QGB

De acordo com o Item 5.3.8, o resultado da parcela de demanda específica g para os 6 motores trifásicos das bombas foi de 10,32 kW. Enquanto que para cabeças eletrônicas, por não ser especificado em nenhuma demanda, utilizou-se fator de demanda unitário, dando uma parcela de mesmo valor 0,452 kW.

Então, utilizando a Equação (14), o resultado da demanda total dos circuitos de bombas (D_b) é apresentado na Equação (25).

$$D_b = 0,452 + 10,32 = 10,77 \text{ kW} \quad (25)$$

Para calcular a corrente do projeto, é preciso da demanda total da potência consumida em kVA, por isso utilizou-se o FP de 0,92 corrigido para cargas indutivas padronizada pela concessionária em estudo, chegando ao resultado encontrado na Equação (26).

$$D_b(\text{kVa}) = \frac{10,77}{0,92} = 11,7 \text{ kVa} \quad (26)$$

Com isso, foram encontrados os parâmetros para o disjuntor geral do QGB.

Com base nos resultados obtidos, verificou-se o uso do disjuntor com corrente nominal igual a 20 A com uma capacidade de condução de corrente de 24 A, para uma seção de 2,5 mm². O resultado é mostrado na Tabela 16.

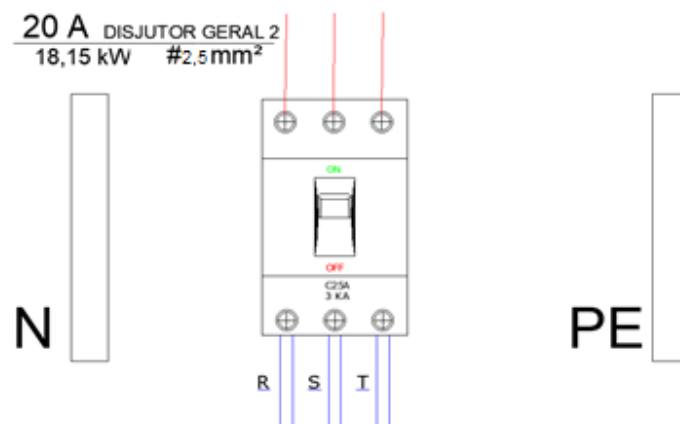
Tabela 16: Dimensionamento do disjuntor geral do circuito de bombas.

Corrente de projeto (A)	Seção (mm ²)	Disjuntor (A)		
		<i>I_N</i>	<i>I_{cc}</i>	Curva
17,77	2,5	20	3000	C

Fonte: Autoria própria.

A Figura 43 apresenta um detalhe das características do disjuntor tripolar geral do QGB. A Imagem com o diagrama completo é mostrado no Apêndice A

Figura 43: Disjuntor geral do QGB.



Fonte: Adaptado dos arquivos da Trifase, 2021.

6.9 RESULTADO DO LEVANTAMENTO DE CARGAS DO QGD2

O QGD2 é o quadro de distribuição para os pontos de iluminação externa do posto e também para alimentação do QGB.

Para iluminação externa, considerou-se como adequado o nível de iluminância média (*Em*) de 500 lx, utilizando uma referência de ambientes grandes para varejos. O cálculo luminotécnico foi executado considerando o método de lúmens. Com isso, foram utilizados os dados fornecidos pelo fabricante da luminária escolhida para o projeto, a LPG LED, e assim obteve-se o número de luminárias, através da Equação (27), adequado para a o ambiente de trabalho aplicado, isto é, a área de abastecimento das bombas. (COTRIM, 2009).

$$N = \frac{Em \cdot S}{\varphi \cdot u \cdot d} \quad (27)$$

Sendo: N , o número de luminárias; E_m , a iluminância média do ambiente no valor de 500 lx; S , a área do ambiente no valor de 289,69 m²; φ , o fluxo luminoso da luminária no valor de 9000 lúmens; u , o fator de utilização no valor de 0,67; e d , o fator de depreciação do ambiente no valor de 0,95.

Dessa forma, o resultado foi de aproximadamente 25 luminárias, com uma lâmpada em cada uma delas. As luminárias não apresentam condutores de proteção pois deverão apresentar dupla isolamento, ou seja, classe II. Assim, na área de abastecimento optou-se por usar 20 lâmpadas de LED de 100W para iluminação da cobertura e 5 pontos de iluminação dos letreiros nas ilhas. Além disso, utilizou-se um ponto de iluminação para placas de preço, situado à frente da cobertura.

Para a distribuição no ambiente, as 20 lâmpadas principais da cobertura ficaram dispostas em uma matriz 5 por 4, com duas colunas de lâmpadas mais próximas das duas ilhas de abastecimento, com espaçamento de 3,40 m na vertical e 4 m na horizontal. Uma coluna localizada mais ao centro, com uma distância na horizontal de 4,20 m da segunda e quarta coluna, e mesma distância na vertical.

Já os pontos de iluminação dos letreiros foram inseridos próximos as 4 bombas, ficando 2 em cada ilha, separadas com uma distância de 5,90 m. Outro ponto de iluminação foi usado para letreiro central, localizado na fachada do posto, com uma distância de 2,96 m para primeira coluna (sentido horizontal) e 6,82 m, com relação ao final da cobertura (sentido vertical).

Por fim, o último ponto de iluminação usado para placa e preços está localizado a 11,80 metros da cobertura, sendo utilizadas lâmpadas de LED com potência total igual a 500 W para alimentação, devido a distância e pela função que desempenhará.

6.10 RESULTADO PARA DIVISÃO DE CIRCUITOS DO QGD2

Foram divididos três circuitos: um para as lâmpadas de LED da cobertura; um para iluminação dos letreiros; e um exclusivo para a iluminação da placa de preços. Uma observação para este último, é que sua alimentação será pelos mesmos caminho que os circuito das bombas, ou seja, eletrodutos embutidos no solo. A Tabela 17 resume os resultados anteriores.

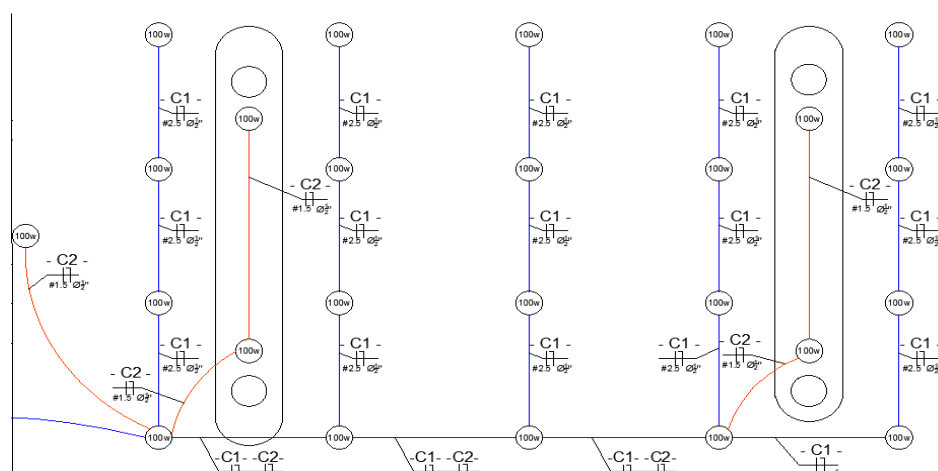
Tabela 17: Potência total para os circuitos de iluminação da cobertura do posto.

Circuitos	Carga	Nº de equipamentos	Potência (kW)	Potência total (kW)
C1	Lâmpadas de Led	20	0,1	2,0
C2	Pontos de iluminação dos letreiros	5	0,1	0,5
C3	Ponto de iluminação da placa de preços	1	0,5	0,5
TOTAL				3,0

Fonte: Autoria própria, 2021

A Figura 44 apresenta um detalhe das colunas de disposição da lâmpadas de LED dos circuitos C1 e C2, na área de abastecimento do posto.

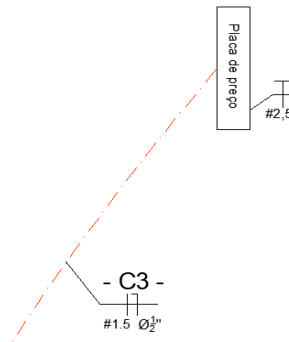
Figura 44: Circuitos C1 e C2 - iluminação externa.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Do mesmo modo, a Figura 45 mostra o trecho de alimentação do circuito C3 para placa de preços.

Figura 45: Circuito C3 – iluminação externa.



Fonte: Autoria própria, 2021.

6.11 RESULTADO PARA CORRENTE NOMINAL DO QGD2

Os circuitos de alimentação externa serão alimentados com tensão monofásica (220V), com FP de 0,92 para lâmpadas de LED. Dessa forma, usando a Equação 7, tem-se os seguintes resultados para as correntes nominais na Tabela 18.

Tabela 18: Correntes nominais dos circuitos de iluminação externa.

Circuito	Corrente Nominal (A)
C1	9,88
C2	2,47
C3	2,47

Fonte: Autoria própria.

6.12 RESULTADO PARA O DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES DO QGD2

Encontrou-se as correntes corrigidas, utilizando *FCA* e *FCS* iguais a 1,0, com diferença para o *FCA*, no valor de 0,80, já que o trecho com maior quantidade de circuito possui dois circuitos agrupados. Dessa forma, usando a Equação 08, tem-se o seguinte resultados das correntes corrigidas na Tabela 19.

Tabela 19: Correntes corrigidas para os circuitos de iluminação externa.

Circuito	Corrente nominal (A)	FCT	FCA	FCS	Corrente nominal corrigida (A)
C1	9,88	1	0,80	1	12,35
C2	2,47	1	0,80	1	3
C3	2,47	1	0,80	1	3

Fonte: Autoria própria.

Quanto a capacidade de condução de corrente, o método de referência utilizado para instalação dos condutores foi o “B1” para os circuitos C1 e C2, pois os condutores isolados que estão em eletrodutos de seção circulares embutidos na alvenaria. Para o circuito C3, também utilizou-se o método B1, já que os condutores isolados estão embutidos em canaletas no piso. Portanto, através da Tabela 07, analisou-se o corrente máxima para seção de 1,5 mm² (mínimo para circuitos de iluminação), 2 condutores carregados (monofásico) e metodologia B1, correspondendo ao valor de 17,5 A para os três circuitos.

Como as correntes corrigidas implicaram em seções de condutores com valores inferiores as seções mínimas permitidas, utilizou-se para iluminação o valor de 1,5 mm², para os condutores de fase e neutro.

Para o cálculo do percentual de queda de tensão, tem-se que o trecho mais distante para o condutor do circuito C1 é de aproximadamente 37 metros, considerando as curvas no caminhamento; para o circuito C2, 32 metros; para o C3, 45 metros. Utilizou-se os cálculos das Equações 08, 09 e 11 para encontrar o percentual de queda de tensão. Os dados para o cálculo são: condutores cobre; a tensão de alimentação de 220 V; o fator de potência de 0,92; a corrente corrigida dos circuitos; e a seção dos condutores atribuídos de 1,5 mm². A Tabela 20 resume os resultados obtidos.

Tabela 20: Percentual de quedas de tensão para os circuitos de iluminação externa

Circuito	Resistência (Ω)	Percentual da queda de tensão (%)
C1	0,42	4,38
C2	0,37	0,95
C3	0,52	1,33

Fonte: Autoria própria, 2021.

Nota-se que o circuito C1, apresentou percentual de queda de tensão maior que 4%, o que não é permitido. Então, substituiu-se a seção do condutor do circuito pela imediatamente superior, 2,5 mm². Realizando novamente os cálculos, obteve-se o percentual de queda de tensão igual a 2,63 %, aceitável para o sistema. A Tabela 21 apresenta as seções nominais definidas para os circuitos C1, C2 e C3.

Tabela 21: Seção dos condutores definidas para os circuitos de iluminação externa.

Circuitos	Seção do condutores de fase (mm²)	Seção do condutores de neutro (mm²)
C1	1x 2,5	1x 2,5
C2	1x 1,5	1x 1,5
C3	1x 1,5	1x 1,5

Fonte: Autoria própria

6.13 RESULTADO PARA O DIMENSIONAMENTO DE DISJUNTORES DO QGD2

Utilizando C1 como exemplo, analisando a Equação 12, chegou-se a condição expressa na Equação (28).

$$9,09 \leq 11,36 \leq 24 \quad (28)$$

Logo, a corrente nominal do disjuntor escolhido é de 16 A, para um fio de 2,5 mm². A corrente de curto-circuito usada foi de 3kA, e a curva de atuação foi a B, por se tratar de um circuito que alimenta cargas essencialmente resistivas. Dessa forma, obteve-se os resultado apresentados na Tabela 22.

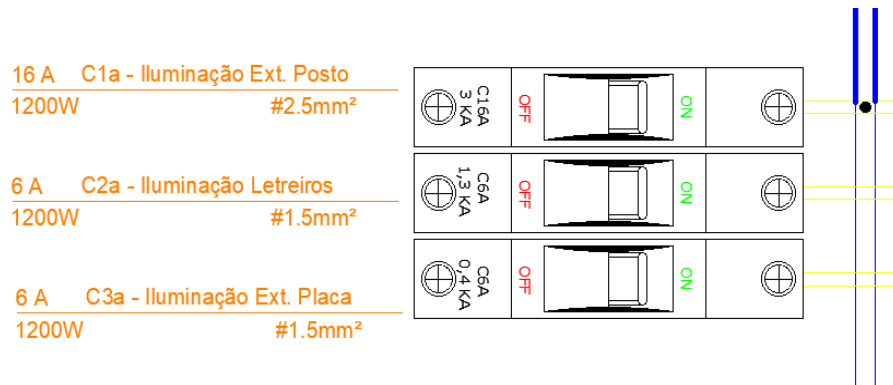
Tabela 22: Dimensionamento dos disjuntores dos circuitos de bombas.

Circuitos	Corrente nominal (A)	Seção (mm²)	Disjuntor (A)		
			<i>IN</i>	<i>Icc</i>	Curva
C1	9,88	2,5	16	3000	B
C2	2,47	1,5	6	3000	B
C3	2,47	1,5	6	3000	B

Fonte: Autoria própria.

A Figura 46 apresenta um detalhe do diagrama multifilar das características dos disjuntores monopolares para os circuitos de iluminação externa do posto.

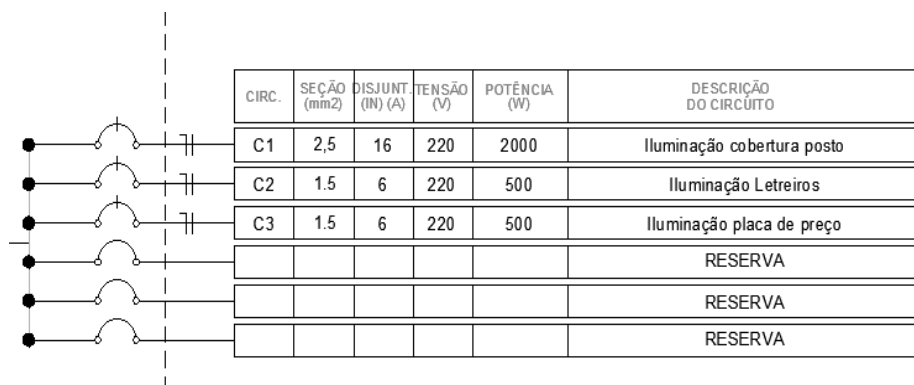
Figura 46: Detalhe do diagrama unifilar dos circuitos de iluminação externa.



Fonte: Adaptado dos arquivos da Trifase, 2021.

De forma semelhante, a Figura 47 apresenta o detalhe do diagrama unifilar para os mesmos circuitos.

Figura 47: Detalhe do diagrama unifilar – circuitos de iluminação externa



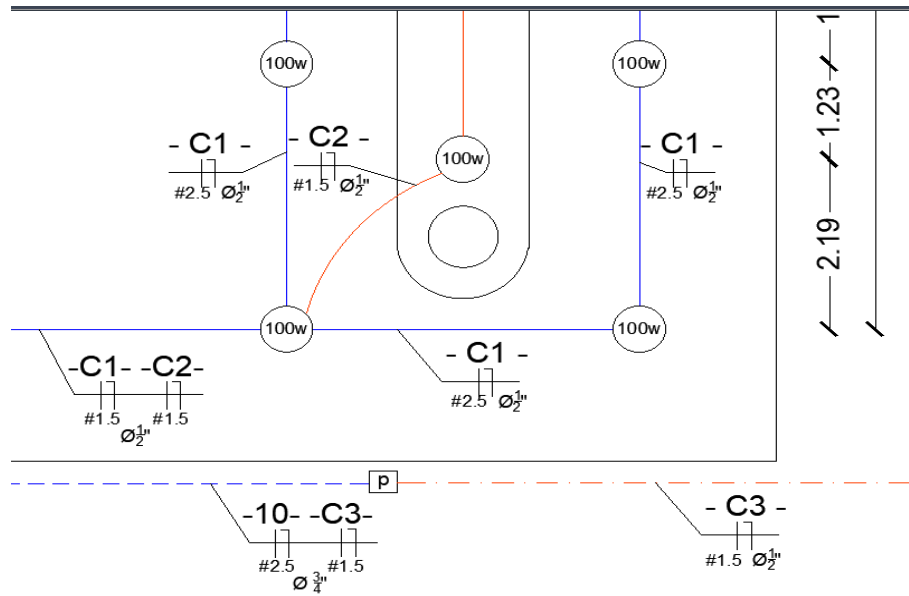
Fonte: Adaptado dos arquivos da Trifase, 2021.

Foram deixados três circuitos de reservas.

6.14 RESULTADO PARA O DIMENSIONAMENTO DE ELETRODUTOS DO QGD2

Analisando uma parte da planta que contém três circuitos de iluminação, como mostrado na Figura 48, tem-se que nos eletrodutos com circuitos únicos, os seus diâmetros devem ser 16 mm; para o trecho em que os circuito C1 e C2 estão agrupados, ainda permanece o de 16 mm. Entretanto, no trecho em que o circuito 10 e C3 estão juntos, o diâmetro ficou de 20 mm.

Figura 48: Trecho com dimensionamento dos eletrodutos nos circuito de iluminação externa.



Fonte: Autoria própria, 2021.

6.15 RESULTADOS PARA O DIMENSIONAMENTO DO DISJUNTOR GERAL DO QGD2

A DIS-NOR-030 (2021) não possui um fator de demanda explícito para iluminação de posto de combustíveis, mas pode ser usado o fator de demanda para edificações como garagens ou serviços comerciais, sendo de valor unitário. Por isso, a Demanda dos circuito de iluminação permaneceu de 3 kW.

Como o QGD2 será conectado ao disjuntor geral do QDB, a sua demanda total de 9,3 kW também é adicionada ao cálculo para a demanda total dos circuitos de iluminação externa. Então, a expressão final para o somatório das demandas de iluminação e externa e bombas é mostrada na Equação 29.

$$D_{QGD2} = D_b + D_{iluminação} \quad (29)$$

Onde:

- D_{QGD2} – Demanda total do QGD1;
- D_b - Demanda do QGB;
- $D_{iluminação}$ - parcela de demanda dos circuitos de iluminação externa.

Realizando os cálculos, a demanda total do QGD2 será de 12,3 kW.

Assim, obteve-se os mesmos parâmetros usados no dimensionamento do disjuntor geral utilizando os métodos descritos nos itens anteriores. Com a demanda total calculada, encontrou-se a corrente de projeto considerando a tensão de alimentação trifásica (380 V); e o método de referência B1. O cálculo do percentual de queda de tensão foi realizado tomando uma distância de 0,08 m de um quadro para o outro. Por fim, definiu-se as seções de condutores e os parâmetros dos disjuntores (corrente nominal, corrente de curto-circuito, e curva característica), obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 23.

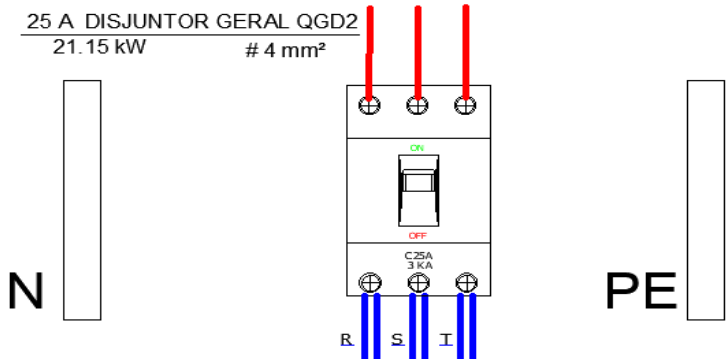
Tabela 23: Dimensionamento do disjuntor geral do circuito de iluminação externa.

Corrente de projeto (A)	Corrente máxima permitida (A)	Percentual de queda de tensão (%)	Seção (mm ²)	Disjuntor (A)		
				<i>I_N</i>	<i>I_{cc}</i>	Curva
19,7	28	0,00421	4	25	3000	C

Fonte: Autoria própria, 2021.

A Figura 49 apresenta um detalhe das características do disjuntor tripolar geral do QGD2. A imagem com o diagrama completo é mostrado no Apêndice A.

Figura 49: Disjuntor geral do QGD2.



Fonte: Adaptado dos arquivos da Trifase, 2021.

6.16 RESULTADO DOS DADOS ELÉTRICOS ADQUIRIDOS NO QGD1

Os dados fornecidos para o QGD1 são:

- Potência instalada total no valor de 6,95 kW;
- Demanda máxima da instalação no valor de 6 kVA.

6.17 RESULTADOS DOS DADOS ELÉTRICOS DE ENTRADA DE SERVIÇO PARA ALIMENTAÇÃO DO QEM

Para o circuito de bombas, a demanda em kVA calculada, a partir dos fatores de demandas aplicados: 1,0 para o primeiro motor; 0,5 para os outros 5 motores das bombas e 1,0 para cabeças eletrônicas, resultou em 12,6 kVA. Já para os circuitos de iluminação, o fator de demanda aplicado foi de 1,0 para circuitos de iluminação, resultando em 3kVA. Assim, obteve-se o valor de 6 kVA para a demanda do QGD1. O resultado da demanda total foi de 28,6 kVA. A Tabela 24 mostra as relações feitas para o cálculo.

Tabela 24: Potência e Demanda total da instalação elétrica do posto.

Circuito	Potência (kW)	Fator de potência	Potência (kVA)	Fator de demanda	Demanda (kVA)
Primeiro motor das bombas	2,95	0,73	4,04	1	4,04
Outros 5 motores	14,75	0,73	20,20	0,5	10,1
Cabeça de bomba	0,452	0,92	0,464	1	0,464
Iluminação externa	3	1	3	1	3
QGD1	6,94				6
TOTAL	28,1				23,6

Fonte: Autoria própria

Analisando-se a Tabela 1 da DIS-NORM-030 (2021), para uma tensão trifásica 380/220 V (tensão de alimentação da rede do projeto), com potência instalada máxima de até 75 kW, a categoria de ligação que se enquadra a instalação do posto analisada é a “T5”, cujos detalhes são apresentados na Tabela 25.

Tabela 25: Dimensionamento do Ramal de Entrada.

Categoria	Tensão (V)	Potência (kW)	Potência (kVA)	Disjuntor (A)	Ramal de Entrada (mm²)	Distribuição/ circuito alimentador em subterrâneo embutido
T5	380/220	0 -75	0 – 32	50	Al- 16(16)- XLPE	CU-16(16) - XLPE/EPR CU-16(16)-PVC

Fonte: Adaptado da DIS-NORM-030, 2021.

Assim, com base nos dados presentes na Tabela 25, tem-se que o disjuntor geral para o padrão de entrada deve apresentar corrente nominal de 50 A, os condutores do ramal de

entrada deve ser em alumínio de 16 mm² e isolamento XLPE e os condutores do ramal de entrada deve ser de cobre de 16 mm², com isolamento em XLPE/EPR ou 16 mm² para isolamento de PVC.

Além disso, A Tabela 2 do Anexo I da Norma DIS-NORM-030 (2021), apresenta os dimensionamentos dos eletrodutos, aterramento, tipo de medição e caixa de medição. Na Tabela 26 é mostrado as recomendações para a categoria de ligação T5.

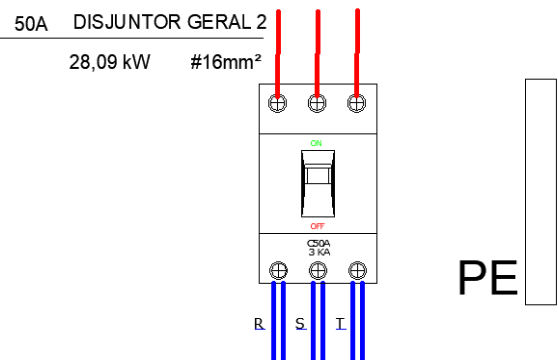
Tabela 26: Dimensionamentos para medição.

Cat.	Eletroduto ramais (")	Caixa e tipo de medição	Condutor aterramento (mm ²)	Eletroduto aterramento (")	Aplicação
T5	1 1/4	Polifásica e direta	16	3/4	Nordeste

Fonte: Adaptado da DIS-NORM-030, 2021

A Figura 50 apresenta o detalhe do diagrama multifilar do circuito de alimentação do padrão de entrada e medição.

Figura 50: Disjuntor geral de entrada e medição.



Fonte: Adaptado dos arquivos da Trifase, 2021.

6.18 RESULTADO PARA O SISTEMA DE ATERRAMENTO

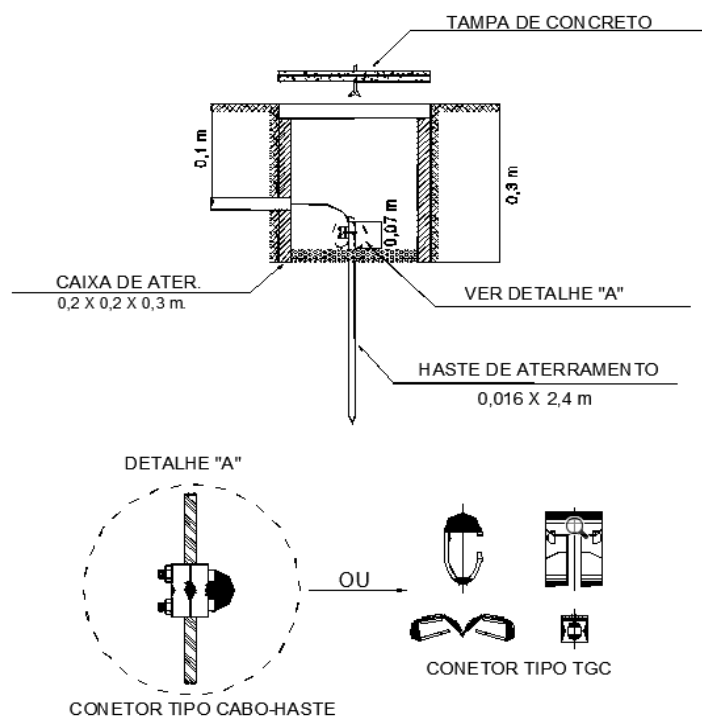
O esquema de aterramento empregado no projeto é o TN-S (ver Item 3.1.6.1.1), seguindo as prescrições da NBR 14639 (2014) de que todas as massas metálicas devem ser equipotencializadas, isto é, ligadas aos condutores de proteção.

Para o eletrodo de aterramento do quadro principal (QEM) utilizou-se uma haste de aço com revestimento de cobre com uma espessura de 254 micrômetro (μm) e cabo de cobre nu de 25 mm², apresentando um diâmetro de 0,015 m e tamanho total de 2,4 m.

Destaca-se que as partes metálicas expostas devem ser devidamente equipotencializadas, e os eletrodutos metálicos de cada ilha de abastecimento devem ser aterrados na caixa de passagem mais próxima através de buchas-terminal, interligadas ao condutor de proteção dos circuitos. Além disso, a resistência entre os equipamentos e a terra não pode ser maior que 10 ohms.

Com relação a caixa de aterramento, suas dimensões foram de: 0,2 metros de comprimento; 0,2 metros de largura; e 0,3 metros de altura. A distância da ponta da haste para a base da caixa foi de 0,07 metros. A Figura 51 mostra o detalhe do aterramento feito para o estudo do posto.

Figura 51: Detalhe do aterramento do posto de combustível.



Fonte: Adaptado dos arquivos da Trifase, 2021.

6.19 RESULTADO DA SELEÇÃO DO DPS

Quanto a tensão máxima de operação, é recomendado, para tensão de alimentação de 220/380 V, uma tensão de 275 V. Com relação a corrente nominal de descarga, o item d) da seção 6.3.5.2.4, para redes trifásicas, prescreve o uso de um DPS, por fase, de no mínimo 20 kA (8/20µs), pois o objetivo principal é “a proteção contra sobretensões de origem atmosférica transmitidas pela linha externa de alimentação e contra sobretensões de

manobra” (ABNT, 2004). Quanto a classe do DPS, Foi utilizada de Classe I, já que o objetivo dessa classe é a proteção contra descargas atmosféricas diretas ligadas a entrada e medição do sistema. A Figura 52 mostra o modelo de DPS monopolar comercial da WEG para se usar em cada uma das fases no QEM do posto.

Figura 52: Modelo de DPS utilizado no posto.



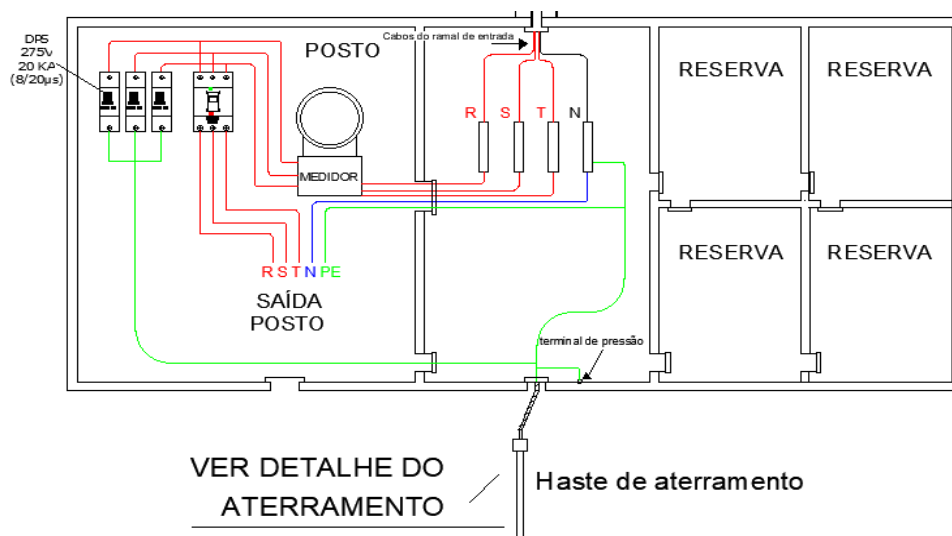
Fonte: WEG, 2021.

6.20 RESULTADO DE OUTROS DETALHES DO PROJETO DO POSTO DE COMBUSTÍVEIS

Após o dimensionamentos do cabos, circuitos, aterramento e os dispositivos de proteção do sistema, foi realizado o desenho detalhado do esquema de ligação do padrão de entrada e o QEM.

Analisando a Figura 53, tem-se as três fases e o neutro vindo do ramal de entrada, fornecido pela distribuidora; os condutores de fases são conectados ao medidor, que saem diretamente para as conexões do disjuntor geral e dos três DPS selecionados. Um condutor de proteção é ligado diretamente no neutro e levado para a haste de aterramento, realizando-se a equipotencialização do sistema, também aplicado as conexões de saída dos DPS. Por fim, as três fases do disjuntor e os cabos de proteção e neutro, vão para a alimentação dos circuitos do posto. Os espaços reservas são destinados para possíveis aumentos no estabelecimento, que venha a ser necessário atribuir novos medidores no local, como proprietários individuais que queiram implementar conveniência, oficinas, lojas, ou outros serviços, separadamente.

Figura 53: Detalhe do Esquema de ligação do Padrão de Entrada.



A imagem do esquema está completa no Apêndice A.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve o intuito de apresentar a elaboração de um projeto elétrico de BT em postos de combustíveis, tendo como principais fontes para normatização dos procedimentos as normas técnicas NBR 5410 e NBR 14639, sendo esta primeira responsável pelas prescrições gerais sobre instalações elétricas em baixa tensão, e a segunda uma norma complementar com prescrições específicas para instalações elétricas em postos de abastecimento.

Dessa forma, apresentou-se os aspectos gerais da infraestrutura dos postos de combustíveis, ressaltando a importância de haver uma construção segura e voltada para o bem-estar dos funcionários e clientes, principalmente pelo fato do ambiente de trabalho ter envolvimento com manuseio de líquidos inflamáveis. Então, a desenvoltura do trabalho foi evidenciar o modo correto de realizar uma instalação elétrica adequada para este tipo de edificação, usando um projeto modelo como exemplo, com destaque principal nas disposições específicas da NBR 14639.

Do ponto de vista técnico, foram destacados os conceitos gerais e o desenvolvimento do projeto elétrico em BT, com a NBR 5410, mostrando as etapas de: levantamento de cargas, divisão de circuitos, dimensionamento de condutores e eletrodutos, dispositivos de proteção, disposições de quadros elétricos, aterramento e todo o fornecimento da energia elétrica para o sistema. Além disso, foram especificadas as condições previstas na NBR 14639, como: classificações de áreas, equipamentos especiais para áreas classificadas, e os métodos para distribuição da energia elétrica nos postos de combustíveis.

Todo projeto de instalações elétricas deve passar por verificações e inspeções durante e depois dos processos, afim de se ter as certificações com as normas empregadas. Os principais critérios de verificações são: inspeção visual com a rede desenergizada; ensaios de continuidade, resistência e isolamento da instalação, equipotencialização, ensaios de tensão e outros procedimentos. É importante organizar documentos e relatórios com as observações do projeto, principalmente com relação aos equipamentos a prova de explosão detalhados na NBR 14639. Em atmosferas explosivas, inspeções periódicas são fundamentais para garantir a segurança do local.

A análise crítica da NBR 14639 em trabalhos acadêmicos ressalta, para os estudantes do curso de engenharia elétrica, a importância de se ter uma visão mais apurada para outras

normas técnicas além daquelas vistas em disciplinas profissionalizantes. Assim, a realização deste trabalho demonstrou a relevância de se está familiarizado e atualizado com normas além das vistas em sala de aula e se de utilizar metodologias diferentes, além da comum, em projetos de instalações elétricas de baixa tensão, cujos projetos são regidos pela NBR 5410, mas que, em que situações específicas, se complementam com outras normas.

Para trabalhos futuros, é sugerido os seguintes pontos:

- Projeto de SPDA completo do posto, com emissão de laudo e especificações mais detalhadas dos seus procedimentos;
- Realizar projeto de automatização das bombas, e verificar as prescrições das áreas classificadas neste processo;
- Construção do projeto elétrico em postos de combustíveis com ferramentas 3D, para facilitar as etapas dos processos.

REFERÊNCIAS

- ADAPTATIVE. **Normas e medidas de segurança em postos de combustíveis**. 2021. Gestão Empresarial. Disponível em: <https://adaptive.com.br/normas-e-medidas-de-seguranca-em-postos-de-combustiveis/>. Acesso em: 15 jul. 2021.
- ALE. **Quais serviços oferecer em um posto de combustível?** 2021. Disponível em: <https://www2.ale.com.br/quais-servicos-oferecer-em-um-posto-de-combustivel>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **ABNT NBR 5419**: Proteção contra descargas atmosféricas. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC60079-14**: Atmosferas explosivas - Parte 14: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 60079-0:2013 Versão Corrigida:2020** – Atmosferas Explosivas Parte 0: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 60529:2005 Versão Corrigida 2:2017** – Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP). Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14639**: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis – Posto revendedor veicular (serviços) e ponto de abastecimento – Instalações elétricas. Rio de Janeiro, 2014.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC60079-10-1**: Atmosferas explosivas - Parte 10-1: Classificação de áreas - Atmosferas explosivas de gás. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT DIS-NOR-030**: Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição a Edificações Individuais. Neoenergia, 2021. 116 p.

BRASIL POSTOS. **O primeiro posto de gasolina do mundo**. 2014. Revista Quatro Rodas. Disponível em: <https://www.brasilpostos.com.br/noticias/noticias-mercado/o-primeiro-posto-de-gasolina-do-mundo/>. Acesso em: 22 maio 2021.

BRASIL POSTOS. **O primeiro posto de gasolina do mundo**. 2014. Revista Quatro Rodas. Disponível em: <https://www.brasilpostos.com.br/noticias/noticias-mercado/o-primeiro-posto-de-gasolina-do-mundo/>. Acesso em: 22 maio 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 273, de 29 de novembro de 2000. **Diretrizes Para O Licenciamento Ambiental de Postos de Combustíveis e Serviços e Dispõe Sobre A Prevenção e Controle da Poluição**. DOU, nº 5, 08 de janeiro de 2011. Seção 1, p. 20-23.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Portaria n.º 179, de 18 de maio de 2010. Serviço Público Federal. **Diário Oficial da União**. Revisão dos Requisitos de Avaliação da Conformidade de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos para Atmosferas Explosivas. Rio de Janeiro, 2010, Seção 01, p. 76.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego, Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho (SSST). **Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis – NR 20**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil – Brasília, 1978. Aprovada pela Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978; alterada pela Portaria SIT nº 3088 de 29 de fevereiro de 2012.

BRASIL. Revista Economia. **Setor de serviços registra quarta alta seguida e alcança maior patamar em cinco anos**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2021/09/setor-de-servicos-registra-quarta-alta-seguida-e-alcanca-maior-patamar-em-cinco-anos>. Acesso em: 14 set. 2021.

COTRIM, Ademaro A. M. B. Instalações elétricas. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

ELIAS, Carlos Eduardo Spinassi; VIEIRA, Loilsonserber; BICZKOWSKI, Mauricio. **INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ÁREAS CLASSIFICADAS**. Technoeng, Paraná, p. 1-11, jun. 2011. Disponível em: <http://www.cescage.com.br/revistas/index.php/RTE/article/view/769>. Acesso em: 20 ago. 2021.

FIGURA JÚNIOR, Paulo. **PLANO DE EMERGÊNCIA EM POSTO DE COMBUSTÍVEL UM ESTUDO DE CASO**. 2017. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de

Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. "Posto de Abastecimento"; *Brasil Escola*.

Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/posto-abastecimento.htm>. Acesso em: 13 mai. de 2021.

FREITAS, Ana Ellen R. de; M. SOBRINHO, Francisco Magno; Q. JÚNIOR, Idalmir de S. PROJETO DE INSTALAÇÃO EM ÁREA CLASSIFICADA: posto de

combustível. **Repositório UFERSA**. p. 1-12, 30 ago. 2018. Disponível em:

<https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/4319>. Acesso em: 14/05/2021.

GILBARCO VEEDER-ROOT. **Prime PHX - Bomba de combustível eletrônica para uso comercial**. 2021. Disponível em: <https://www.gilbarco.com/br/solucoes/posto-de-combustivel/solucoes-para-abastecimento/bombas-para-uso-comercial/bomba-prime-phx>. Acesso em: 25 set. 2021.

HSIN, Ana Livia Ku Chih; IMAI, Fernando. **Estudo de caso comparativo entre os métodos de dimensionamento de condutores elétricos propostos pelas Normas NBR 5410 e NBR 15920 em circuitos das instalações da UTFPR, Câmpus Curitiba**. 2014. 00 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Industrial Elétrica Ênfase Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Cap. 2. Disponível em:

http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9863/2/CT_COELE_2013_2_21.pdf.

Acesso em: 20 abr. 2021.

ITRANSPORT (Belo Horizonte). **Tipos de combustíveis**. 2017. Disponível em:

<https://www.itransport.com.br/conheca-os-tipos-de-combustiveis-existentis/>. Acesso em: 21 abr. 2021.

MANTECON, Vitor Sued. Instalações elétricas em atmosferas explosivas. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio grande do Sul (UFGRS), Porto Alegre, 2010. Disponível em:< http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/492_inst_explosiva.pdf>. Acesso em: 15 de agosto de 2021.

MATTEDE, Henrique. **Condutores elétricos, tipos e características!** 2021. Mundo da Elétrica. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/condutores-eletricos-tipos-caracteristicas/>. Acesso em: 22 ago. 2021.

MATTEDE, Henrique. **Disjuntor termomagnético, funções e características**. 2021. Mundo da Elétrica. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/condutores-eletricos-tipos-caracteristicas/>. Acesso em: 24 ago. 2021.

MATTEDE, Henrique. **O que é SPDA (Sistema de proteção contra descargas atmosféricas)**. 2021. Mundo da Elétrica. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/condutores-eletricos-tipos-caracteristicas/>. Acesso em: 11 jul. 2021.

MATTEDE, Henrique. **Tabela de dimensionamento de eletroduto**. 2021. Mundo da Elétrica. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/condutores-eletricos-tipos-caracteristicas/>. Acesso em: 30 ago. 2021.

MORENO, Hilton et al. Guia de Normas Brasileiras - O setor elétrico. São Paulo: Atitude, 2011. 324 p. Disponível em: <https://d12sd7h1px1tbv.cloudfront.net/sites/www.voltimum.com.br/files/pdflibrary/guia_o_setor_eletrico_de_normas_brasileiras_0.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2021.

PRESTES, Sérgio. DPS Dispositivo de proteção contra surto de tensão. Abb Brasil, Sorocaba, 2021. Disponível em: <https://library.e.abb.com/public/18f13a4586db468ea859899cb08d66d2/Artigo_Sergio.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2021.

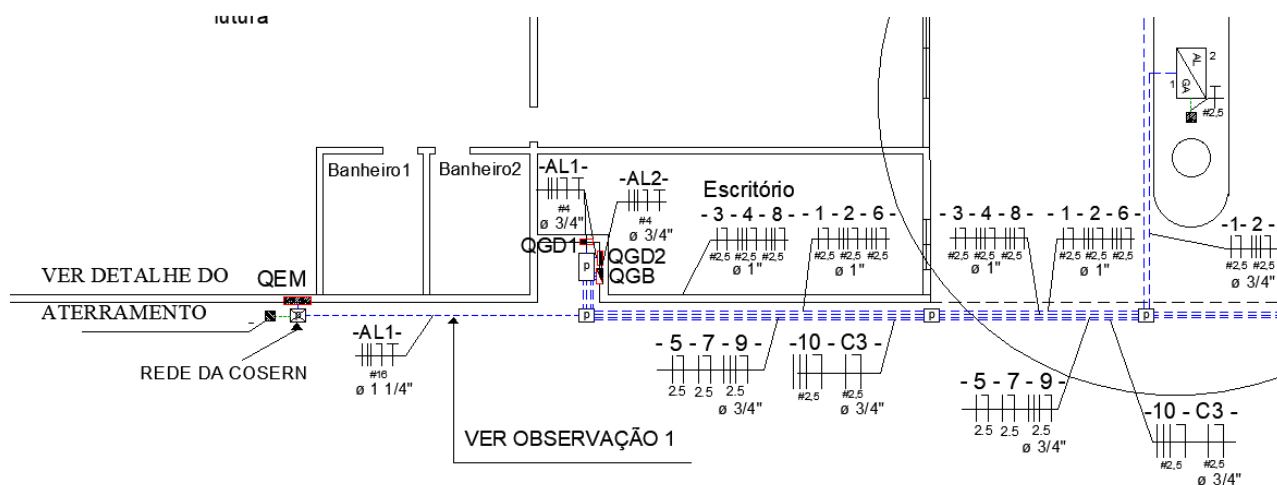
RODRIGUES, Léo. **Venda de combustíveis no Brasil cresce 2,89% em 2019**. 2020. Agência Brasil. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-02/venda-de-combustiveis-no-brasil-cresce-289-em-2019>. Acesso em: 28 abr. 2021.

SILVEIRA, Renato da. **Como funciona um Posto de Combustível**. 2013. PORTAL BRASIL POSTOS. Disponível em: <https://www.brasilpostos.com.br/artigos/como-montar-um-posto-de-combustivel-sebrae/>. Acesso em: 18 jun. 2021.

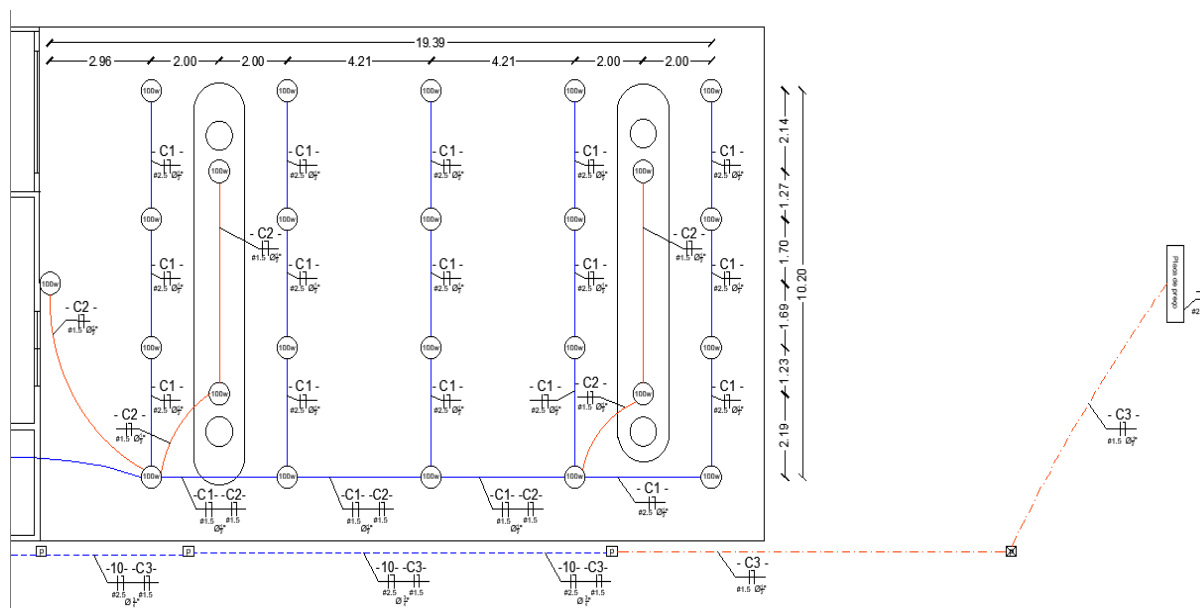
SILVEIRA, Renato da. **Como funciona um Posto de Combustível**. 2013. PORTAL BRASIL POSTOS. Disponível em: <https://www.brasilpostos.com.br/artigos/como-montar-um-posto-de-combustivel-sebrae/>. Acesso em: 18/05/2021.

APÊNDICE A: DETALHES DO PROJETO ELÉTRICO DO POSTO

Apêndice A.1 – Detalhes da planta elétrica dos circuitos de bombas.



Apêndice A.2 – Detalhes da planta elétrica dos circuitos de iluminação externa do posto.



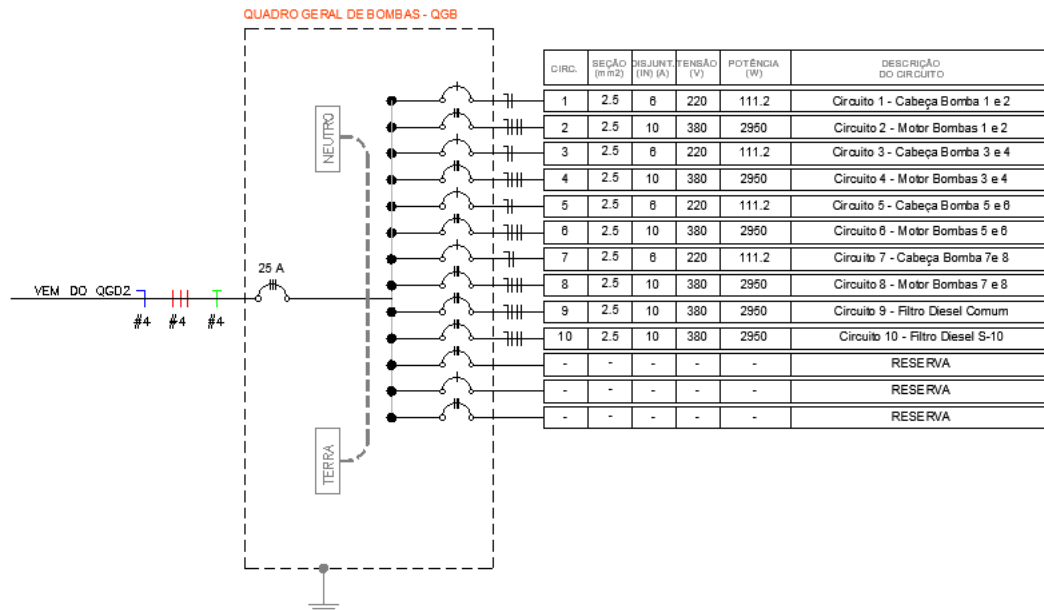
Apêndice A.3 – Legenda da planta elétrica de iluminação externa do posto.

LEGENDA	
	ELETRODUTO DE PVC 50 MM
	ELETRODUTO AÇO CARBONO 50 MM
	ELETRODUTO ILUM. POSTO 25MM
	ELETRODUTO ILUM. BOMBAS 20MM
	ELETRODUTO ILUM. PISO 20MM
	QUADRO GERAL FORÇA E MEDIÇÃO
	QUADRO GERAL DE BOMBAS
	QUADRO GERAL DE DISTRIBUIÇÃO 1
	QUADRO GERAL DE DISTRIBUIÇÃO 2
	CX PASSAGEM IP54 300X300MM
	CX PASSAGEM ALVENARIA 200X200MM
	CX PASSAGEM ALVENARIA 400X300MM
	CX ATERRAMENTO ALVENARIA 200X300MM
	CONDUTOR FASE – TRIFÁSICO
	CONDUTOR NEUTRO
	CONDUTOR TERRA
-C1-	IDENTIFICAÇÃO CIRC. DE ILUMINAÇÃO
-C2-	IDENTIFICAÇÃO CIRC. DE ILUMINAÇÃO PARA LETREIROS
-C3-	IDENTIFICAÇÃO CIRC. DE ILUMINAÇÃO EXTERNA
-X-	IDENTIFICAÇÃO CIRC. DE BOMBAS
-AL-	IDENTIFICAÇÃO CIRC. ALIMENTAÇÃO
	IDENTIFICAÇÃO PONTO DE ILUMINAÇÃO
	PLACA DE PREÇOS

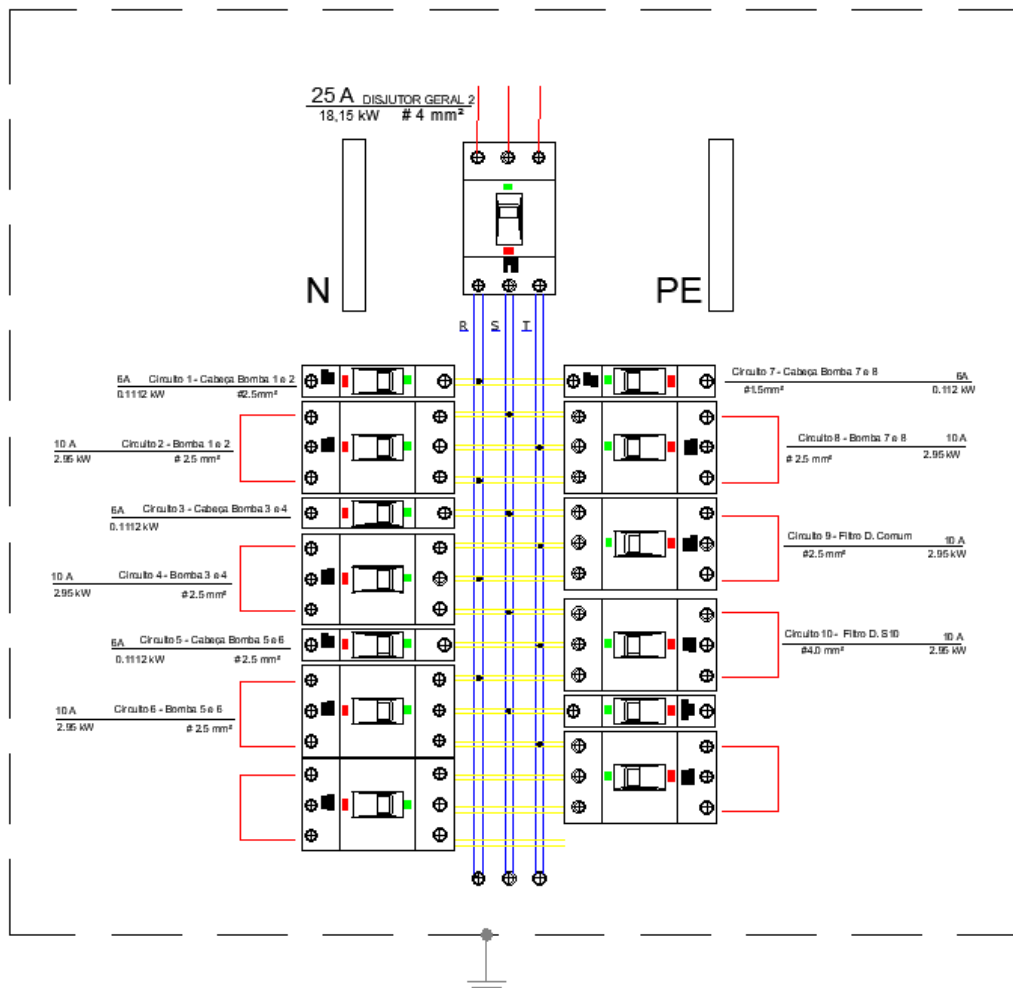
Apêndice A.4 – Legenda da planta elétrica dos circuito de bombas.

LEGENDA	
	ELETRODUTO DE PVC 50 MM
	ELETRODUTO AÇO CARBONO 50 MM
	ELETRODUTO ILUM. POSTO 25MM
	ELETRODUTO ILUM. BOMBAS 20MM
	ELETRODUTO ILUM. PISO 20MM
	QUADRO GERAL FORÇA E MEDIÇÃO
	QUADRO GERAL DE BOMBAS
	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO
	CX PASSAGEM IP54 300X300MM
	CX PASSAGEM ALVENARIA 200X200MM
	CX PASSAGEM ALVENARIA 400X300MM
	CX ATERRAMENTO ALVENARIA 200X300MM
	CONDUTOR FASE – TRIFÁSICO
	CONDUTOR NEUTRO
	CONDUTOR TERRA
-CXB-	IDENTIFICAÇÃO CIRC. DE ILUMINAÇÃO
-X-	IDENTIFICAÇÃO CIRC. DE BOMBAS
-AL-	IDENTIFICAÇÃO CIRC. ALIMENTAÇÃO
	IDENTIFICAÇÃO POT. DE ILUMINAÇÃO
	ÁREA CLASSIFICADA
	BOMBA 1—GASOLINA E 2—ALCOOL
	BOMBA 3 E 4 – GASOLINA COMUM
	BOMBA 5 E 6 – DIESEL COMUM
	BOMBA 7 E 8 – DIESEL S10

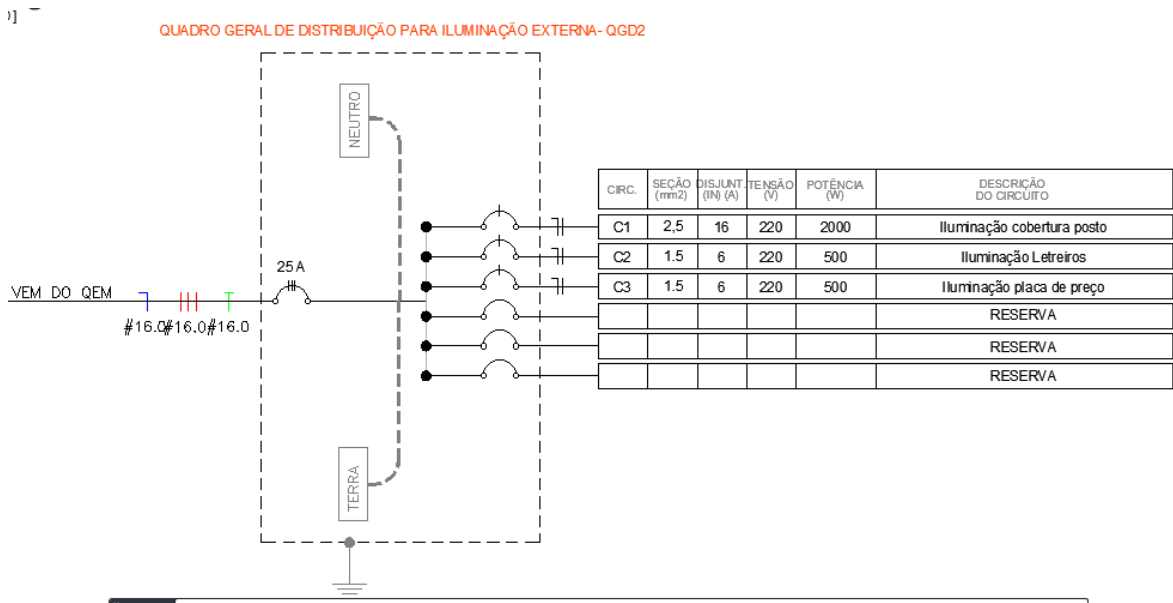
Apêndice A.5 – Diagrama unifilar do QGB.



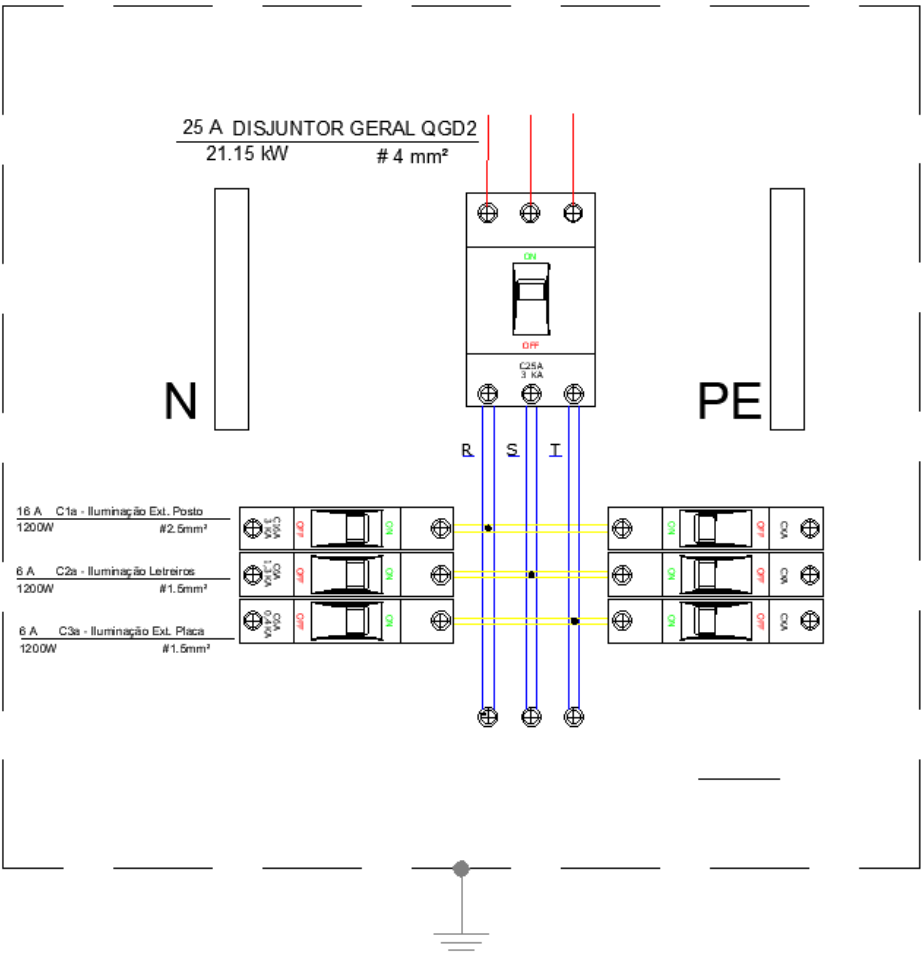
Apêndice A.6 – Diagrama Multifilar do QGB.



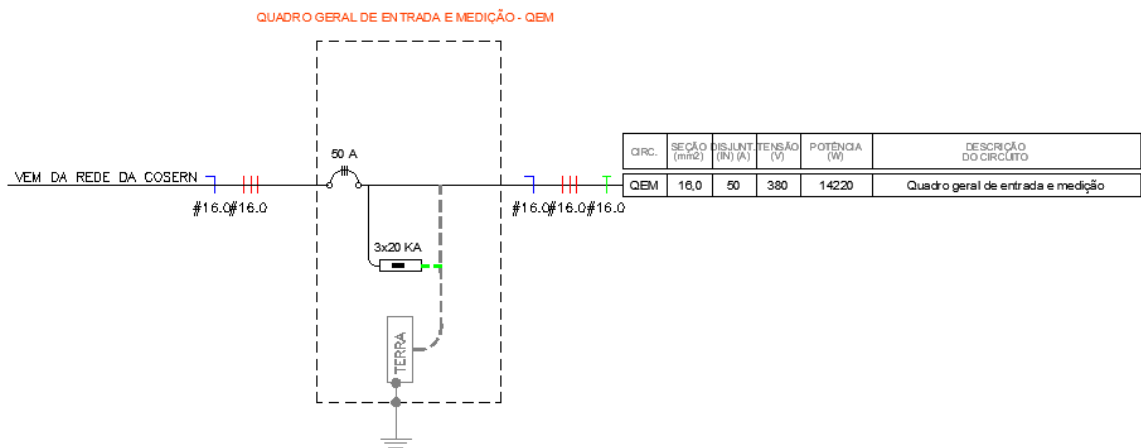
Apêndice A.7 – Diagrama unifilar do QGD2.



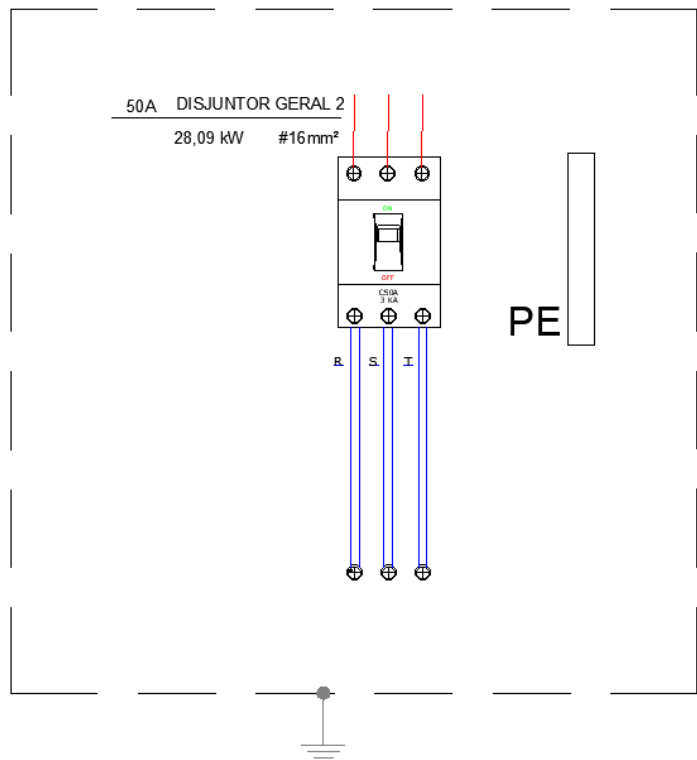
Apêndice A.8 – Diagrama Multifilar do QGD2.



Apêndice A.9 – Diagrama unifilar do QEM.



Apêndice A.10 – Diagrama multifilar do QEM.



Apêndice A.11 – Esquema do Padrão de Entrada e QEM.

