

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELÉTRICA  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**MAYCON MOISES ANTUNES**

**INSPEÇÃO E PROJETO DE READEQUAÇÃO DOS PAINÉIS ELÉTRICOS  
DO BLOCO H DA UTFPR CAMPUS PATO BRANCO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2019**

MAYCON MOISES ANTUNES

**INSPEÇÃO E PROJETO DE READEQUAÇÃO DOS PAINÉIS  
ELÉTRICOS DO BLOCO H DA UTFPR CAMPUS PATO  
BRANCO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Elétrica – DAELE – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Me. José Paulo de Barros Neto

PATO BRANCO

2019

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **INSPEÇÃO E PROJETO DE READEQUAÇÃO DOS PAINÉIS ELÉTRICOS DO BLOCO H DA UTFPR CAMPUS PATO BRANCO**, do acadêmico **Maycon Moises Antunes** foi considerado **APROVADO** de acordo com a ata da banca examinadora **Nº 246** de 2019.

Fizeram parte da banca os professores:

**Prof. Me. José Paulo de Barros Neto (orientador)**

**Prof. Me. César Augusto Portolann**

**Profa. Dra. Filomena Barbosa Rodrigues Mendes**

**A Ata de Defesa assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica**

## DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha família e aos colegas que estiveram ao meu lado e me auxiliaram no desenvolvimento do projeto.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha mãe, minha vó e meu irmão principalmente por todo o apoio nessa jornada da universidade e na vida.

Também agradeço aos meus colegas de trabalho que me auxiliaram no desenvolvimento desse trabalho e me prepararam para o mercado de trabalho.

Por fim agradeço ao meu orientador por ter aceito a minha proposta e por ter me auxiliado a concluir esse projeto.

## EPÍGRAFE

*“Somewhere, something incredible is waiting to be known” (Carl Sagan)*

“Em algum lugar, algo incrível está esperando para ser descoberto” (Carl Sagan)

## RESUMO

ANTUNES, Maycon M. Inspeção e Projeto de Readequação dos Painéis Elétricos do Bloco H da UTFPR Campus Pato Branco. 2019. 117 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, 2019.

Este trabalho apresenta e discute a inspeção visual dos painéis elétricos do bloco H da UTFPR Campus Pato Branco. Primeiramente é elaborada uma lista de itens baseada na NBR 5410 para verificar as condições físicas e elétricas desses painéis. Após a inspeção visual dos painéis são apresentadas as correções necessárias para que os painéis sejam seguros de operar. Por fim são reprojetaos os equipamentos de proteção e um novo quadro de distribuição com base em um estudo de curto-circuito e as cargas instaladas no bloco.

**Palavras-chave:** readequação, projeto, diagrama, unifilar.

## ABSTRACT

ANTUNES, Maycon M. Inspection and Readjustment Project of the Electrical Panels of the H Block of the UTFPR Campus Pato Branco. 2019. 117 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação) – Electrical Engineering, Federal University of Technology of Paraná, Pato Branco, PR, 2019.

This paper presents and discusses the visual inspection of the electrical panels in the H block of UTFPR Campus Pato Branco. First, it's compiled a list of items based on the NBR 5410 to check the physical and electrical conditions of those panels. After the visual inspection, the corrective actions required to make the panels safe to operate are presented. Lastly the protection equipments are redesigned and a new electrical panel is designed, based on a short circuit study and the loads installed on the block.

**Keywords:** redesign, project, diagram, single-line.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Componentes corrente de curto-circuito .....	20
Figura 2: (a) Aterramento TN-S, (b) Aterramento TN-C, (c) Aterramento TN-C-S, (d) Aterramento TT, (e) Aterramento IT .....	28
Figura 3: Simbologia utilizada no projeto .....	31
Figura 4: Transformador 1 de 500kVA e 13200/220-127V .....	32
Figura 5: Implantação Bloco HIJ .....	33
Figura 6: Diagrama unifilar geral atual .....	34
Figura 7: Total atendido por item na inspeção .....	40
Figura 8: Total de itens atendido por painel .....	41
Figura 9: Tomada (esquerda) e plugue (direita) industriais fora de padrão .....	42
Figura 10: Extrator de fusível NH com luva isolada para 1kV .....	45
Figura 11: Chave seccionadora rotativa .....	46
Figura 12: Dispositivo de proteção bloqueado e sinalizado conforme NR-10 .....	47
Figura 13: Tomada (esquerda) e plugue (direita) em conformidade com a IEC .....	48
Figura 14: Exemplo de transformador de corrente para cabos e barramentos .....	49
Figura 15: Multimetro digital METSEPM5340 .....	50
Figura 16: Diagrama de força dos exaustores .....	52
Figura 17: Diagrama de comando dos exaustores .....	53
Figura 18: Localização do QDG-H .....	56
Figura 19: Dimensionamento da eletrocalha .....	58
Figura 20: Distâncias e características dos cabos e transformador .....	59
Figura 21: Diagrama de impedâncias do bloco H .....	60
Figura 22: Ponto previsto para a instalação da eletrocalha .....	66
Figura 23: Visão externa e interna do QL-H .....	76
Figura 24: Visão externa e interna do QF-H002 .....	78
Figura 25: Visão externa e interna do QF-H003 .....	80
Figura 26: Visão externa e interna do QF-H004 .....	82
Figura 27: Visões externa e interna do QF-H006B (esquerda) e QF-H006A (direita) .....	84
Figura 28: Visão externa e interna do QF-H007 .....	87
Figura 29: QF não identificado H007 .....	89
Figura 30: Visão externa e interna do QF-H008 .....	90
Figura 31: Visão externa e interna do QF-H009 .....	92
Figura 32: Lista de disjuntores-motores até 32 A .....	96
Figura 33: Lista de disjuntores-motores até 65 A .....	97
Figura 34: Lista de contatores de potência .....	98
Figura 35: Lista de transformadores de corrente .....	99
Figura 36: Capacidade de interrupção dos disjuntores .....	100
Figura 37: Eletrocalhas comerciais .....	101
Figura 38: Demanda e corrente máximas de disjuntores até 200 A .....	102
Figura 39: Demanda e corrente máximas de disjuntores até 800 A .....	102

Figura 40: Características de ensaio do Transformador 1 .....	103
Figura 41: Capacidade de condução de corrente de cabos de cobre .....	104
Figura 42: Fatores de agrupamento de circuitos .....	105
Figura 43: Valores médios de impedância de cabos de cobre .....	106
Figura 44: Dimensões e correntes médias de barramentos de cobre .....	107

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resumo da distribuição de cargas do bloco H .....	36
Tabela 2: Itens avaliados na inspeção visual .....	38
Tabela 3: Queda de tensão nos quadros .....	58
Tabela 4: Correntes de curto-circuito dos quadros.....	61
Tabela 5: Lista de materiais orientativa .....	62
Tabela 6: Cargas das salas H001/H001A .....	69
Tabela 7: Cargas da sala H002.....	69
Tabela 8: Cargas das salas H003/H003A .....	70
Tabela 9: Cargas da sala H004.....	71
Tabela 10: Cargas da sala H005.....	71
Tabela 11: Cargas da sala H006/H006A/H006B .....	72
Tabela 12: Cargas das salas H007/H007A .....	73
Tabela 13: Cargas da sala H008.....	74
Tabela 14: Cargas das salas H009/H009A .....	74
Tabela 15: Cargas do corredor do bloco H .....	75
Tabela 16: Situação do QL-H.....	76
Tabela 17: Situação do QF-H002.....	78
Tabela 18: Situação do QF-H003.....	80
Tabela 19: Situação do QF-H004.....	82
Tabela 20: Situação do QF-H006A .....	84
Tabela 21: Situação do QF-H006B .....	85
Tabela 22: Situação do QF-H007.....	87
Tabela 23: Situação do QF não identificado na H007 .....	89
Tabela 24: Situação do QF-H008.....	91
Tabela 25: Situação do QF-H009.....	92
Tabela 26: Influências externas no bloco H.....	94

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DEPRO	Departamento de Projetos e Obras
DPS	Dispositivo de Proteção contra Surtos
IEC	International Electrical Commission
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
NTC	Norma Técnica COPEL
QDG	Quadro de Distribuição Geral
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
QF	Quadro de Força
QL	Quadro de Luz

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	10
1.2	JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	11
1.3	OBJETIVOS DO TRABALHO	12
1.3.1	Objetivo geral	12
1.3.2	Objetivos específicos	12
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	12
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>14</b>
2.1	NORMAS PARA INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	14
2.2	PROJETO ELÉTRICO	16
2.2.1	Dimensionamento de condutores e proteções	17
2.2.2	Diagramas unifilares	19
2.2.3	Método de cálculo de corrente de curto-circuito	19
2.2.4	Queda de tensão	23
2.2.5	Caminhamentos dos condutores elétricos	25
2.2.6	Aterramento	27
2.2.6.1	Esquemas de aterramento	28
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DO PROJETO</b>	<b>30</b>
3.1	SIMBOLOGIA E REPRESENTAÇÃO DE CONDUTORES	30
3.2	O SISTEMA ELÉTRICO ATUAL	32
3.3	A REFORMA PLANEJADA	35
3.4	LEVANTAMENTO DAS CARGAS	35
3.5	INSPEÇÃO VISUAL DOS PAINÉIS ELÉTRICOS DO BLOCO H	36
3.5.1	Resultados da inspeção visual	39
3.6	PROJETO DAS READEQUAÇÕES	42
3.6.1	Esquema de aterramento e condutores de aterramento	43

3.6.2	Dispositivos de proteção.....	44
3.6.2.1	Disjuntores NEMA .....	44
3.6.2.2	Fusíveis .....	45
3.6.3	Acesso aos quadros de distribuição .....	47
3.6.4	Tomadas de serviço .....	48
3.6.5	Medição e monitoramento de parâmetros elétricos .....	49
3.6.6	Acionamento dos exaustores do QF-H007 .....	50
3.6.7	Divisão dos quadros elétricos .....	53
3.6.8	Resumo das readequações dos painéis elétricos .....	54
3.6.9	Projeto do quadro de distribuição geral QDG-H .....	55
3.6.10	Capacidade de interrupção dos disjuntores.....	59
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>62</b>
4.1	DIAGRAMAS UNIFILARES ATUALIZADOS DOS PAINÉIS ELÉTRICOS ...	62
4.2	LISTA DE MATERIAIS E ORÇAMENTO .....	62
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>67</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>68</b>
	<b>APÊNDICE A – LEVANTAMENTO DE CARGAS DO BLOCO H .....</b>	<b>69</b>
	<b>APÊNDICE B – INSPEÇÃO DOS PAINÉIS ELÉTRICOS DO BLOCO H .....</b>	<b>76</b>
	<b>APÊNDICE C – INFLUÊNCIAS EXTERNAS NO BLOCO H .....</b>	<b>94</b>
	<b>APÊNDICE D - DIAGRAMAS UNIFILARES ATUAIS.....</b>	<b>96</b>
	<b>APÊNDICE E - DIAGRAMAS UNIFILARES NOVOS.....</b>	<b>97</b>
	<b>ANEXO A – CATÁLOGOS DA SCHNEIDER ELECTRIC .....</b>	<b>98</b>
	<b>ANEXO B – DIMENSÕES DE ELETROCALHAS LEGRAND.....</b>	<b>103</b>
	<b>ANEXO C – DEMANDA E CORRENTES MÁXIMAS DO DISJUNTOR GERAL....</b>	<b>104</b>
	<b>ANEXO D – CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DO TRANSFORMADOR 1 .....</b>	<b>105</b>
	<b>ANEXO E – TABELAS DA NBR 5410 .....</b>	<b>106</b>
	<b>ANEXO F– TABELA DE IMPEDÂNCIA DE CABOS .....</b>	<b>108</b>

**ANEXO G- TABELA DE DIMENSÕES E CORRENTES DE BARRAMENTOS ....109**

## 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é realizada uma contextualização sobre a segurança em serviços envolvendo eletricidade, a identificação do problema, definindo uma proposta de solução e os benefícios propiciados pela solução.

### 1.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Uma instalação elétrica projetada e executada incorretamente apresenta diversos perigos. A não conformidade com as exigências das normas de segurança no trabalho (NR-10) e normas de instalações elétricas pode colocar em risco a vida de pessoas, animais e a integridade da edificação.

Os erros de projeto e execução são encontrados principalmente em instalações elétricas antigas, quando as normas e a metodologia de projetos elétricos não estavam bem fundamentadas e desenvolvidas.

Atualmente as edificações devem atender exigências dos bombeiros e da prefeitura, prescritas nas Normas e Procedimentos Técnicos (NPT) para a prevenção de incêndio, Código de Obras, para execução da edificação, e as normas técnicas NR-10 e NBR 5410 para a segurança na parte elétrica da edificação.

Tendo em vista essa situação, foi examinado o bloco H da UTFPR campus Pato Branco devido a relatos do mau funcionamento de certos equipamentos, quedas de energia e leitura incorreta de instrumentos digitais e máquinas com células de carga.

O bloco H é o bloco do curso de Engenharia Mecânica, composto por laboratórios de usinagem, ensaios de materiais, máquinas térmicas, mecanismos e vibrações, metrologia e informática. Os laboratórios possuem a maior carga elétrica, incluindo tornos de solda, centros de usinagem, motores de indução, fresadoras e esmeris. O bloco também possui salas de aula e salas de professores. As cargas elétricas dessas salas são mais leves, como por exemplo: ares-condicionados, computadores e impressoras.

Após uma breve inspeção visual, notou-se que a maioria das proteções gerais dos quadros é realizada por fusíveis NH com os contatos expostos. Também foi observado o uso de fusíveis Diazed gL/gG para a proteção de motores, não sendo recomendado devido a corrente de partida dos motores poderem provocar o acionamento dos fusíveis.

Também foi visto que não há um aterramento completo, não sendo encontrados cabos de aterramento de circuitos e das carcaças dos quadros. Alguns dos painéis alimentam também cargas localizadas em outras salas, o que dificulta manutenções.

Essas situações põem em risco os trabalhadores que realizam as manutenções e expansões do sistema elétrico. O projeto elétrico no Departamento de Obras se apresenta incompleto e não há em formato digital e atualizado.

## 1.2 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

O sistema elétrico do referido bloco foi implementado na década de 90, nunca passando por reformas. Com o tempo diversas cargas de grande porte foram adicionadas ao sistema sem verificar se os painéis são capazes de suportar o aumento de carga. Isso representa um perigo para o sistema elétrico, pois é possível que os barramentos e cabos estejam sobreaquecendo e não há uma proteção adequada para evitar a elevação de temperatura.

Este trabalho tem como finalidade realizar uma inspeção visual dos painéis elétricos do bloco H e propor as soluções corretivas que estejam em concordância com as normas vigentes. Também serão redimensionadas as proteções como fusíveis, disjuntores e contadores, cabos, barramentos e aterramento das cargas atuais.

Com um sistema elétrico reformado, será possível realizar com maior facilidade manutenções e expansões. As cargas instaladas, barramentos, cabos e proteções estarão registradas em diagramas unifilares. Com essas informações é possível verificar se um painel elétrico suportará um aumento de carga. Por fim, com os quadros de distribuição reformados em concordância com a NR-10 e NBR 5410, também será mais seguro realizar operações nos quadros.

### 1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

Nesta seção são apresentados os objetivos do trabalho, divididos em: objetivo geral e objetivos específicos.

#### 1.3.1 Objetivo geral

Avaliar conformidades, com as normas técnicas vigentes, dos painéis elétricos de luz e força do bloco H da UTFPR campus Pato Branco.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral foram definidas as seguintes etapas:

- a) Levantar as cargas elétricas instaladas no bloco;
- b) Inspeccionar visualmente os painéis elétricos do bloco;
- c) Recomendar e projetar as readequações necessárias;
- d) Elaborar uma lista de materiais e orçamento orientativos para a execução do projeto.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em cinco capítulos, sendo o primeiro uma introdução sobre o problema e os objetivos que se deseja alcançar.

O segundo capítulo envolve a revisão bibliográfica sobre segurança em instalações elétricas e conceitos importantes para desenvolver um projeto elétrico industrial.

No terceiro capítulo são levantadas as informações sobre o sistema elétrico do bloco H. São especificados os painéis elétricos e seus diagramas unifilares. Após

os levantamentos é apresentado resultado da inspeção visual dos painéis elétricos e o desenvolvimento do novo projeto elétrico.

O quarto capítulo mostra os resultados obtidos do projeto. São apresentados os novos diagramas unifilares dos painéis, a lista de materiais e orçamento orientativos.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões obtidas sobre o projeto elétrico do bloco H.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é realizada uma revisão bibliográfica sobre as exigências de segurança em instalações elétricas de baixa tensão e conceitos importantes para desenvolvimento de projetos elétricos.

### 2.1 NORMAS PARA INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Para garantir a segurança em instalações elétricas e serviços envolvendo eletricidade devem ser seguidas as normas publicadas pela ABNT e o Ministério do Trabalho. As principais normas de referência aplicadas a instalações elétricas, utilizadas nesse trabalho são:

1. NTCs (Normas Técnicas COPEL);
2. NBR 5410 para instalações em baixa tensão (abaixo de 1000 V);
3. NR-10 para os procedimentos de trabalho envolvendo eletricidade e
4. NR-12 para procedimentos de segurança em máquinas.

As normas das concessionárias são destinadas a objetivos específicos, como: acesso a micro e minigeração distribuídas, montagem do padrão de entrada para baixa e média tensões, agrupamentos de unidades consumidoras, instalações para combate a incêndio e orientações para o desenvolvimento de projetos elétricos. É interessante observar que todas as normas de concessionárias são baseadas nas normas da ABNT.

A NBR 5410 fornece as prescrições para serem obedecidas no desenvolvimento e execução de um projeto em baixa tensão. A baixa tensão inclui residências, comércios e indústrias.

A norma apresenta métodos de dimensionamento dos condutores elétricos e seus dispositivos de proteção, garantindo o funcionamento do equipamento e proteção do condutor contra sobrecarga e curto-circuito. Também é abordada na norma a necessidade de aterramento em instalações e as topologias as quais o aterramento deve executado, dependendo da aplicação. O aterramento garante a proteção do usuário contra tensões induzidas em massas como quadros metálicos e

carcaças de máquinas. O aterramento também protege e garante o funcionamento do próprio equipamento.

A NR-10 aborda pontos que devem ser observados durante a execução de qualquer tipo de serviço que envolve eletricidade em baixa, média e alta tensão. Esses pontos devem ser seguidos para garantir a segurança dos operadores durante o serviço. Como esse trabalho é destinado a um projeto em baixa tensão, os itens correspondentes da norma que abordam essa parte são 10.5 e 10.10. Durante uma intervenção em uma instalação desenergizada é importante que o operador siga a seguinte sequência:

1. Seccionamento do circuito;
2. Instalação de dispositivo de bloqueio na proteção para evitar energização acidental;
3. Constatação da ausência de tensão;
4. Instalação de um aterramento temporário com a equipotencialização dos condutores dos circuitos;
5. Proteção dos elementos energizados e
6. Instalação de sinalização de impedimento de reenergização.

Realizado o serviço e autorizada a reenergização, as sinalizações de bloqueio e dispositivos de bloqueio devem ser retiradas e a instalação pode ser religada, após constatar a retirada das ferramentas e do aterramento temporário do local.

A NR-12 trata de serviços realizados em máquinas em geral, não necessariamente elétricas. Porém a norma também possui seções destinadas a máquinas elétricas.

Entre os diversos itens da norma, para a operação ou realização de um serviço em máquinas elétricas a norma exige no item 12.2.1 que uma máquina possua uma botoeira para desligamento de emergência em casos de acidentes. Essa botoeira deve evitar também o desligamento acidental, sendo necessárias botoeiras do tipo soco, com chave ou trava rotativa. O item 12.36 exige que o acionamento de qualquer máquina elétrica, quando realizado por botoeiras e contatores, seja em extra baixa tensão, ou seja, até 120 Vcc/50 Vca. Para rebaixar a tensão da rede de 127/220 Vca para os níveis considerados como extra baixa tensão é necessário instalar um transformador de comando ou uma fonte chaveada com saída regulada no quadro de

distribuição. Com o comando nesse nível de tensão o operador não corre mais risco de choque elétrico danoso, especialmente em ambientes úmidos.

## 2.2 PROJETO ELÉTRICO

De acordo com Creder (2016) um projeto elétrico é a previsão escrita da instalação, com todos os seus detalhes, pontos de utilização de energia, trajetos dos condutores, divisão de circuitos, dispositivos de manobra e carga do sistema.

O projeto é dividido em quatro partes: memória, conjunto de plantas, esquemas e detalhes, especificações e orçamento. Na parte da memória é apresentada e justificada a previsão de como deve ser a instalação. O conjunto de plantas consta elementos como: posição de quadros de distribuição, percurso dos condutores, localização de pontos de iluminação, tomadas e outros equipamentos elétricos. Nas especificações são apresentados itens como: as características de condutores (isolação e seção transversal), método de instalação de condutores (duto aparente, duto embutido, calha, etc.) e divisão dos circuitos. Na parte de orçamento é especificada a lista de material orientativa para a execução do projeto e o custo estimado.

A norma NBR 5410 estabelece critérios que devem ser obedecidos em um projeto. Um dos critérios é observar que a queda de tensão em uma instalação não ultrapasse um valor de referência, para garantir o funcionamento dos equipamentos. Outro critério é que os dispositivos de proteção sejam capazes de suportar correntes de curto-circuito para que possam interromper a alimentação do sistema com segurança. Também é importante que os dutos e calhas que acomodam os condutores elétricos não provoquem elevação de temperatura nos cabos.

É importante uma representação gráfica dos circuitos e da divisão da instalação. A representação é realizada por meio de diagramas unifilares. Os diagramas unifilares fornecem uma ilustração de forma resumida de como a instalação está dividida e quais as características dos condutores e dos dispositivos de proteção respectivos.

### 2.2.1 Dimensionamento de condutores e proteções

Os condutores elétricos utilizados nas instalações elétricas são principalmente de cobre coberto por uma camada isolante, mas também é permitida a utilização de condutores de alumínio, com certas restrições.

A NBR 5410 determina o critério que deve ser obedecido para um dimensionamento correto dos cabos. De acordo com o item 5.3.4.1 da norma, para que um condutor esteja protegido contra sobrecarga e que garanta o funcionamento do equipamento, deve ser garantida a seguinte condição:

$$I_B \leq I_P \leq 1,45 \cdot I_C \quad (1)$$

Em que  $I_B$  é a corrente de projeto, ou a corrente nominal da carga,  $I_P$  é a corrente nominal do dispositivo de proteção e  $I_C$  é capacidade de condução de corrente do condutor elétrico. O dispositivo de proteção deve permitir uma corrente superior a corrente nominal da carga, porém não superior a capacidade de condução do cabo. Caso contrário o cabo não estará protegido. Também é importante que a corrente nominal da proteção tenha uma folga de 1,45 vezes da corrente do cabo para evitar a operação do condutor no limiar de sua capacidade.

A corrente de projeto é determinada com base nas especificações elétricas da carga. Geralmente é fornecida a potência da carga nos manuais dos equipamentos. A corrente é calculada como:

$$I_B = \frac{P}{V} \quad (2)$$

Onde  $P$  é a potência nominal (ativa) e  $V$  é a tensão nominal da carga. Essa equação é aplicada para circuitos monofásicos e bifásicos. Para circuitos trifásicos, a corrente de carga é obtida conforme a equação abaixo:

$$I_B' = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_L} \quad (3)$$

Em que  $I_B'$  é a corrente de linha da carga e  $V_L$  é a tensão de linha.

Após determinar a corrente de carga deve ser selecionada a seção do condutor elétrico adequado. O cabo de cobre para circuitos de iluminação deve ser no mínimo  $1,5\text{mm}^2$ . Para circuitos de força o condutor de cobre mínimo deve ser de  $2,5\text{mm}^2$ . Circuitos de comando devem possuir seção mínima de  $0,5\text{mm}^2$  de cobre. Os valores são obtidos da Tabela 47 da NBR 5410. Para condutores de alumínio a seção mínima para os circuitos de iluminação e força devem ser de  $16\text{mm}^2$ . Não é permitido o uso de condutores de alumínio para circuitos de comando.

A corrente do cabo deve ser superior a corrente de projeto para garantir o funcionamento do equipamento sem danificar o condutor. Para determinar a seção adequada do cabo adequado devem ser consultadas as tabelas 36, 37, 38 e 39 da NBR 5410. Os cabos possuem capacidades de condução variáveis dependendo da forma que eles são instalados e a isolação do condutor. As formas de instalação de condutores elétricos são apresentadas na Tabela 33 da NBR 5410. Também é possível dimensionar os condutores por meio da queda de tensão máxima admissível.

Por fim, define-se a corrente nominal do dispositivo de proteção. Porém é necessário primeiro selecionar um tipo de proteção: fusível ou disjuntor termomagnético. A escolha é critério do responsável pelo desenvolvimento do projeto. Após escolhido o tipo de proteção, seleciona-se o dispositivo de proteção com base nos catálogos de fabricantes, obedecendo os critérios do item 5.3.4.1 da NBR 5410.

Tanto os fusíveis quanto disjuntores termomagnéticos podem ser utilizados na mesma aplicação, sendo diferenciados principalmente pelo modo de atuação, tempo de atuação, características construtivas, preço e facilidade de operação. Os fusíveis e disjuntores podem ser aplicados em circuitos de iluminação, tomadas de uso geral, motores e transformadores.

Para a proteção de motores pode ser utilizado um dispositivo específico chamado de disjuntor-motor. O disjuntor-motor é projetado de acordo com os possíveis regimes de trabalho dos motores (partida com ou sem carga, intermitente, etc.). Também é possível realizar a regulagem de corrente de sobrecarga no disjuntor-motor, conhecendo a corrente de regime da máquina.

Em conjunto com o disjuntor-motor é utilizado um contator. O contator é um dispositivo eletromecânico que opera de forma similar a um interruptor, porém aciona circuitos de potência por meio de um circuito de comando. O circuito de comando pode ser uma botoeira liga/desliga e o circuito de potência pode ser um motor de indução.

### 2.2.2 Diagramas unifilares

De acordo com Pereira e Sousa (2010, p. 16), um diagrama unifilar é a representação gráfica dos componentes elétricos e as suas relações funcionais. O diagrama contém os principais componentes do sistema elétrico: corrente nominal das proteções, dispositivos de proteção, seção dos cabos, nomes e números dos circuitos. Também é importante indicar o método de instalação e a origem da alimentação dos circuitos.

A NR-10 exige em seu item 10.2.3 que os diagramas unifilares de uma instalação estejam atualizados. Com os diagramas atualizados os trabalhos de manutenção são mais fáceis, pois são conhecidas as características e componentes de uma seção do sistema elétrico.

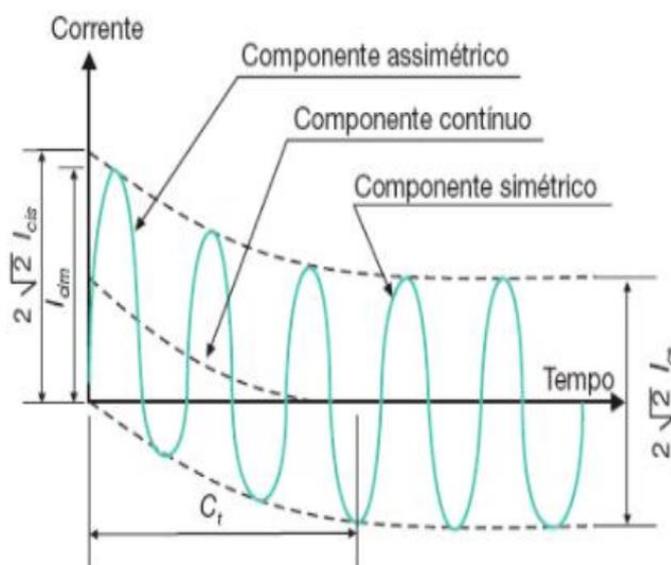
Um diagrama unifilar é comumente elaborado durante a concepção de um projeto elétrico. Porém, também é possível elaborar um diagrama após a conclusão de um projeto, como é o caso de instalações muito antigas que são reformadas. Nesses casos particulares a instalação elétrica deve ser inspecionada visualmente para identificar os equipamentos e elementos dos quadros de distribuição.

### 2.2.3 Método de cálculo de corrente de curto-circuito

De acordo com Filho (2007) a determinação da correntes de curto-circuito nas instalações elétricas é importante para a elaboração do projeto dos dispositivos de proteção dos circuitos e proteção geral.

O valor da corrente de curto-circuito é dependente das impedâncias desde o ponto de falta até o ponto da fonte. Essa corrente atinge um valor elevado e possui duração de frações de segundos, até a atuação da proteção.

A corrente de curto-circuito possui duas componentes: componente simétrica e componente assimétrica. A forma de onda de uma corrente de curto-circuito é apresentada na Figura 1.



**Figura 1: Componentes corrente de curto-circuito**  
**Fonte: Filho (2007, p. 231)**

A componente simétrica ( $I_{cs}$ ) é a componente senoidal que se manifesta simetricamente no eixo do tempo e representa a condição de curto-circuito permanente, decorridos os efeitos transitórios. Já a componente assimétrica ( $I_{ca}$ ) representa os efeitos transitórios. Um parâmetro importante é o impulso de corrente ( $I_{cim}$ ). O impulso é definido como o valor máximo que a corrente de curto-circuito atinge. Esse é o valor que os dispositivos de proteção devem suportar.  $C_t$  representa a constante de tempo do circuito para cessar os efeitos transitórios durante o curto-circuito, e é calculada como:

$$C_t = \frac{X}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R} \quad (4)$$

A constante de tempo depende da frequência  $f$  (60 Hz), das características dos condutores e da fonte: comprimento da linha e impedâncias (resistência  $R$  e reatância  $X$ ). Os valores de resistências e reatâncias de condutores são obtidos das tabelas de fabricantes de cabos e são dados em  $m\Omega/m$ . Multiplicando a impedância característica do cabo pelo comprimento do percurso é obtido o valor da impedância total do caminho.

A impedância da fonte (transformador ou gerador) é dada em tabelas de ensaios dos equipamentos, em porcentagem junto com as perdas no cobre. Com base

nesses parâmetros é possível determinar o valor real da resistência e da reatância da fonte para calcular a constante de tempo  $C_t$  no ponto estudo de defeito.

A impedância percentual da fonte é calculada como:

$$Z_{\%} = \frac{Z_r}{Z_b} \cdot 100 \quad (5)$$

Onde  $Z_r$  é o valor real da impedância a ser determinado e  $Z_b$  é a impedância de base, calculada como:

$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} \quad (6)$$

Em que  $V_b$  é a tensão de base da fonte (em kV no primário e em V secundário do transformador, dependendo do ponto de estudo) e  $S_b$  é a potência de base da fonte em VA. Geralmente os valores de base utilizados pelos fabricantes são os próprios valores nominais da fonte.

Combinando a Equação 5 e a Equação 6, a impedância da fonte é dada por:

$$Z_r = Z_{\%} \cdot \frac{V_b^2}{100 \cdot S_b} \quad (7)$$

A resistência da fonte é calculada a partir das perdas no cobre  $P_{\text{cobre}}$ , dada em W:

$$R_{\%} = \frac{P_{\text{cobre}}}{10 \cdot S_b} \quad (8)$$

De forma análoga a impedância, a resistência R real da fonte é obtida da equação abaixo:

$$R = R_{\%} \cdot \frac{V_b^2}{10 \cdot S_b} \quad (9)$$

Por fim, a reatância  $X$  da fonte é calculada a partir do triângulo de impedâncias, ou seja:

$$X = \sqrt{Z^2 - R^2} \quad (10)$$

Somando a impedância da fonte com a impedância dos cabos obtém-se a impedância equivalente da fonte até o ponto de falta e é possível calcular a corrente de curto-circuito.

De acordo com Filho (2007), os tipos de curto-circuito são: trifásico, bifásico e fase-terra. No curto-circuito trifásico as tensões nas três fases se anulam no ponto de falta. Para um curto-circuito bifásico, há o contato apenas entre duas fases ou entre as duas fases e a terra. Por fim, no curto-circuito fase-terra ou monofásico, há o contato de uma das fases com a terra.

O curto-circuito trifásico é caracterizado por possuir a maior corrente de falta. Devido a isso, o estudo desse tipo de falha permite o ajuste dos dispositivos de proteção de sobrecorrente e determinação da capacidade de interrupção dos disjuntores (FILHO, 2007).

A corrente de curto-circuito simétrica eficaz é calculada com base na potência de curto-circuito  $S_{cc}$ , ou seja:

$$S_{cc} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_{cs} \quad (11)$$

Essa equação é aplicada para um curto-circuito trifásico.  $V_L$  representa a tensão de linha da fonte pré-falta. A potência pode ser reescrita como:

$$S = \frac{V_L^2}{Z_e} \quad (12)$$

Em que  $Z_e$  representa a impedância equivalente do sistema vista do ponto de falta. Substituindo a Equação 11 na Equação 12, a corrente de curto-circuito simétrica eficaz é calculada como:

$$I_{CS} = \frac{V_L}{\sqrt{3} \cdot Z_e} \quad (13)$$

A componente assimétrica eficaz da corrente de curto-circuito é calculada a partir da Equação 14.

$$I_{CA} = I_{CS} \sqrt{1 + 2e^{-\frac{2t}{Ct}}} \quad (14)$$

O termo em raiz quadrada representa o fator de assimetria do sistema, o qual depende das características elétricas do sistema. O tempo  $t$  refere-se ao momento que se deseja determinar a corrente de falta. De acordo com a literatura, a corrente de curto-circuito é calculada geralmente no tempo  $t=4,16$  ms. O tempo corresponde a 1/4 de ciclo, ou seja, no pico do impulso de corrente.

Por fim, o impulso de corrente eficaz é calculado como:

$$I_{CIM} = \sqrt{2} \cdot I_{CA} \quad (15)$$

A partir do valor da corrente de impulso é selecionada a capacidade de interrupção do dispositivo de proteção.

#### 2.2.4 Queda de tensão

Os equipamentos elétricos são projetados para trabalharem em determinadas tensões, com uma pequena tolerância (CREDER, 2016). Ao operar fora da faixa permitida, os equipamentos podem apresentar defeitos no seu funcionamento e até mesmo danos.

O item 6.2.7.1 da NBR 5410 estabelece os valores percentuais máximos admissíveis de queda de tensão. A queda de tensão não deve ultrapassar 7% desde um quadro de distribuição até outro quadro em instalações alimentadas por subestação particular, sendo esse o caso da instituição. A norma ainda complementa que a queda de tensão não deve ultrapassar 4% em circuitos terminais.

Para circuitos monofásicos a queda de tensão é calculada a partir da Lei de Ohm.

$$V = R \cdot I \quad (16)$$

R é a resistência do percurso, I é a corrente do percurso e V é a tensão de fornecimento do sistema (127 V, 220 V, 254 V, 380 V, etc.). A resistência R pode ser calculada pela Equação 17.

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (17)$$

Em que  $\rho$  é a resistividade do condutor ( $1,72 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$  para o cobre), L é o comprimento do percurso e S é a área da seção transversal do condutor.

A queda de tensão percentual para um circuito monofásico é dada pela Equação 18.

$$\Delta V(\%) = 100 \frac{\Delta V}{V} \quad (18)$$

Em que  $\Delta V$  representa a variação de tensão entre a entrada do sistema e o ponto de entrega. Combinando a Equação 16 com a Equação 17 e Equação 18, a queda de tensão percentual em circuitos monofásicos é calculada como:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \rho \cdot L \cdot I}{S \cdot V} \quad (19)$$

Com a Equação 19 também é possível determinar a menor seção possível do condutor em função da máxima queda de tensão admissível por norma.

Para circuitos trifásicos a queda de tensão é calculada a partir da potência ativa. A potência ativa em um circuito trifásico é calculada pela Equação 20.

$$P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \quad (20)$$

$V_L$  é a tensão de linha aplicada na entrada do sistema e  $I_L$  é a corrente de linha no sistema. A potência P pode ser reescrita como:

$$P = \frac{V_L^2}{R} \quad (21)$$

Combinando a Equação (20) com a Equação (21) é obtida a seguinte relação:

$$V_L = \sqrt{3} \cdot R \cdot I_L \quad (22)$$

Para um sistema trifásico a queda de tensão percentual pode ser calculada a partir da Equação 23:

$$\Delta V_L(\%) = 100 \frac{\Delta V}{V_L} \quad (23)$$

Combinando a Equação 20 com a Equação 21 e Equação 22, a queda de tensão para circuitos trifásicos é calculada como:

$$\Delta V_L(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I_L}{S \cdot V_L} \quad (23)$$

Assim como os circuitos monofásicos, também é possível calcular uma seção mínima de condutor para atender os valores de queda de tensão admissíveis.

### 2.2.5 Caminhamentos dos condutores elétricos

Um caminhamento elétrico é definido pela norma NBR IEC 50 (826) como: “Elemento de linha elétrica fechada, de seção circular ou não, destinado a conter condutores elétricos providos de isolação, permitindo tanto a enfição como a retirada destes”.

A NBR 5410 estabelece no item 6.2.11.1.6 que um eletroduto deve possuir uma porcentagem máxima de sua área interna ocupada, para evitar sobreaquecimento. A ocupação não deve ultrapassar 40% da área da seção do

eletroduto para três ou mais condutores, 31% para dois condutores e 53% um condutor.

O dimensionamento de eletrodutos de seção circular, para que atendam os limites de ocupação, pode ser realizado de acordo com Creder (2016). A área da seção de um eletroduto  $A_e$  é calculada pela Equação 24.

$$A_e = \pi \cdot \frac{D_i^2}{4} \quad (24)$$

Em que  $D_i$  é o diâmetro interno do eletroduto. Em seguida deve ser determinada a área total ocupada pelos condutores projetados. A área total dos condutores  $A_c$  pode ser calculada como:

$$A_c = \pi \sum_{k=1}^n N_k R_k^2 \quad (25)$$

A variável  $N_k$  representa o número de condutores referente ao circuito  $k$  e  $R_k$  é o raio do condutor referente ao circuito  $k$ . É importante ressaltar que o raio do condutor deve incluir a isolação do cabo. Para determinar a espessura da isolação é necessário consultar as tabelas de fabricantes de cabos. A fabricante Legrand recomenda que ao invés de utilizar a fórmula da área de um círculo seja utilizada a fórmula da área de um quadrado. Isso garante que áreas vazias entre cabos seja contabilizada como preenchida. Dessa forma, a Equação 25 é reescrita como:

$$A_c = \sum_{k=1}^n N_k D_k^2 \quad (26)$$

A ocupação máxima do eletroduto para três ou mais condutores é calculada pela Equação 27.

$$\frac{A_c}{A_e} = 0,4 \quad (27)$$

Isolando  $D_i$  na Equação 24 e substituindo na Equação 27, obtém-se:

$$D_i = \sqrt{\frac{10 \cdot A_c}{\pi}} \quad (28)$$

Com base no valor do diâmetro interno calculado seleciona-se o eletroduto comercial apropriado.

### 2.2.6 Aterramento

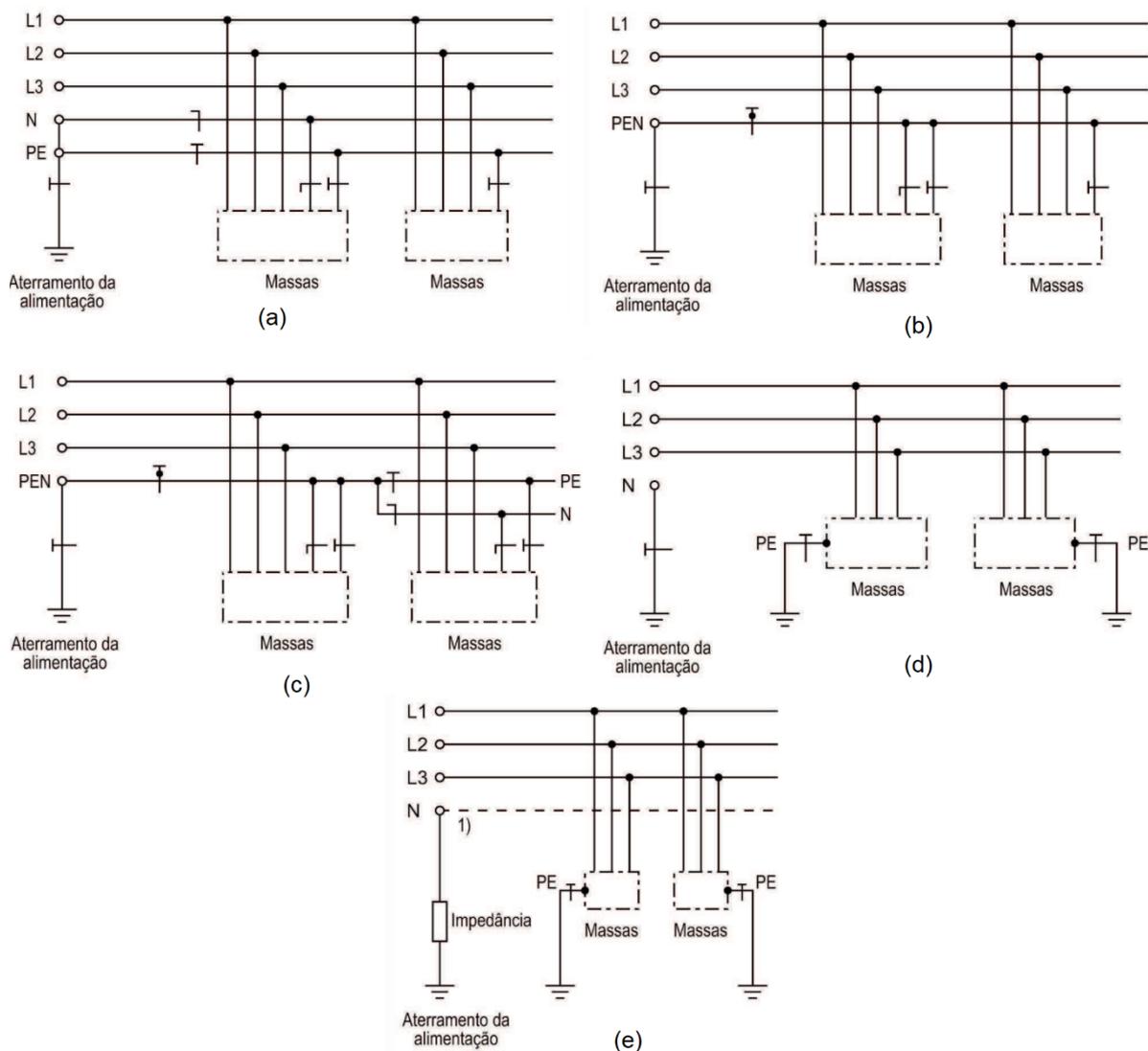
O aterramento é uma das partes mais importantes de um sistema elétrico, pois visa proteger a instalação contra descargas atmosféricas e pessoas contra danos por choques elétricos causados pelo toque acidental em uma estrutura energizada (FILHO, 2007). O sistema de aterramento também fornece um caminho para a circulação de correntes de falta, de dispositivos de proteção contra surto (DPS) e garante o funcionamento do sistema elétrico (CREDER, 2016).

O item 6.4.1.1.1 da NBR 5410 estabelece que toda edificação deve dispor de uma infraestrutura de aterramento, denominada de eletrodo de aterramento. O eletrodo de aterramento é um componente ou conjunto de componentes responsável por fornecer o caminho de circulação das correntes de falta (CREDER, 2016). Os tipos de eletrodos utilizados no aterramento de instalações elétricas podem ser visualizados na Tabela 51 da NBR 5410. Também é visto no item 5.1.2.2.3.6 que todo circuito da instalação deve ser provido de um condutor de proteção em toda a sua extensão.

Existem dois tipos de aterramento: aterramento funcional e aterramento de proteção. O aterramento funcional consiste na ligação do condutor neutro da rede elétrica a terra de modo a garantir a eficiência da rede elétrica pública. As normas das concessionárias exigem o aterramento do neutro no ponto de entrega de energia. O aterramento de proteção consiste na ligação de massas (quadros elétricos, carcaças de motores e transformadores) a terra para proteger as pessoas contra choques por contato direto (CREDER, 2016).

### 2.2.6.1 Esquemas de aterramento

A NBR 5410 determina três topologias de aterramento após o enrolamento secundário de um transformador em estrela: TN, TT e IT. Os esquemas de aterramento podem ser visualizados na Figura 2.



**Figura 2: (a) Aterramento TN-S, (b) Aterramento TN-C, (c) Aterramento TN-C-S, (d) Aterramento TT, (e) Aterramento IT**  
**Fonte: Adaptado de NBR 5410 (2004)**

O esquema TN possui um ponto de alimentação, geralmente o neutro, diretamente aterrado. As massas da instalação são ligadas a esse ponto por meio de um condutor de proteção. A topologia TN possui três variações: TN-S, TN-C e TN-C-S.

Na variante TN-S, vista na Figura 2-a, o condutor de neutro e condutor de proteção são distintos, fornecendo um aterramento funcional e de proteção. O modelo TN-C combina a função do neutro e de proteção no mesmo condutor, chamado de PEN. Esse modelo busca a economia na implementação, pois reduz o número de condutores de aterramento. No esquema TN-C-S as funções de proteção e de neutro são combinadas em uma parte do sistema e separadas em outra parte. Esse esquema pode ser aplicado em instalações que possuem setores com diferentes aplicações, como por exemplo escritórios em conjunto com linha de produção da indústria.

Na topologia TT o neutro e as massas são diretamente aterrados por meio de eletrodos sem interligação entre eles. O condutor de proteção é apenas instalado no ambiente com as massas para ligar ao eletrodo de aterramento. Esse esquema é vantajoso em locais que possuem a entrada de serviço distante do restante da instalação. Também permite a economia em cabos, principalmente em instalações de grande porte, nas quais a bitola dos cabos é elevada e a isolação é mais sofisticada.

O esquema IT é um esquema similar ao esquema TT, porém são aterradas as massas da instalação por meio de uma alta impedância, conforme é exibido na Figura 2-e. Nesse modo de aterramento a corrente de falta é reduzida, devido à alta impedância de aterramento. Esse esquema de aterramento é utilizado em sistemas que requerem um processo sem interrupção, como indústrias e hospitais, pois as faltas não acionarão a proteção do sistema (CREDER, 2016), (SCHNEIDER, 2009).

### 3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo são detalhados primeiramente o sistema elétrico atual e a expansão planejada pelo Departamento de Obras. Em seguida é apresentado o levantamento de cargas do bloco H, a inspeção dos painéis elétricos do bloco e o desenvolvimento das readequações necessárias no bloco.

#### 3.1 SIMBOLOGIA E REPRESENTAÇÃO DE CONDUTORES

A representação visual de painéis e detalhes elétricos de condutores e dispositivos é realizada por diagramas unifilares. Os componentes dos painéis são ilustrados por uma simbologia baseada nas normas NBR 5444 e NBR IEC 60617. Símbolos de componentes não contemplados por ambas as normas foram desenvolvidos com base em acervos de projetos elétricos. A Figura 3 mostra a simbologia utilizada no projeto.

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO TRIFÁSICO 13200-220/127V. PRIMÁRIO EM TRIÂNGULO E SECUNDÁRIO EM ESTRELA ATERRADA
	CONDUTORES DE NEUTRO, FASE E TERRA
	DISJUNTOR MONOPOLAR PADRÃO DIN
	DISJUNTOR BIPOLAR PADRÃO DIN
	DISJUNTOR TRIPOLAR PADRÃO DIN
	DISJUNTOR MONOPOLAR PADRÃO NEMA
	DISJUNTOR BIPOLAR PADRÃO NEMA
	DISJUNTOR TRIPOLAR PADRÃO NEMA
	CHAVE SECCIONADORA ROTATIVA DE DOIS POLOS E PROLONGADOR EQUIPADA COM UM FUSÍVEL DIAZED DE EFEITO RETARDADO - TIPO gL/gG
	CHAVE SECCIONADORA ROTATIVA DE DOIS POLOS E PROLONGADOR EQUIPADA COM DOIS FUSÍVEIS DIAZED DE EFEITO RETARDADO - TIPO gL/gG
	CHAVE SECCIONADORA ROTATIVA DE DOIS POLOS E PROLONGADOR EQUIPADA COM TRÊS FUSÍVEIS DIAZED DE EFEITO RETARDADO - TIPO gL/gG
	CONTATOR TRIPOLAR
	RELÉ TÉRMICO TRIPOLAR
	DISJUNTOR-MOTOR TRIPOLAR
	CHAVE SECCIONADORA TRIPOLAR DE BAIXA TENSÃO COM ABERTURA SOB CARGA. EQUIPADA COM FUSÍVEIS NH - TIPO gL/gG
	TRANSFORMADOR DE CORRENTE TIPO JANELA
	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO EM CHAPA DE AÇO CARBONO
	BARRAMENTO DE COBRE
	CIRCUITOS QUE SOBEM, DESCEM E PASSAM
	ELETROCALHA PERFURADA EM CHAPA DE AÇO CARBONO

**Figura 3: Simbologia utilizada no projeto**

**Fonte: Autoria própria (2019)**

A representação dos cabos de neutro, fase e terra e quantidade nos diagramas unifilares é realizada da seguinte forma:  $Qx[F\#Sf(Sn)]mm^2+T mm^2 PE$ . Onde Q representa o número de condutores paralelos de fase e neutro, F representa o número de fases, Sf e Sn representam a área dos cabos de fase e de neutro respectivamente e T indica a área do condutor de proteção elétrica PE. Por exemplo: um circuito trifásico com três condutores por fase de  $185mm^2$  e neutro reduzido com  $95mm^2$  e condutor de proteção reduzido com  $95mm^2$  é indicado como  $3x[3\#185(95)]mm^2+95mm^2 PE$ .

### 3.2 O SISTEMA ELÉTRICO ATUAL

O bloco H é alimentado pelo “Transformador 1” de potência nominal de 500 kVA localizado no lado oeste do bloco F e pode ser visualizado na Figura 4.

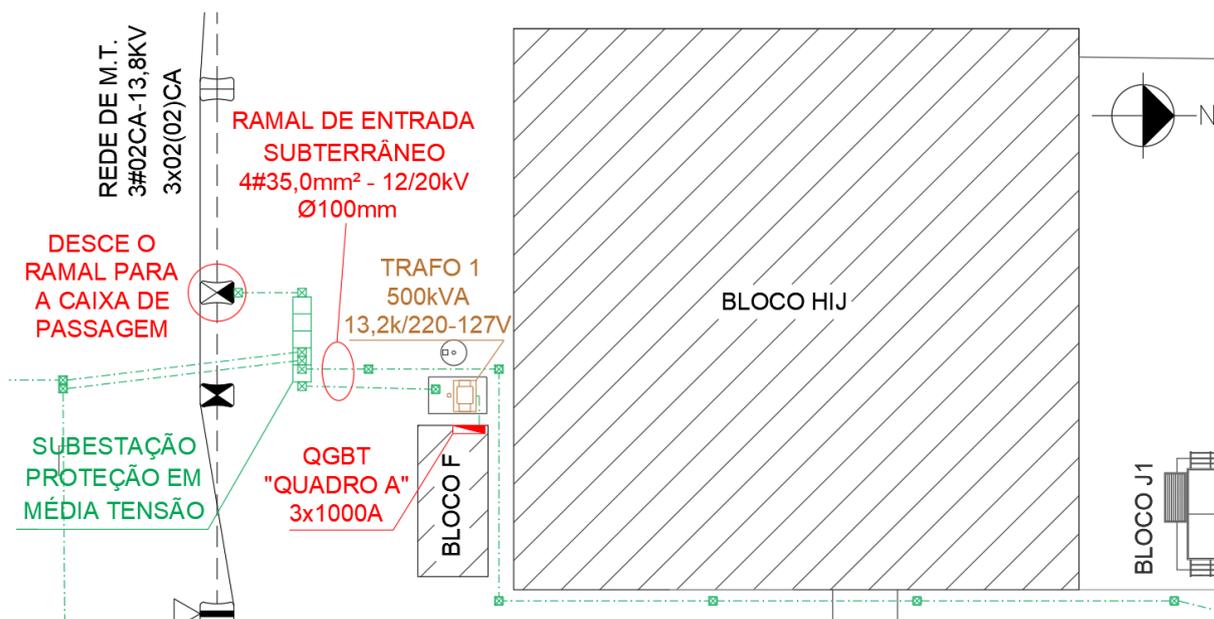


**Figura 4: Transformador 1 de 500kVA e 13200/220-127V**  
**Fonte: Autoria própria (2019)**

O transformador é alimentado na média tensão por um cubículo no sudoeste do bloco F, por um ramal subterrâneo de 35mm<sup>2</sup> de alumínio e isolação 12/20kV em um eletroduto de PEAD de 100mm de diâmetro. O transformador é protegido por um conjunto de três para raios de 15 kV/5 kA e três chaves fusíveis de elos 20K no poste de derivação. O cubículo de proteção, após o poste de derivação, é composto por uma chave seccionadora 15 kV/400 A equipada com fusíveis HH de 17,5 kV/50 A e capacidade de ruptura 40 kA. A concessionária recomenda o uso de fusíveis HH nos projetos para garantir coordenação com a rede pública. A chave

seccionadora possui um bloqueio do tipo Kirk com o disjuntor geral de média tensão da instituição, para evitar operações de abertura e fechamento na ordem indevida.

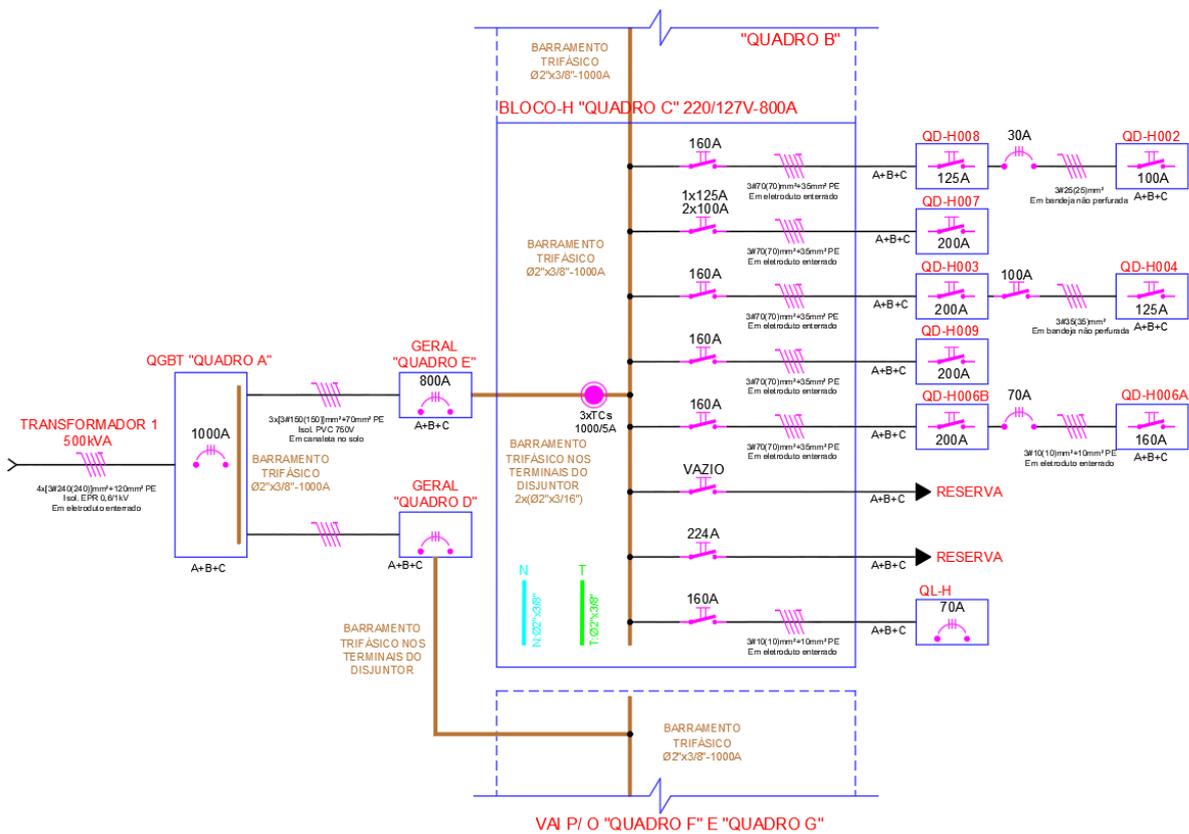
O transformador alimenta um QGBT de proteção geral de 1000 A, denominado de “Quadro A” no bloco F. A alimentação do “Quadro A” é constituída por um ramal subterrâneo de  $6 \times [3 \times 185(185)] \text{mm}^2$  de isolamento EPR 0,6/1kV em quatro eletrodutos de 100mm de diâmetro cada. A Figura 5 mostra a implantação dos blocos F, H e o “Transformador 1”.



**Figura 5: Implantação Bloco HIJ**

**Fonte: Adaptado dos arquivos do DEPRO UTFPR-PB (2019)**

O QGBT alimenta, por meio de um barramento de  $50,8 \times 9,52 \text{mm}$ , dois quadros, denominados “Quadro D” e “Quadro E”, que abrigam disjuntores de proteção geral. O “Quadro E” possui um disjuntor termomagnético de 800 A e alimenta o “Quadro C”, do qual derivam-se os alimentadores para o bloco H. Um diagrama unifilar geral do “Quadro C” atual foi levantado e é exibido na Figura 6.



**Figura 6: Diagrama unifilar geral atual**  
**Fonte: Autoria própria (2019)**

Do "Quadro C" são derivados seis alimentadores, que são ligados aos quadros das seguintes salas: H008 que alimenta o quadro da sala H002, H007, H003 que alimenta o quadro da sala H004, H009, H006B que alimenta o quadro H006A e corredor (quadro de luz). As proteções dos alimentadores do "Quadro C" são realizadas por meio de chaves seccionadoras com fusíveis NH tripolares de baixa tensão, com abertura sob carga. O "Quadro C" possui os devidos barramentos para neutro e terra que derivam os respectivos cabos para os quadros do bloco H, mas o condutor de aterramento não é distribuído em todos os quadros do bloco.

O bloco H possui a infraestrutura de aterramento do tipo TN-S. Porém, de acordo com o DEPRO, o aterramento foi interrompido em diversos locais da universidade devido a interferências elétricas em equipamentos eletrônicos. O bloco H possui seu aterramento parcialmente interrompido e ausente em diversos painéis elétricos e conseqüentemente nos circuitos terminais.

### 3.3 A REFORMA PLANEJADA

O Departamento de Obras do campus possui um projeto em andamento para a expansão do sistema elétrico para os blocos alimentados pelo “Transformador 1”. A proteção do QGBT “Quadro A” de 1000 A será substituída por uma proteção de 1400 A e os painéis do bloco F serão reprojatados e reorganizados de acordo com a NR-10 e NBR 5410. O quadro denominado de “Quadro C” continuará alimentando o bloco H e sua proteção geral e quantidade de alimentadores serão conservados.

Esse trabalho busca auxiliar na reforma elétrica, por meio da readequação dos quadros de distribuição do bloco H. A readequação inclui o novo projeto das proteções dos quadros elétricos do bloco, dimensionamento dos cabos e recomendações de correções nos painéis para que atendam os itens de segurança da NR-10 e NBR 5410.

O projeto também contempla o dimensionamento de um quadro de distribuição geral (QDG) no bloco H. Esse quadro auxilia o DEPRO pois permite a avaliação de qualidade de energia do bloco por apenas um ramal, não necessitando medir individualmente em seis ramais. O QDG também reduz o número de proteções no “Quadro C”, garantindo mais espaço para expansões futuras.

Durante o desenvolvimento desse trabalho, as reformas no bloco F foram realizadas. As chaves seccionadoras NH foram substituídas por disjuntores termomagnéticos, os barramentos estão bloqueados por placas acrílicas, as portas dos quadros possuem fechaduras, atendendo a NR-10 e NBR 5410 e foram instalados DPS para proteção contra surtos elétricos.

### 3.4 LEVANTAMENTO DAS CARGAS

O levantamento de cargas consiste em determinar quais os equipamentos elétricos instalados nas salas e laboratórios do bloco H, a quantidade e as suas especificações elétricas. Com essas informações é possível projetar as proteções adequadas e bitola mínima dos cabos para garantir a operação segura do equipamento.

O levantamento das cargas das salas foi dividido em nove setores: H001/H001A, H002, H003/H003A, H004, H005, H006/H006A/H006B, H007/H007A, H008/H008A e H009/H009A. As salas com o sufixo 'A' são as salas de professores e são adjacentes aos respectivos laboratórios. Os detalhes das cargas levantadas são apresentados no Apêndice A. Um resumo dos totais da potência instalada no bloco H pode ser visto na Tabela 1.

**Tabela 1: Resumo da distribuição de cargas do bloco H**

Setor	Potência instalada (W)	Porcentagem (%)
H001/H001A	9777	2,2
H002	9762	2,2
H003/H003A	19819	4,47
H004	2140	0,48
H005	15835	3,57
H006/H006A/H006B	65390	14,77
H007/H007A	293473	66,29
H008/H008A	16111	3,63
H009/H009A	10368	2,34
Total	442675	100

**Fonte: Autoria própria (2019)**

Os laboratórios H006 e H007 representam 81% da carga instalada no bloco. O laboratório H007 é composto por diversas máquinas de solda a arco e fornos. O laboratório H006 possui vários equipamentos de torno e um centro de usinagem em torno de alta potência.

### 3.5 INSPEÇÃO VISUAL DOS PAINÉIS ELÉTRICOS DO BLOCO H

A inspeção visual dos painéis elétricos do bloco H é baseada nas recomendações da NBR 5410 e NR-10. De acordo com o item 7.2.3 da NBR 5410 a inspeção visual de uma instalação elétrica deve incluir, no mínimo, a verificação dos seguintes itens:

- a) Medidas de proteção contra choques elétricos;
- b) Medidas de proteção contra efeitos térmicos;

- c) Seleção e instalação de linhas elétricas;
- d) Seleção, ajuste e localização dos dispositivos de proteção;
- e) Presença de dispositivos de seccionamento e comando, sua adequação e localização;
- f) Adequação dos componentes e das medidas de proteção às condições de influências externas existentes;
- g) Identificação dos componentes;
- h) Presença de instruções, sinalizações e advertências requeridas;
- i) Execução das conexões;
- j) Acessibilidade.

O item b não é aplicado a essa inspeção pois: o bloco não possui dispositivos de proteção ou comando que possam apresentar em suas superfícies temperaturas susceptíveis de provocar incêndio (NBR 5410, p. 56); nenhuma das salas e laboratórios possui temperatura ambiente elevada, sendo todas as salas ventiladas naturalmente por janelas; Os componentes da instalação não são capazes de provocar centelhamentos ou arcos elétricos em condições normais de operação (NBR 5410, p. 56); Não há a presença de líquidos inflamáveis no bloco H (NBR 5410, p. 57).

Para responder o item f, foi avaliada a Tabela 32 da NBR 5410 e os resultados podem ser visualizados no Apêndice C. Os itens da Tabela 32 referentes a interferências eletromagnéticas requerem um estudo mais aprofundado no bloco. Tais estudos necessitam de coletas de dados por multimedidores digitais e analisadores de energia ao longo do tempo. Esse trabalho prevê a instalação de multimedidores para que possam ser realizados estudos dessa natureza no futuro. Alguns itens da Tabela 32 não são atendidos, portanto o sistema elétrico do bloco H não está integralmente protegido contra influências externas.

Para complemento na inspeção visual foi consultada a NR-10. A norma prevê ações que devem ser atendidas durante um serviço envolvendo eletricidade no seu item 10.10.1. Nos serviços devem ser obedecidos os seguintes itens:

- a) Identificação de circuitos (abordado no item 7.2.3-g da NBR 5410);
- b) Travamentos e bloqueios de dispositivos e sistemas de manobra e comandos;
- c) Restrições e impedimentos de acesso;
- d) Delimitações de áreas;

- e) Sinalização de áreas de circulação, de vias públicas, de veículos e de movimentação de cargas;
- f) Sinalização de impedimento de energização;
- g) Identificação de equipamento e circuito impedido.

O item d também não se aplica nesse estudo de caso pois todos os painéis elétricos do bloco H estão instalados em seus laboratórios correspondentes, não sendo possível avaliar delimitações de áreas (áreas de serviço, áreas públicas, salas de controle de motores, etc.). Da mesma forma, o item e também não é aplicado ao estudo em questão. O sistema elétrico do bloco H compartilha todas as áreas, possuindo quadros instalados em locais de circulação, salas de aulas e áreas de serviço.

Para identificar as conformidades e não-conformidades das normas foi elaborada uma lista para avaliar em cada painel elétrico os itens acima mencionados. A lista pode ser visualizada na Tabela 2.

**Tabela 2: Itens avaliados na inspeção visual**

Item	Norma	Descrição
1	NBR 5410 6.1.5	Os circuitos e o painel estão identificados com nomes?
2	NBR 5410 4.2.5.2-a	Os circuitos estão divididos de modo que não seja cessada a alimentação de uma área?
3	NBR 5410 5.1.2.2.1	As partes condutoras estão isoladas ou possuem barreiras?
4	NBR 5410 5.1.2.2.3.6	Existe condutor de proteção p/ os circuitos?
5	NBR 5410 6.1.8.1-b	Os diagramas unifilares estão disponíveis e atualizados?
6	NBR 5410 5.3.4.1	Os condutores e dispositivos de proteção estão compatíveis?
7	NBR 5410 6.2.3.1	Os condutores elétricos possuem isolamento?
8	NBR 5410 5.6.3.1	É possível seccionar todos os circuitos?
9	NBR 5410 7.2.3-h	Estão instaladas instruções, sinalizações e advertências?

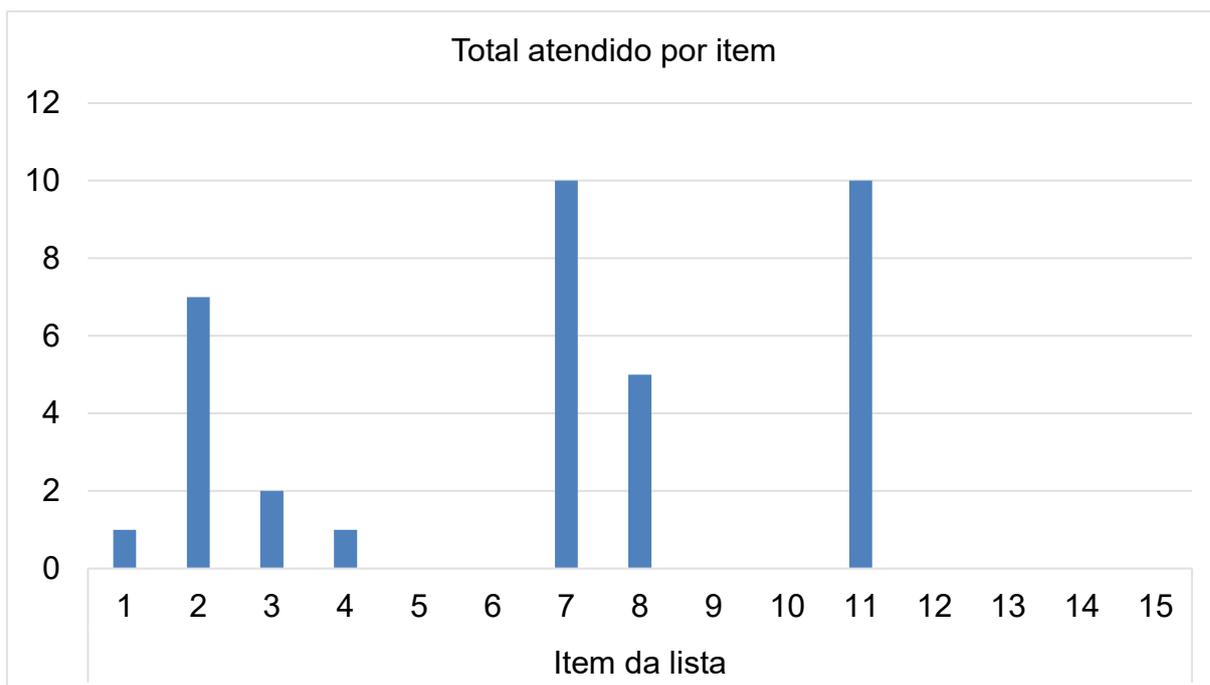
10	NBR 5410 6.2.8	As conexões garantem a continuidade elétrica durável?
11	NBR 5410 6.1.4	Os componentes e linhas elétricas são acessíveis p/ operação e manutenção?
12	NBR 5410 6.1.3	Os componentes elétricos apresentam proteções apropriadas contra influências externas?
13	NR-10 10.10.1-b	Existem travamentos e bloqueios nos dispositivos de proteção para impedir reenergização acidental?
14	NR-10 10.10.1-c	Existem restrições e impedimentos de acesso aos painéis elétricos?
15	NR-10 10.10.1-f	Existe sinalização de impedimento de reenergização quando um circuito está desligado?

**Fonte: Autoria própria (2019)**

Em cada item avaliado foram consideradas duas possibilidades de resposta: atende integralmente (S) e não atende (N).

### 3.5.1 Resultados da inspeção visual

As descrições detalhadas da inspeção visual dos painéis podem ser observadas no Apêndice B. No total foram avaliados 15 itens em dez painéis elétricos. A Figura 7 mostra a frequência com a qual cada um dos itens da lista foi atendido na inspeção.

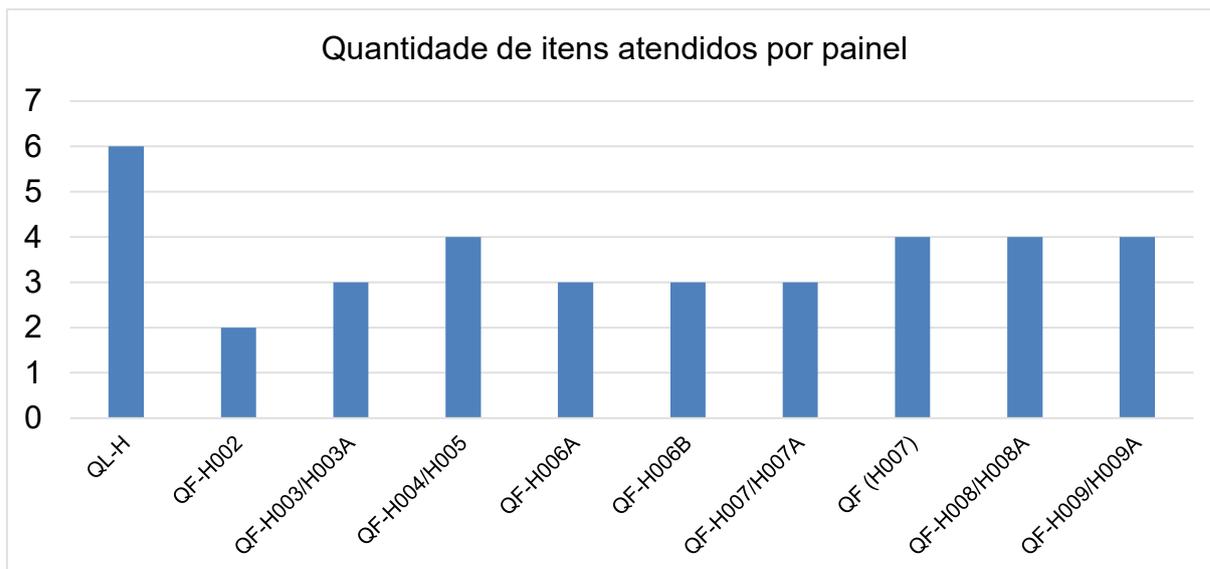


**Figura 7: Total atendido por item na inspeção**  
**Fonte: Autoria própria (2019)**

Nota-se que os problemas encontrados nos painéis são recorrentes, sendo visto principalmente:

1. O não bloqueio e sinalização de circuitos desligados ou em manutenção;
2. A ausência de condutores de aterramento;
3. A ausência de um diagrama unifilar atualizado;
4. A incompatibilidade entre dispositivo de proteção e condutor, mais frequente na proteção geral;
5. Chaves fusíveis NH da proteção geral com os contatos expostos.

O item 4 foi analisado seguindo a Equação 1. Por meio de amostras de cabos, foi medido em campo os cabos nos painéis. Em seguida foi observado como os cabos são entregues as cargas (calha, duto, canaleta, etc.). Sabendo o método de instalação, é possível saber qual a corrente máxima suportada pelo cabo pelas tabelas da NBR 5410. A corrente de projeto é obtida pelas características das cargas, vistas no Apêndice A. A Figura 8 mostra a quantidade de itens atendido por painel.



**Figura 8: Total de itens atendido por painel**  
**Fonte: Autoria própria (2019)**

O quadro de luz QL-H é o único quadro que possui proteção geral e de circuitos terminais realizadas apenas por disjuntores termomagnéticos, apresentando maior nível de segurança para os trabalhadores.

Nenhum dos quadros elétricos possui diagrama unifilar. Para responder o item 6 da lista, foram levantados os diagramas com base na observação dos painéis. Foram anotados os seguintes parâmetros: corrente da proteção; nome do circuito; seção do cabo; origem da alimentação e seção do barramento.

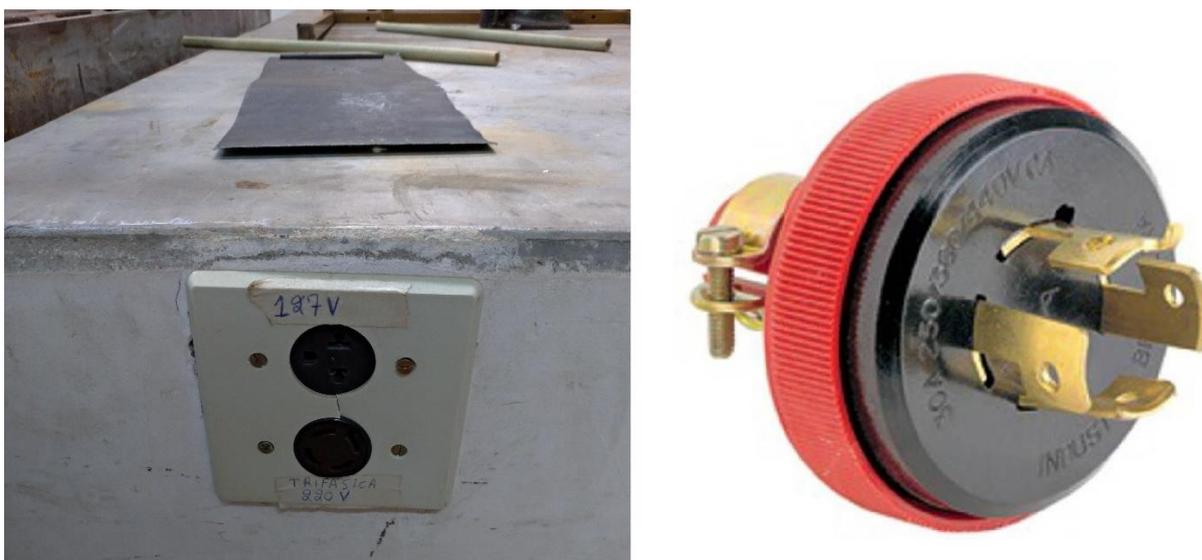
Foi observado outro problema que envolve a segurança dos alunos, professores e trabalhadores, que não está contemplado na lista de inspeção visual. O laboratório H007 possui o acionamento por botoeiras, na porta do painel QF-H007, de três exaustores trifásicos, com comando em 220 Vca. Os exaustores são de 3cv, 3cv e 3/4cv. Todos são acionados por partida direta. O painel também não possui uma botoeira para desligamento de emergência dos exaustores (item 12.2.1 da NR-12). Não há sinaleiros no painel para advertir as pessoas das condições de operação dos exaustores, que estão em pontos não visíveis.

A NTC 901100 da COPEL fornece orientações quanto ao esquema de partida de motores elétricos. Para motores trifásicos de até 5cv, a partida pode ser realizada de forma direta.

A NR-12 exige no seu item 12.36 que os componentes de partida, parada, acionamento e controles devem operar em extra baixa tensão (até 50 Vca ou 120

Vcc). Não foi encontrado um transformador de comando ou fonte chaveada no painel para rebaixar as tensões de 220/127 V para extra baixa tensão. Os comandos e proteções dos exaustores também devem ser reprojatadas.

Também foi percebido que diversas salas possuem plugues das tomadas de serviço e tomadas de um padrão antigo que não atende a NBR IEC 60309-4:2017. Um exemplo observado é apresentado na Figura 9.



**Figura 9: Tomada (esquerda) e plugue (direita) industriais fora de padrão**  
**Fonte: Autoria própria (2019)**

A tomada não atende os padrões de segurança por não possuir uma cobertura ao redor dos pinos. Os pinos expostos permitem o toque acidental da mão do operador no momento que se estabelece a conexão com a tomada. Essas tomadas e plugues também não possuem proteções contra influências externas.

### 3.6 PROJETO DAS READEQUAÇÕES

A inspeção mostrou que os painéis elétricos do bloco possuem problemas recorrentes como: a ausência de condutores de aterramento e incompatibilidade entre a proteção geral e seus condutores. Os painéis também permitem o livre acesso, podendo arriscar a segurança dos alunos e professores por suas condições físicas não atenderem integralmente a NR-10 e NBR 5410.

Como não há diagramas unifilares dos painéis foi realizado o levantamento dos diagramas unifilares de cada quadro de distribuição para que possam ser projetadas as readequações. Os diagramas unifilares atuais são apresentados no Apêndice D.

Para as readequações pontuais dos painéis elétricos foi verificado se o condutor, corrente nominal do equipamento e proteção atendem ao item 5.3.4.1 da NBR 5410. Para os circuitos não identificados, que não permitem a obtenção da corrente de projeto foi avaliado apenas se o condutor está protegido pelo dispositivo. Para os circuitos de motores de indução, como bombas, tornos, esmeril e exaustores foi verificado se as proteções são constituídas por disjuntor-motor em conjunto com um contator, bem como se atendem o item 5.3.4.1 da NBR 5410.

### 3.6.1 Esquema de aterramento e condutores de aterramento

A nova estrutura de aterramento deve ser instalada de acordo com os modelos da NBR 5410, ou seja, TN, IT ou TT. Cada modelo de aterramento possui suas aplicações e restrições.

O esquema IT não é vantajoso pois a impedância de aterramento do neutro deve ser vistoriada periodicamente e requer manutenção e substituição caso essa seja danificada pela corrente de falta ou sofra incidências frequentes de faltas.

A topologia TT apresenta um bom nível de segurança e funcionalidade pois cada circuito possui seu próprio eletrodo de aterramento. Porém esse modo pode ter um custo elevado e pode ser de difícil execução devido a quantidade de eletrodos necessários e possíveis inviabilidades técnicas durante a instalação.

As variantes TN-C e TN-C-S do sistema TN apresentam um problema de segurança em caso de interrupção do condutor de neutro da alimentação. As massas aterradas serão energizadas pelo condutor de proteção, pois os condutores não são distintos. Dessa forma, o condutor de proteção se torna o condutor de retorno da corrente de fase.

O subsistema TN-S é o mais vantajoso para esse caso, pois fornece segurança para as pessoas e as massas, economia no número de eletrodos de aterramento e não requer manutenção periódica.

Todos os circuitos e alimentadores da instalação elétrica devem ser providos de um condutor de proteção. Os condutores de proteção são projetados de acordo com a Tabela 58 da NBR 5410. Para condutores de fase até 16mm<sup>2</sup> o condutor de proteção deve possuir a mesma bitola. A partir de 25mm<sup>2</sup> é possível reduzir a seção do condutor de proteção para economia. Acima de 35mm<sup>2</sup> é permitido utilizar um condutor de proteção com metade da seção do condutor de fase. Para valores não padronizados seleciona-se a seção mais próxima (item 6.4.3.1.3 da NBR 5410).

Em todos os quadros que não possuem barramento de terra deve ser instalado um barramento de cobre para aterrar os circuitos e a carcaça do quadro. A seção transversal deve ser a mesma barramento de fases e neutro. A redução dos condutores de terra e neutro é apenas permitido para cabos, não sendo prevista pela NBR 5410 a possibilidade de redução de barramentos, sem um estudo prévio de solicitações eletromecânicas nas barras.

### 3.6.2 Dispositivos de proteção

Diversos dos dispositivos de proteção devem ser substituídos devido aos perigos a segurança dos trabalhadores e dimensionamentos incorretos, apresentados pelos resultados da inspeção visual e levantamento dos diagramas unifilares.

Vários dos circuitos atuais são do tipo trifásico com neutro para que possam ser utilizadas tomadas monofásicas, bifásicas e trifásicas (tomadas de serviço). Esses esquemas foram utilizados pois na época do projeto não era conhecida a lista de equipamentos que seriam instalados no bloco. Não é possível conhecer a corrente de projeto adotada para circuitos desse tipo. Para esses casos os dispositivos de proteção devem ser substituídos por dispositivos de corrente nominal equivalente, que protejam os cabos que estão sendo utilizados.

#### 3.6.2.1 Disjuntores NEMA

Todos os disjuntores padrão NEMA devem ser substituídos por disjuntores padrão DIN que atendam a norma NBR NM 60898. As normas NBR 5410 e NBR IEC

60947-2 não recomendam um padrão específico. Os disjuntores NEMA seguem um regulamento técnico (RTQ) contido na portaria 243 do INMETRO.

Apesar dos disjuntores NEMA serem normatizados eles possuem desvantagens técnicas em relação aos disjuntores DIN, como:

- 1) Menor capacidade de interrupção de curto-circuito em comparação a um disjuntor DIN equivalente;
- 2) Disparador magnético de baixa sensibilidade. O disparo do disjuntor NEMA depende da grandeza da corrente e sua atuação para sobrecarga e curto-circuito é realizada por apenas um elemento bimetal. Não possui disparador bobinado. Os disjuntores DIN possuem acionamento independente para sobrecarga e curto-circuito;
- 3) Extinção de curto-circuito por meio de uma chapa dobrada, não possuindo câmara de extinção apropriada;
- 4) Dimensões físicas superiores comparadas as dos disjuntores DIN equivalentes, resultando em um quadro maior;

Foi solicitado pelo DEPRO que os dispositivos de proteção sejam das fabricantes Schneider Electric, WEG ou Siemens. Para o projeto foram selecionados dispositivos da Schneider Electric.

### 3.6.2.2 Fusíveis

Todos os dispositivos de proteção do tipo fusível NH e fusível Diazed devem ser substituídos por disjuntores termomagnéticos padrão DIN. Os fusíveis NH requerem um saca-fusível com luva de isolação 1kV, como o da Figura 10, para remover o cartucho com segurança.



**Figura 10: Extrator de fusível NH com luva isolada para 1kV**  
**Fonte: Getrotech (2019)**

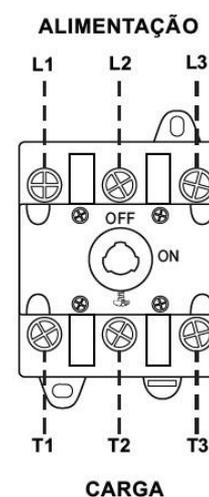
Foi constatado que a universidade não possui a luva saca-fusível, tornando mais lenta, difícil e perigosa a substituição de fusíveis NH. Apesar de inicialmente mais baratos que disjuntores, o conjunto completo de fusíveis NH que atendem a NR-10 são mais caros, pois requerem uma base de montagem mais sofisticada e com mais acessórios, como: espelho para isolar o fusível e manopla rotativa equipada com trava para bloqueio por cadeado.

A substituição de fusíveis NH e Diazed queimados também é uma desvantagem. Isso implica que deve ser estimado um número reserva de fusíveis para adquirir em licitações, o qual pode não ser completamente utilizado ou pode não atender à demanda. O seccionamento dos fusíveis Diazed requer uma chave rotativa, como a da Figura 11, a qual atende a NR-10.

ASPECTO VISUAL



DIAGRAMA DE LIGAÇÃO



**Figura 11: Chave seccionadora rotativa**  
**Fonte: Elétrica Suzuki (2019)**

Essa chave possui um furo para a instalação de um cadeado para impedir reenergizações acidentais. Pela inspeção visual notou-se que nenhuma das chaves seccionadoras nos painéis atuais permitem o seu bloqueio físico. A adaptação do sistema de seccionamento de fusíveis Diazed requereria a aquisição de novas chaves seccionadoras, além dos dispositivos de bloqueio. Ainda, a câmara de extinção da chave deve possuir capacidade de interrupção igual ou superior a capacidade de interrupção do fusível.

Os disjuntores por outro lado podem ser seccionados sem componentes complementares, além de atenderem a NR-10 e NBR 5410 sem a necessidade de adaptações. Eles também são fabricados de forma que permitem a montagem dos dispositivos de bloqueio em suas alavancas.

Durante a realização de serviços, o disjuntor deve ser bloqueado e identificado conforme a Figura 12.



**Figura 12: Dispositivo de proteção bloqueado e sinalizado conforme NR-10**  
**Fonte: TAGOUT Bloqueio e Etiquetagem (2019)**

A etiqueta deve alertar as pessoas a não tentarem operar ou religar o equipamento desligado, de acordo com a NR-10 e NR-26.

### 3.6.3 Acesso aos quadros de distribuição

Os quadros do bloco são de acesso livre, não possuindo fechaduras com chave ou cadeado. De acordo com o item 10.6.1 da NR-10, as intervenções em painéis ou dispositivos com tensão superior a 120 Vca só podem ser realizadas por trabalhadores capacitados. Ainda, o item 10.6.1.2 estabelece que as operações básicas de desligar e ligar circuitos só podem ser realizadas por pessoas não advertidas caso os quadros estejam em perfeito estado de conservação. A inspeção mostrou que os quadros não atendem diversos itens da NR-10 e NBR 5410. Deve ser

instalado uma fechadura com chave ou cadeado na porta de cada painel elétrico para limitar o acesso a pessoas não capacitadas.

#### 3.6.4 Tomadas de serviço

As tomadas e plugues atuais que não atendem a IEC 60309-4 devem ser substituídas pelo novo padrão de tomadas industriais. O novo modelo de plugue e tomada é apresentado na Figura 13.



**Figura 13: Tomada (esquerda) e plugue (direita) em conformidade com a IEC**  
**Fonte: Adaptado de WEG (2019)**

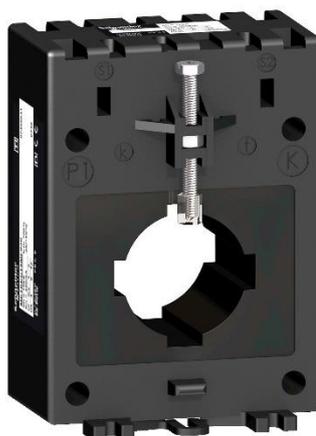
As tomadas são fabricadas com grau de proteção IP44 e IP67, protegendo contra água, outros corpos sólidos e poeira. Também há uma capa, protegendo a tomada contra corpos externos, além de garantir a firmeza da conexão com o plugue. O plugue possui um invólucro para evitar toques acidentais. A cor da tomada deve ser amarela para uma tensão de 100-130 V, vermelha para 220-250 V e azul para 380-440 V.

### 3.6.5 Medição e monitoramento de parâmetros elétricos

Os voltímetros e amperímetros analógicos dos painéis devem ser substituídos por multimedidores digitais. Os multimedidores realizam a leitura, monitoramento e armazenamento de dados como: tensão, corrente, frequência, distorção harmônica, consumo e eventos.

Com os multimedidores é possível identificar com facilidade os pontos que possuem deficiências na qualidade de energia, consumo elevado, frequência e tensão fora dos limites permitidos, etc. Após a identificação desses pontos podem ser desenvolvidos estudos para apontar as correções necessárias com base nos dados dos multimedidores. Esses estudos podem incluir a avaliação da substituição das luminárias fluorescentes atuais por luminárias LEDs; avaliação da substituição dos ares-condicionados atuais por ares de menor potência e mais eficientes, com base em um estudo de carga térmica em cada ambiente.

Para a leitura de corrente é necessário rebaixar a corrente do barramento do quadro para níveis aceitos pelos multimedidores por meio de transformadores de corrente. Comercialmente os TCs podem ser de 1 A ou 5 A em seu enrolamento secundário. Os transformadores de corrente devem ser instalados em cada barra de fase, ou nos cabos da proteção geral. O tipo do transformador de corrente deve ser janela, como indicado na Figura 14.



**Figura 14: Exemplo de transformador de corrente para cabos e barramentos**  
Fonte: Schneider Electric (2019)

Os TCs devem suportar em seu enrolamento primário a corrente de pior caso, ou seja, a corrente da proteção geral do quadro, de modo a evitar a saturação do núcleo do transformador. Os modelos comerciais de TCs selecionados para o projeto são apresentados na Figura 35.

Para o multimedidor foi selecionado o modelo METSEPM5340 com porta de Ethernet, registro de dados, eventos, máximos e mínimos. É possível registrar os valores de corrente, tensão, frequência, fator de potência, energia, potência ativa e reativa e harmônicas. O multimedidor é apresentado na Figura 15.



**Figura 15: Multimedidor digital METSEPM5340**  
**Fonte: Schneider Electric (2019)**

O multimedidor é montado diretamente na porta do painel, requerendo um corte na chapa. A alimentação do medidor é em 127 Vca em três fases e possui uma potência nominal de 10 W. A proteção do multimedidor pode ser realizada com um disjuntor tripolar de 2 A e o cabeamento de 1,5mm<sup>2</sup> de cobre.

### 3.6.6 Acionamento dos exaustores do QF-H007

O esquema de partida empregada deve ser conservado, porém os fusíveis, relés térmicos e contadores atuais devem ser substituídos por disjuntores-motores em série com contadores, todos compatíveis com a potência dos exaustores. Os exaustores são motores de indução do tipo gaiola, possuindo categoria de emprego do tipo AC-3. Na categoria AC-3, aplicada em motores de gaiola, é estabelecida uma

corrente de cinco a sete vezes a corrente nominal do motor no contator na partida. Durante a abertura o contator deve interromper a corrente absorvida pelo motor (SCHNEIDER, 2009).

Para dimensionar os disjuntores-motores foram utilizados os dados da Figura 32. Para os exaustores de 3cv deve ser instalado um disjuntor-motor com regulagem térmica de 6-10 A, para cada. Para o exaustor de 0,75cv deve ser utilizado um disjuntor-motor com regulagem de 2,5-4 A. Comercialmente são os modelos GV2-ME14 para os exaustores de 3cv e GV2-ME08 para o exaustor de 0,75cv.

Para os contatores, foram utilizados os dados apresentados na Figura 34. Todos os exaustores devem possuir um contator de no mínimo 9 A, modelo LC1D09. Como os disjuntores-motores podem ser ajustados até 10 A, os exaustores correspondentes requerem um contator que suporte essa corrente. Foi selecionado o contator LC1D12 de 12 A. A bobina dos contatores deve ser acionada em extra baixa tensão, sendo escolhido o modelo de 24 Vcc 'BD'.

O acionamento dos exaustores só pode ser realizado por meio de botoeiras no painel por estarem instalados no teto. O esquema de comando deve possuir, de acordo com a NR-12, uma botoeira para desligamento de emergência dos exaustores, que evite desligamentos acidentais (botoeira tipo soco, tipo chave, etc.) e sinalizações das condições operacionais. Para o acionamento em extra baixa tensão e corrente contínua deve ser instalado um circuito específico para uma fonte chaveada.

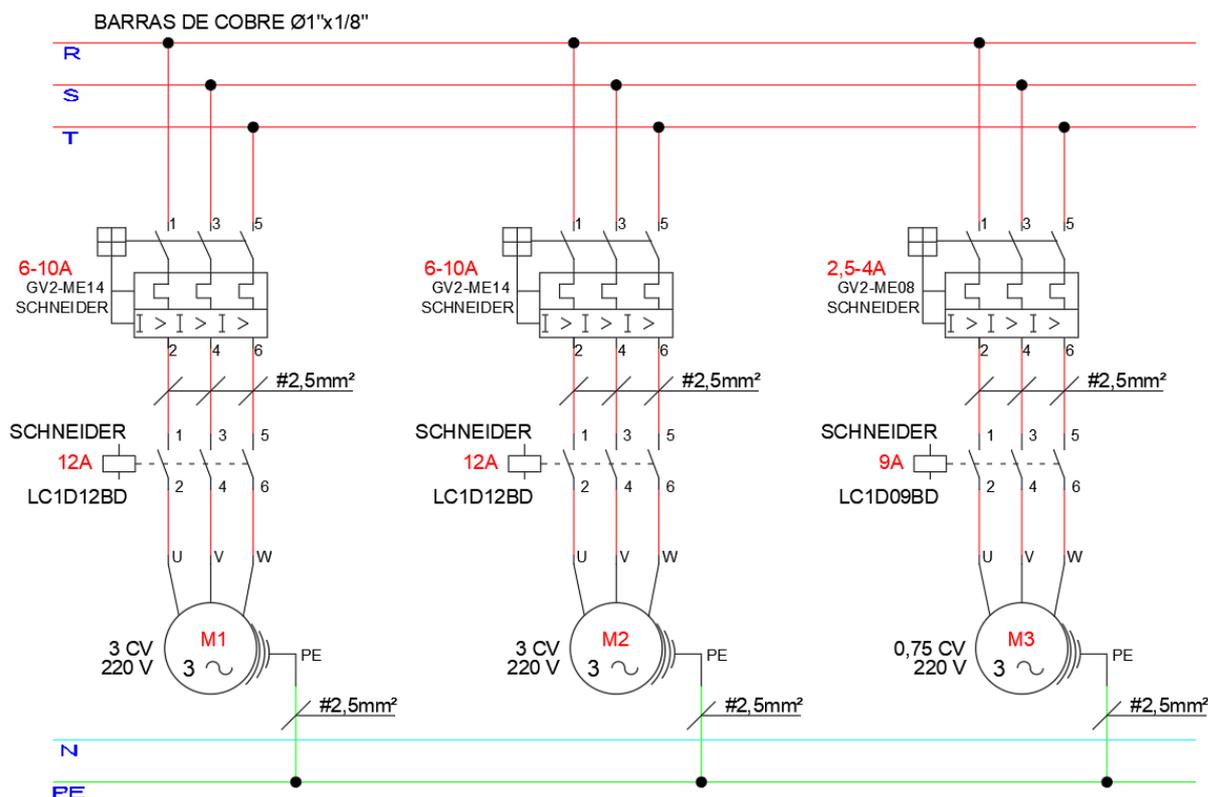
A potência da fonte deve ser superior a potência consumida por todas as bobinas as quais a fonte alimenta. Pela folha técnica do contator LC1D09 e LC1D12, as bobinas consomem 5,4 W resultando em 16,2 W. Foi selecionada a fonte ABL1RPM24042 da Schneider Electric, de 100 W. A fonte possui entrada monofásica em 127 Vca e saída regulada em 24 Vcc.

Por não possuir entrada regulada, a fonte deve possuir uma proteção em sua entrada por meio de um disjuntor termomagnético. O disjuntor recomendado é de curva C, aplicações gerais: tomadas de corrente, iluminação fluorescente com corrente de curto-circuito de 5 In a 10 In (SCHNEIDER, 2009). A corrente máxima da fonte é dada por:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{100}{127} = 0,787 \text{ A} \quad (29)$$

O cabo mínimo deve ser de 2,5mm<sup>2</sup>, de cobre, por não se tratar de um circuito de iluminação. Foi selecionado um disjuntor monopolar de 2 A, modelo EZ9F33102, atendendo o critério 5.3.4.1 da NBR 5410.

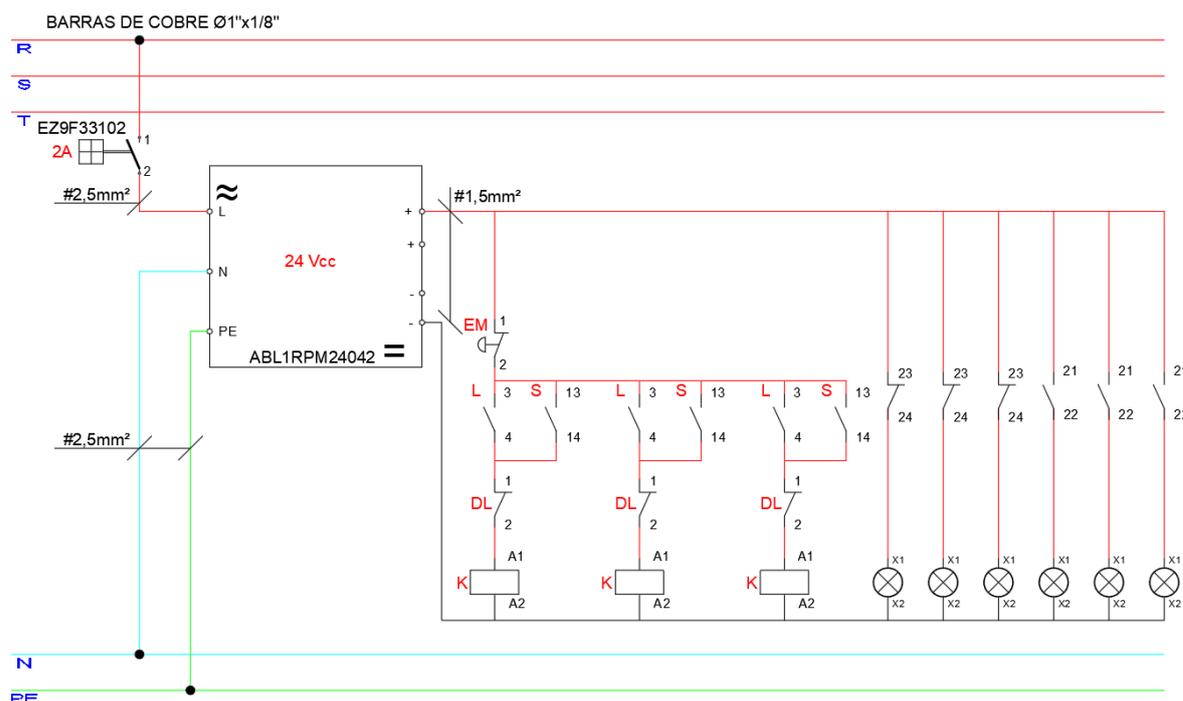
Com os dados dos componentes foram desenhados os novos diagramas de força e comando dos exaustores. O diagrama de força para a partida dos exaustores é apresentado na Figura 16.



**Figura 16: Diagrama de força dos exaustores**  
**Fonte: Autoria própria (2019)**

Para a correta regulação dos disjuntores-motores, deve ser mensurada a corrente de regime dos exaustores. Os contatores de 12 A podem ser reduzidos para contatores de 9 A caso a corrente de regime esteja abaixo de 9 A. Os cabos de 10mm<sup>2</sup> atuais foram reduzidos, por estarem sobre dimensionados, para cabos de 2,5mm<sup>2</sup> de cobre, capazes de suportar até 24 A no método C.

Os novos diagramas de comando estão dispostos na Figura 17.



**Figura 17: Diagrama de comando dos exaustores**  
**Fonte: Autoria própria (2019)**

Também foram adicionados sinaleiros monoblocos verdes e vermelhos para indicar quando os exaustores estão ligados e desligados, por não serem equipamentos visíveis. Para a fiação de comando foi selecionado o cabo de 1,5mm<sup>2</sup> de cobre, sendo o mínimo requerido pela NBR 5410 0,5mm<sup>2</sup>.

### 3.6.7 Divisão dos quadros elétricos

Os painéis elétricos atuais devem ser conservados, bem como suas posições. O DEPRO deseja a instalação de um quadro de distribuição geral localizado no interior do bloco. Dessa forma, os seis alimentadores atuais do “Quadro C” serão substituídos por um ramal de entrada. A partir do QDG serão alimentados todos os quadros do bloco por circuitos mais curtos distribuídos utilizando uma eletrocalha perfurada (método F de instalação). Essa topologia reduz o número de componentes no “Quadro C”, fornecendo espaço maior para expansões futuras na instituição.

Ao contrário do sistema atual, quando um painel necessitar de intervenções apenas ele será desenergizado, não afetando outros laboratórios, como é o caso dos

laboratórios H002-H008, H003-H004. Também será possível mensurar os parâmetros elétricos do QDG-H, obtendo um valor de consumo de energia do bloco H. A alimentação do QF-H006B para o QF-H006A foi conservada, pois os painéis estão adjacentes e alimentam o mesmo ambiente. Dessa forma também é economizado um ramal de bitola mais elevada na eletrocalha.

### 3.6.8 Resumo das readequações dos painéis elétricos

Durante o projeto das readequações foram contabilizadas todas as substituições necessárias para a montagem da lista de material e dos novos diagramas unifilares. Os pontos mais notáveis durante o desenvolvimento do trabalho são apresentados a seguir.

Em todos os quadros a maior parte das readequações envolveu a substituição de fusíveis Diazed gL/gG por disjuntores termomagnéticos DIN equivalentes.

Além dos QF-H006A, QF-H006B e QF-H007, todos os outros quadros possuem sua proteção geral e barramento sobre dimensionados em comparação com a potência instalada observada no levantamento de cargas. Os quadros mencionados necessitaram de uma reavaliação, por meio de uma pesquisa de campo. Foram questionados os laboratoristas do bloco H sobre qual a simultaneidade de equipamentos ligados.

Para o laboratório da H006A diversas máquinas não estão operando, sendo utilizados apenas os tornos: um de 11033 W e outros três de 3678 W cada. Somando esses valores obtêm-se uma demanda máxima de 22,067 kW. Consultando os valores na Figura 38 foi selecionado o disjuntor de 80 A e cabo 25mm<sup>2</sup> de cobre, de demanda máxima 30 kW, permitindo uma expansão de 26% ou 7933 W.

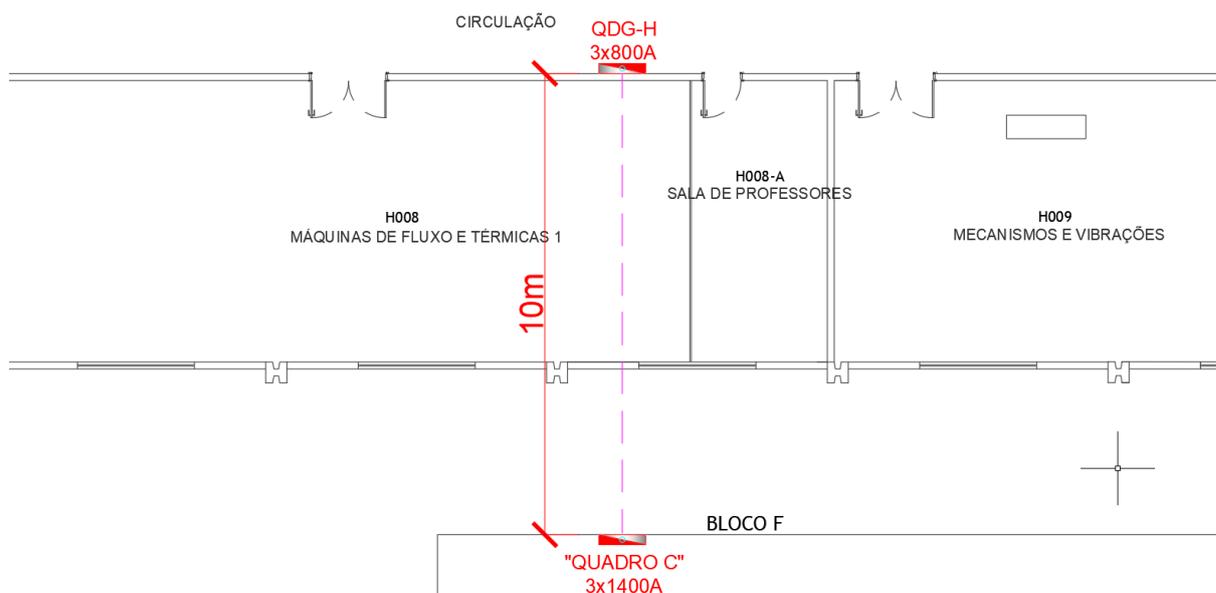
Para as cargas correspondentes ao QF-H006B são utilizados especificamente o compressor de ar de 3678 W e o centro de usinagem de 16250 W. Somando com a demanda do QF-H006A, obtêm-se uma demanda máxima de 41995 W. O disjuntor apropriado é de 150 A e cabo 70mm<sup>2</sup> de cobre, com capacidade de 57 kW, permitindo uma expansão de 26%, ou 15005 W. O fator de demanda desse conjunto de quadros é de 64,22%.

Apesar de uma grande quantidade de equipamentos no laboratório H007, o máximo de equipamentos ligados simultaneamente que resultam na maior demanda são quatro máquinas de solda de 26 kW. A demanda máxima do laboratório é de 104 kW, resultando em um fator de demanda de 8,85%. De acordo com a Figura 39, para essa demanda, utiliza-se o disjuntor de 300 A com dois condutores de 70mm<sup>2</sup> de cobre por fase. O disjuntor de 300 A suporta até 112,5 kW, permitindo um aumento de até 7,5% na demanda máxima do laboratório, ou 8,5 kW (até dois dos maiores fornos). Os transformadores de corrente atuais de 200/5 A do QF-H007 devem ser substituídos por transformadores de 300/5 A. Os barramentos de fases, neutro e terra atuais suportam até 250 A e devem ser substituídos por um barramento de 1.1/2"x1/8" de 370 A, conforme os dados da Figura 44.

Ainda, o laboratório H007 possui um pequeno quadro composto de dois disjuntores para dois equipamentos, porém não há disjuntor geral. Por falta de espaço não é possível instalar um disjuntor geral dentro do quadro. Porém, a NBR 5410 apenas permite dispensar a proteção geral em casos que a distância entre as seções seja inferior a 3m (item 5.3.4.2.1). A distância entre os quadros é de aproximadamente 12m. As opções são: instalar um quadro novo, ou os circuitos devem ser movidos para o quadro principal. Por questão de facilidade de instalação, foi escolhida a última forma: mover os circuitos para o QF-H007. Essa forma também é mais econômica, pois não é necessário adquirir dois disjuntores para proteção geral e um quadro novo.

### 3.6.9 Projeto do quadro de distribuição geral QDG-H

O QDG foi posicionado de forma mais alinhada possível ao Transformador 1 para facilitar a instalação dos eletrodutos e cabos. A localização do QDG pode ser vista na Figura 18.



**Figura 18: Localização do QDG-H**  
**Fonte: Autoria própria (2019)**

O quadro foi situado no corredor do bloco, em local de fácil acesso e sem obstruções como exige a NBR 5410 em seu item 6.5.4.8. O QDG deve ter seu acesso limitado, para atender o item 10.10.1 da NR-10. A fechadura da porta do painel deve possuir cadeado e o quadro deve possuir uma placa de sinalização de perigo elétrico. Devem ser instalados apenas a alimentação dos quadros que compõem o sistema elétrico do bloco H e um circuito para o multimetro geral.

O disjuntor geral foi projetado em função da demanda máxima, que está relacionada principalmente com a demanda dos quadros QF-H006 e QF-H007, por totalizarem em 80% da potência instalada do bloco. A pesquisa de campo mostrou que a maior demanda já registrada pelos laboratoristas na H007 foi de quatro máquinas de solda de 26 kW ligadas simultaneamente (104 kW). A máxima demanda registrada no laboratório H006 são quatro máquinas de torno, o compressor de ar e o centro de usinagem ( $11033 \text{ W} + 4 \times 3678 \text{ W} + 16250 \text{ W} = 41995 \text{ W}$ ). Para os outros painéis, a proteção geral atende 100% da potência instalada. Foi considerada um fator de demanda de 100%, ou seja, a potência instalada registrada no levantamento de carga. Somando a demanda de cada quadro, a demanda máxima é de 229847 W e um fator de demanda de 51%, ou seja, metade do bloco operando simultaneamente. Pela Figura 39, o disjuntor que atende a essa demanda é o de 800 A. O disjuntor de 800 A atende até 300000 W, permitindo uma expansão de 23% no bloco, ou 70153 W.

Os barramentos de fases, neutro e terra do quadro devem ter capacidade superior a 800 A. Foi selecionado o barramento de 2.1/2"x1/4" de 850 A. O transformador de corrente do painel deve ser de 800/5 A. O ramal alimentador vem do "Quadro C" em eletroduto enterrado (método D). Foi selecionado o condutor de 95mm<sup>2</sup> em quatro vias para as fases e neutro e 120mm<sup>2</sup> para a proteção, conforme recomendação da Figura 39. Porém os cabos devem ser de isolação EPR 0,6/1kV, pois o cabo de isolação PVC não é capaz de conduzir 800 A no método D. Para acomodar os cabos são necessários quatro eletrodutos de 3" para as fases e neutro e um de 1.1/4" para o condutor de proteção.

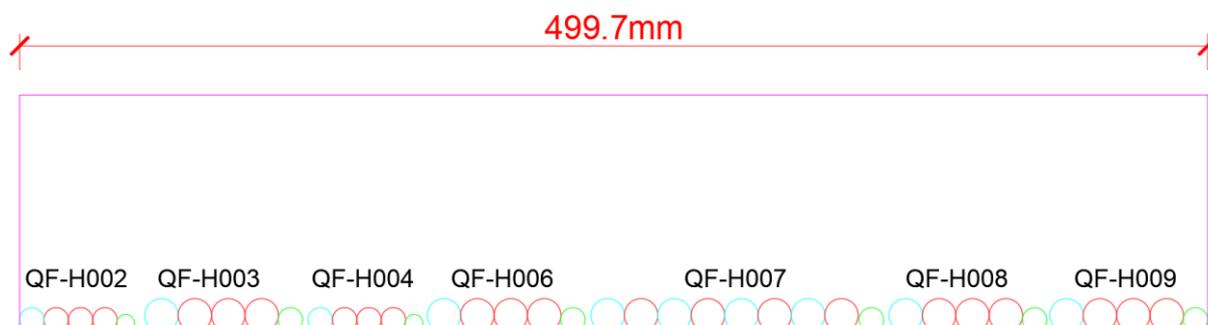
Sete circuitos devem ser entregues por meio de uma eletrocalha perfurada, ou seja, método F de instalação. Como o QDG está adjacente ao QL-H, foi optado por utilizar um eletroduto para entregar esse circuito. Apesar de haverem apenas sete circuitos entregues pela eletrocalha, o número de condutores paralelo também contribui para o aumento do agrupamento. Ou seja, o circuito do QF-H007 deve ser contabilizado como dois circuitos. Ao total serão instalados oito circuitos pela eletrocalha.

De modo a reduzir os efeitos de aquecimento devido a agrupamento de circuitos, foi escolhida a forma de distribuição em camada única na eletrocalha. A Tabela 42 da NBR 5410 mostra que para oito circuitos agrupados em uma única camada em eletrocalha perfurada os cabos sofrem uma redução de 28% da capacidade de condução de corrente. Para oito circuitos empilhados os cabos sofrem uma redução de 48% de condução de corrente. Dessa forma evita-se o aumento drástico da bitola dos condutores dos circuitos. A temperatura ambiente é considerada padrão 30° C, sem necessidade de correção por não haverem influências externas que afetem a temperatura do bloco.

Ao aplicar o fator de correção de 72% nos circuitos do QDG-H e verificando a Tabela 38 da NBR 5410, notou-se que os condutores do QF-H002 devem ser aumentados para que estejam protegidos pelos disjuntores. Os condutores do QF-H002 devem ser de no mínimo 35mm<sup>2</sup> de cobre.

A eletrocalha foi dimensionada com base no comprimento total que os condutores ocupam horizontalmente. Como não há uma metodologia específica para dimensionar eletrocalhas, foi utilizado o AutoCAD para avaliação visual. Foram desenhados todos os condutores que devem passar pela eletrocalha em uma camada. O diâmetro dos cabos foi verificado em tabelas de fabricantes, pois o valor

de área nominal inclui apenas o cobre e ainda há a isolação/cobertura que também contribui para a ocupação da eletrocalha. A eletrocalha pode ser visualizada na Figura 19.



**Figura 19: Dimensionamento da eletrocalha**

**Fonte: Autoria própria (2019)**

O comprimento mínimo da eletrocalha deve ser de 500mm. As alturas mínimas comerciais são de 50mm, conforme a Figura 37.

O eletroduto para o circuito do QL-H foi dimensionado de acordo com a Tabela 2 da NTC 901100 da COPEL. Para um circuito trifásico com neutro de cabo 10mm<sup>2</sup> é recomendado o eletroduto de 1". Por ser instalação aparente o material do eletroduto deve ser de PVC rígido ou aço carbono.

Por fim, foi calculada a queda de tensão entre o QDG e os painéis do bloco H. Os cálculos foram realizados conforme as equações apresentadas na seção de queda de tensão na fundamentação teórica. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3: Queda de tensão nos quadros**

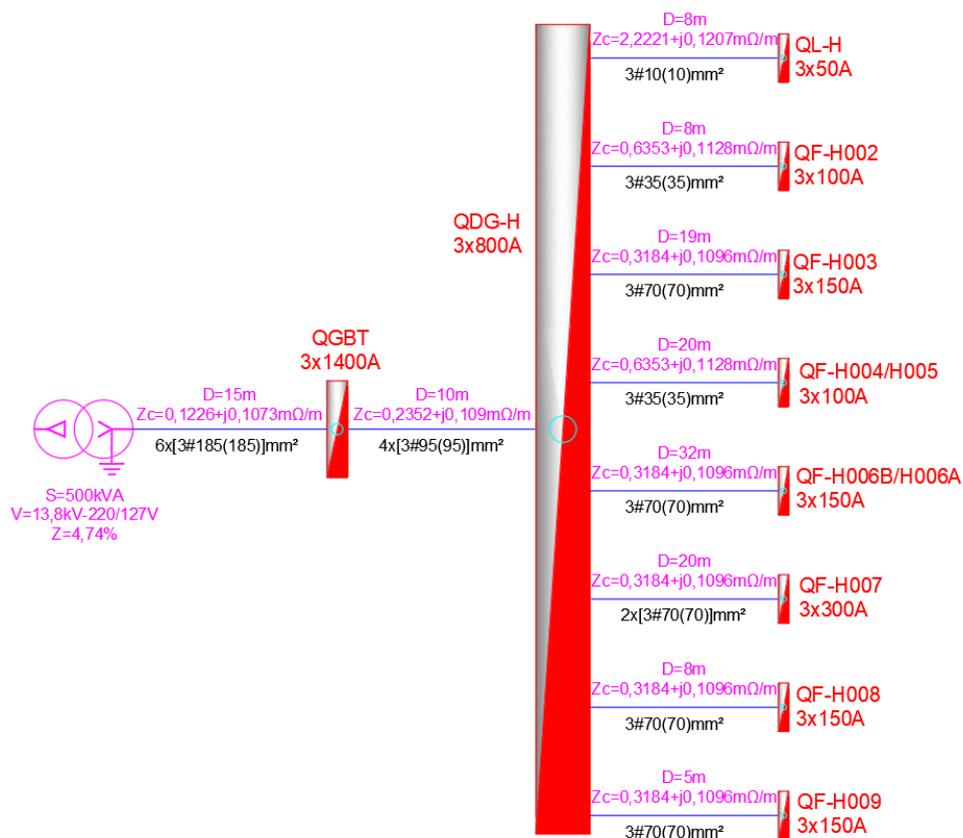
Identificação	Distância até o QDG-H	Queda de tensão %
QL-H	8m	0,56%
QF-H002	8m	0,32%
QF-H003	19m	0,57%
QF-H004/H005	20m	0,8%
QF-H006A/H006B	32m	0,96%
QF-H007	20m	1,2%
QF-H008	8m	0,24%
QF-H009	5m	0,15%

**Fonte: Autoria própria (2019)**

Por meio do projeto arquitetônico foram determinadas as distâncias entre os painéis elétricos do bloco. Todos os quadros possuem uma queda de tensão dentro do limite admissível de 7% do item 6.2.7.1 da NBR 5410. As maiores quedas de tensão ocorrem nos quadros da H006 e H007 devido à alta corrente projetada para os disjuntores e a longa distância.

### 3.6.10 Capacidade de interrupção dos disjuntores

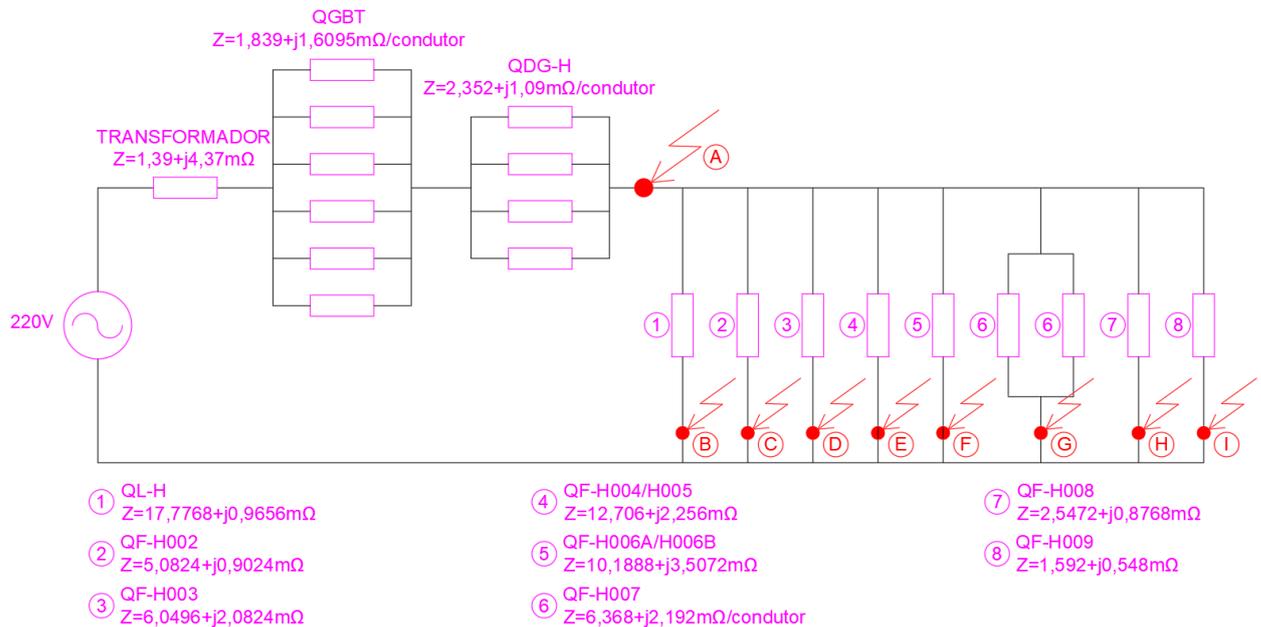
Para que o sistema esteja completamente protegido, é necessário determinar a capacidade de ruptura dos disjuntores dos quadros. A corrente de curto-circuito depende das características elétricas dos condutores e das distâncias entre elementos do sistema elétrico. As especificações do “Transformador 1”, apresentadas no Anexo D, foram obtidas no DEPRO. A Figura 20 exibe um diagrama com as informações dos cabos, distâncias e transformador.



**Figura 20: Distâncias e características dos cabos e transformador**  
**Fonte: Autoria própria (2019)**

Os pontos de curto-circuito a serem analisados são no QDG-H e em cada quadro de distribuição do bloco. Como o bloco F já foi reformado, não foi analisado o curto-circuito no barramento do QGBT.

Um diagrama de impedâncias e pontos de análise pode ser visto na Figura 21. Foi considerado um curto-circuito trifásico em cada ponto. Esse tipo de falta provoca a corrente de maior intensidade, sendo aplicado quando deseja-se determinar a capacidade de interrupção dos dispositivos de proteção.



**Figura 21: Diagrama de impedâncias do bloco H**  
Fonte: Autoria própria (2019)

Com diversos condutores por fase, as impedâncias são vistas em paralelo e são responsáveis por aumentar a corrente de curto-circuito, pois reduzem a impedância equivalente do ponto. A impedância dos barramentos foi desprezada devido aos barramentos dos quadros de força serem curtos e de impedância baixa.

As correntes de curto-circuito foram calculadas de acordo com as equações apresentadas na seção de curto-circuito da fundamentação teórica. Os resultados são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4: Correntes de curto-circuito dos quadros**

Ponto	Fator de assimetria (Fa)	Corrente de curto-circuito simétrica (Ics)	Corrente de curto-circuito assimétrica (Ica)	Corrente de impulso (Icim)	Valor comercial
A	1,13	23,47kA	26,53kA	37,51kA	40kA
B	1	6,07kA	6,07kA	8,59kA	40kA
C	1,01	13,54kA	13,67kA	19,34kA	40kA
D	1,01	11,68kA	11,8kA	16,7kA	40kA
E	1	7,64kA	7,64kA	10,81kA	40kA
F	1	8,44kA	8,44kA	11,94kA	40kA
G	1,03	15,66kA	16,13kA	22,81kA	40kA
H	1,04	16,86kA	17,54kA	24,8kA	40kA
I	1,06	18,98kA	20,12kA	28,46kA	40kA

**Fonte: Autoria própria (2019)**

Os modelos comerciais de disjuntores foram selecionados com base na corrente de impulso, sendo essa a maior corrente no momento de falta. Foi utilizada a Figura 36 do Anexo A para a escolha dos disjuntores.

Percebe-se que as maiores correntes de curto-circuito ocorrem nos quadros mais próximos do transformador. O QDG-H apresenta a maior corrente de curto-circuito por possuir diversas impedâncias em paralelo, reduzindo a impedância total da linha.

A notável corrente observada no QF-H009 ocorre devido a localização do quadro estar apenas a 5m do QDG-H. Isso resulta em uma baixa impedância equivalente e uma alta constante de tempo, prolongando a componente assimétrica da corrente de falta. Como consequência o fator de assimetria e a corrente de impulso são elevados.

O quadro de luz apresenta a menor corrente de curto-circuito devido à alta resistência do cabo de 10mm<sup>2</sup>. Em comparação com o cabo de 35mm<sup>2</sup>, o cabo 10mm<sup>2</sup> apresenta uma resistência quase quatro vezes maior.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 DIAGRAMAS UNIFILARES ATUALIZADOS DOS PAINÉIS ELÉTRICOS

Os diagramas unifilares de cada quadro foram atualizados com a substituição de fusíveis por disjuntores termomagnéticos padrão DIN. As proteções de motores de indução foram adequadas com a adição de disjuntores-motores em conjunto com contadores. No Apêndice E são apresentados os diagramas unifilares atualizados. Dentro de cada painel deve ser instalado um porta-documento para guardar os diagramas unifilares novos.

### 4.2 LISTA DE MATERIAIS E ORÇAMENTO

Para realizar a obra, foi elaborada uma lista de material orientativa com um custo estimado. A lista não é definitiva, devido a diversos circuitos não identificados, reservas e alterações no período de execução. O dimensionamento dos circuitos reservas são critério do projetista, não sendo apresentadas recomendações em normas e bibliografias. Caso o DEPRO considere necessário adquirir mais disjuntores reservas ou de maior capacidade a lista atual deve ser alterada. A lista de material foi enviada para a Patoeste para orçamento e é apresentada na Tabela 5.

**Tabela 5: Lista de materiais orientativa**

Quadro	Qtde	Un	Descrição	Custo (R\$)
QL-H	13	pç	Disj. termomagnético monopolar 16 A	102,57
	1	pç	Disj. termomagnético monopolar 20 A	7,90
	1	pç	Disj. termomagnético monopolar 25 A	8,59
	1	pç	Disj. termomagnético bipolar 16 A	32,75
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 2 A	130,26
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 50 A	51,52
	3	pç	Transformador de corrente tipo janela 50/5 A	298,86
	1	pç	Multimedidor digital	1.954,58
<b>SUBTOTAL: R\$2.587,03</b>				

QF-H002	1	pç	Disj. termomagnético monopolar 20 A	7,90
	2	pç	Disj. termomagnético bipolar 20 A	65,50
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 2 A	130,26
	7	pç	Disj. termomagnético tripolar 20 A	362,88
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 25 A	50,55
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 32 A	50,55
	1	pç	Disj. termomagnético caixa moldada tripolar 100 A	305,19
	1	pç	Multimedidor digital	1.954,58
<b>SUBTOTAL: R\$2.927,41</b>				
QF-H003	3	pç	Disj. termomagnético monopolar 20 A	23,70
	4	pç	Disj. termomagnético bipolar 20 A	131,00
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 2 A	130,26
	5	pç	Disj. termomagnético tripolar 20 A	259,20
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 25 A	50,55
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 32 A	50,55
	1	pç	Disj. termomagnético caixa moldada tripolar 150 A	507,94
	1	pç	Multimedidor digital	1.954,58
<b>SUBTOTAL: R\$3.107,78</b>				
QF-H004	4	pç	Disj. termomagnético bipolar 20 A	131,00
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 2 A	130,26
	8	pç	Disj. termomagnético tripolar 20 A	414,72
	4	pç	Disj. termomagnético tripolar 25 A	202,20
	3	pç	Disj. termomagnético tripolar 32 A	151,65
	1	pç	Disj. termomagnético caixa moldada tripolar 100 A	305,19
	1	pç	Multimedidor digital	1.954,58
<b>SUBTOTAL: R\$3.289,60</b>				
QF-H006A	2	pç	Disj. termomagnético monopolar 20 A	15,80
	1	pç	Disj. termomagnético bipolar 10 A	36,48
	1	pç	Disj. termomagnético bipolar 20 A	32,75
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 2 A	130,26
	7	pç	Disj. termomagnético tripolar 20 A	362,88
	2	pç	Disj. termomagnético tripolar 25 A	101,10
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 32 A	50,55
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 80 A	175,23
	1	pç	Disjuntor-motor tripolar 2,5-4 A	244,09
	2	pç	Disjuntor-motor tripolar 4-6,3 A	341,22
	3	pç	Disjuntor-motor tripolar 13-18 A	648,03
	1	pç	Disjuntor-motor tripolar 30-40 A	658,42
	3	pç	Contator tripolar 9 A	440,07

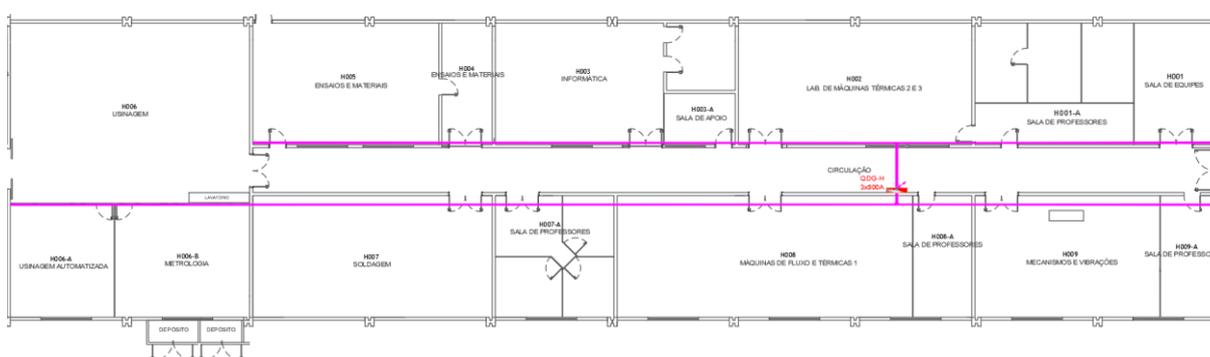
	3	pç	Contator tripolar 18 A	477,18
	1	pç	Contator tripolar 40 A	468,18
	1	pç	Multimedidor digital	1.958,54
<b>SUBTOTAL: R\$6.140,78</b>				
QF-H006B	1	pç	Disj. termomagnético monopolar 20 A	7,90
	2	pç	Disj. termomagnético bipolar 20 A	65,50
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 2 A	130,26
	8	pç	Disj. termomagnético tripolar 20 A	414,72
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 25 A	50,55
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 50 A	51,52
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 80 A	175,23
	1	pç	Disj. termomagnético caixa moldada tripolar 150 A	507,94
	1	pç	Disjuntor-motor tripolar 13-18 A	216,01
	1	pç	Contator tripolar 18 A	159,06
	1	pç	Multimedidor digital	1.954,58
<b>SUBTOTAL: R\$3.733,27</b>				
QF-H007	1	pç	Disj. termomagnético monopolar 2 A	49,56
	5	pç	Disj. termomagnético bipolar 20 A	163,75
	2	pç	Disj. termomagnético bipolar 25 A	65,50
	1	pç	Disj. termomagnético bipolar 40 A	38,83
	1	pç	Disj. termomagnético bipolar 70 A	78,69
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 2 A	130,26
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 20 A	51,84
	2	pç	Disj. termomagnético tripolar 25 A	101,10
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 50 A	51,52
	8	pç	Disj. termomagnético tripolar 70 A	884,48
	1	pç	Disj. termomagnético caixa moldada tripolar 300 A	1.731,22
	3	pç	Disjuntor-motor tripolar 2,5-4 A	732,27
	2	pç	Disjuntor-motor tripolar 6-10 A	375,26
	3	pç	Contator tripolar 9 A	440,07
	2	pç	Contator tripolar 12 A	318,12
	3	pç	Transformador de corrente tipo janela 300/5 A	382,50
	1	pç	Multimedidor digital	1.954,58
	3	m	Barramento trifásico 1.1/2"x1/8" (fases+neutro+terra)	386,73
	1	pç	Fonte chaveada 100 W 127 Vca – 24 Vcc	164,05
	3	pç	Sinaleiro monobloco verde	68,37
3	pç	Sinaleiro monobloco vermelho	68,37	
	1	pç	Botoeira de emergência tipo chave	24,88
<b>SUBTOTAL: R\$8.261,95</b>				

QF-H008	2	pç	Disj. termomagnético monopolar 25 A	17,18
	1	pç	Disj. termomagnético bipolar 20 A	32,75
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 2 A	130,26
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 16 A	51,84
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 20 A	51,84
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 25 A	50,55
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 32 A	50,55
	1	pç	Disj. termomagnético caixa moldada tripolar 150 A	507,94
	1	pç	Multimedidor digital	1.954,58
<b>SUBTOTAL: R\$2.847,49</b>				
QF-H009	1	pç	Disj. termomagnético monopolar 20 A	7,90
	1	pç	Disj. termomagnético bipolar 20 A	32,75
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 2 A	130,26
	2	pç	Disj. termomagnético tripolar 16 A	103,68
	4	pç	Disj. termomagnético tripolar 20 A	207,36
	2	pç	Disj. termomagnético tripolar 25 A	101,10
	2	pç	Disj. termomagnético tripolar 32 A	101,10
	1	pç	Disj. termomagnético caixa moldada tripolar 150 A	507,94
	1	pç	Multimedidor digital	1.954,58
<b>SUBTOTAL: R\$3.146,67</b>				
QDG-H	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 2 A	130,26
	1	pç	Disj. termomagnético tripolar 50 A	51,52
	2	pç	Disj. termomagnético caixa moldada tripolar 100 A	610,38
	4	pç	Disj. termomagnético caixa moldada tripolar 150 A	2.031,76
	1	pç	Disj. termomagnético caixa moldada tripolar 300 A	1.731,22
	2	pç	Disj. termomagnético caixa moldada tripolar 800 A	15.643,06
	3	pç	Transformador de corrente tipo janela 800/5 A	724,92
	3	m	Barramento trifásico 2.1/2"x1/4" (fases+neutro+terra)	690,15
	40	m	Eletroduto PEAD 3"	433,20
	10	m	Eletroduto PEAD 1.1/4"	50,80
	40	m	Cabo de cobre flexível 95mm <sup>2</sup> EPR 0,6/1kV preto	1.781,20
	40	m	Cabo de cobre flexível 95mm <sup>2</sup> EPR 0,6/1kV azul	1.656,80
	10	m	Cabo de cobre flexível 120mm <sup>2</sup> EPR 0,6/1kV verde	561,00
	1	pç	Multimedidor digital	1.954,58
37	pç	Eletrocalha perfurada de aço carbono 500x50x3000mm	8.528,50	
<b>SUBTOTAL: R\$36.579,35</b>				
<b>TOTAL: R\$72.621,33</b>				

Fonte: Autoria própria (2019)

As curvas de atuação são variáveis pois diversos circuitos não estão identificados. Os disjuntores de curva B são mais caros, não sendo disponíveis em grande quantidade nos estoques das empresas. A Patoeste orçou disjuntores de curva C de atuação.

O comprimento necessário de eletrocalha foi obtido por um método visual. A eletrocalha deve percorrer todas as salas para que possa entregar os circuitos dos quadros. Foi desenhada a calha no arquivo CAD do projeto arquitetônico e mensurada a distância. A Figura 22 mostra o caminho da eletrocalha.



**Figura 22: Ponto previsto para a instalação da eletrocalha**  
**Fonte: Adaptado dos arquivos do DEPRO (2019)**

Foi obtido um comprimento de 111m. Comercialmente são vendidas eletrocalhas em peças de 3m, resultando em 37 peças de 3m. Para o comprimento dos eletrodutos e cabos foi utilizado o mesmo método visual.

O maior investimento envolve o quadro de distribuição geral devido a eletrocalha de grandes dimensões e os disjuntores de alta corrente nominal. Em seguida o segundo e terceiro maiores investimentos são para os quadros QF-H007 e QF-H006A respectivamente.

## 5 CONCLUSÕES

As etapas de desenvolvimento de um projeto elétrico, apesar de normatizadas e seguirem uma metodologia, requerem em grande parte uma avaliação crítica obtida apenas por experiência. Essa avaliação leva em conta aspectos práticos como: busca de equilíbrio entre a economia na execução da obra com o dimensionamento dos componentes do projeto; busca por formas de facilitar obras como reformas, de modo a otimizar o tempo, utilizar a infraestrutura existente e facilitar o trabalho, etc.

Os problemas encontrados na etapa de inspeção mostraram-se recorrentes: circuitos não identificados, ausência de aterramento; chaves seccionadoras do tipo NH que não atendem a NR-10 e NBR 5410; incompatibilidade entre condutores e dispositivos de proteção; e em etapas de manutenção não são realizados os procedimentos da NR-10 de bloqueio e sinalização.

Notou-se que apenas o quadro QF-H007 apresentou um dimensionamento mais limitado, o qual poderia dificultar as expansões futuras. Para esse caso foi avaliado por meio de uma pesquisa de campo quais os equipamentos são ligados nesse laboratório para um dimensionamento mais realista. Os outros painéis estão superdimensionados em relação a carga instalada, suportando uma demanda de 100% e acima. Nesses casos foram conservados os ramais atuais.

Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se o estudo dos efeitos que as máquinas de solda e tornos de alta potência do bloco exercem na qualidade de energia. Foi observado que o bloco não está totalmente protegido contra influências externas. Uma dessas influências é a descarga atmosférica. Também fica como sugestão o cálculo do gerenciamento de risco e projeto de um SPDA para proteger a universidade contra danos causados por descargas atmosféricas. Pois, de acordo com o DEPRO, o SPDA atual, assim como o aterramento, foi interrompido.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR IEC 50 (826). **Vocabulário Eletrotécnico Internacional – Capítulo 826: Instalações Elétricas em Edificações**. Novembro, 1997.

ANBT NBR IEC 60309-4. **Plugues e Tomadas para Uso Industrial**. 2017

ABNT NBR 5410. **Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. 2004.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 16<sup>a</sup> ed. 2016.

FILHO, João M. **Instalações Elétricas Industriais**. 7<sup>a</sup> ed. 2007.

PEREIRA, J. G; SOUSA, J. J. B. **Manual de auxílio na interpretação e aplicação da NR10:NR10 Comentada**. São Paulo: Superintendência Regional do Trabalho e Emprego no Estado de São Paulo –SRTE/SP, 2010.

JÚNIOR, Roberto C. **Instalações Elétricas e o Projeto de Arquitetura**. 7<sup>a</sup> ed. 2016

MARTINHO, Edson. **Inspeção das Instalações Elétricas**. 2007.

IEC 60617. **Graphical Symbols for Diagrams**. 2003.

NR-10. **Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. 2004.

NR-12. **Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. 2018.

Norma Técnica COPEL. **NTC 901100 – Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição**. Abril, 2016.

Norma Técnica COPEL. **NTC 903100 – Fornecimento em Tensão Primária de Distribuição**. Abril, 2018.

## APÊNDICE A – LEVANTAMENTO DE CARGAS DO BLOCO H

A sala H001 (antiga coordenação de engenharia mecânica) é uma sala de equipes e pesquisa para os alunos, não possuindo muitos equipamentos de grande porte. Foram agrupadas também as cargas da sala H001A, que é uma sala de professores. A Tabela 6 mostra as cargas das salas:

**Tabela 6: Cargas das salas H001/H001A**

Sala	Equipamento	Qtde	Potência (W) – Fases/Tensão (V)
H001	Cafeteira	1	800 – 1/127
	Purificador	1	90 – 1/127
	Ventilador	1	200 – 1/127
	Lâmpadas	6x40W	240 – 1/127
H001A	Lâmpadas	18x18W	324 – 1/127
	Ar Condicionado 60.000 BTU	1	6000 – 3/220
	Computador	1	320 – 1/127
	Estabilizador	1	195 – Bivolt
	Estabilizador	2x325W	650 – Bivolt
	Impressora	1	300 – 1/127
	Impressora	1	90 – 1/127
	Monitor	1	130 – 1/127
	Monitor	2x164W	328 – 1/127
	Monitor	1	110 – 1/127
<b>Potência instalada: 9777W</b>			

**Fonte: Autoria própria (2019)**

A sala H002 é um laboratório de máquinas térmicas: ar-condicionado, refrigeração e vapor, possuindo diversos equipamentos de uso específico. As cargas constatadas podem ser vistas na Tabela 7.

**Tabela 7: Cargas da sala H002**

Equipamento	Qtde	Potência (W) – Fases/Tensão (V)
Bomba hidráulica	1	2860 – 3/220
Demonstrador – Condicionamento de ar	1	250 – 1/220
Demonstrador – Refrigerador	1	250 – 1/220
Medição hidráulica	1	3000 – 3/220

Lâmpadas	24x40W	960 – 1/127
Computador	1	320 – 1/127
Computador	1	320 – 1/127
Estabilizador	1	195 – Bivolt
Estabilizador	1	228 – Bivolt
Estabilizador	1	195 – Bivolt
Monitor	1	88 – 1/127
Monitor	2x88W	176 – 1/127
Projeto	1	525 – 1/127
Refrigerador	1	115 – 1/127
Ventilador	2x140W	280 – 1/127
<b>Potência instalada: 9762W</b>		

**Fonte: Autoria própria (2019)**

A sala H003 é um laboratório de informática, não possuindo muitos equipamentos específicos. A sala H003 é ligada a sala de apoio H003A. As cargas obtidas são dispostas na Tabela 8.

**Tabela 8: Cargas das salas H003/H003A**

Sala	Equipamento	Qtde	Potência (W) – Fases/Tensão (V)
H003	Ar condicionado 18.000 BTU	1	1800 – 2/220
	Computador	15x400W	6000 – 1/127
	Estabilizador	6x325W	1950 – Bivolt
	Estabilizador	4x195W	780 – Bivolt
	Monitor	16x88W	1408 – 1/127
	Projeto	1	429 – 1/127
	Lâmpadas	18x40W	720 – 1/127
H003A	Furadeira de concreto	1	1900 – 1/220
	Lâmpadas	6x18W	108 – 1/127
	Ar condicionado 18.000 BTU	1	1800 – 2/220
	Chaleira elétrica	1	1200 – 1/127
	Computador	3x440W	1320 – 1/127
	Monitor	2x88W	176 – 1/127
	Monitor	1	88 – 1/127
	Ventilador	1	140 – 1/127
<b>Potência instalada: 19819W</b>			

**Fonte: Autoria própria (2019)**

A sala H004 é parte do laboratório de ensaios de materiais da sala H005. As cargas levantadas estão dispostas na Tabela 9.

**Tabela 9: Cargas da sala H004**

Equipamento	Qtde	Potência (W) – Fases/Tensão (V)
Microscópio de registro de imagem	3x30W	90 – 1/220
Lâmpadas	2x40W	80 – 1/127
Computador	2x320W	640 – 1/127
Desumidificador	1	610 – 1/127
Estabilizador	2x195W	390 – Bivolt
Monitor	1	165 – 1/127
Monitor	1	88 – 1/127
Monitor	1	77 – 1/127
<b>Potência instalada: 2140W</b>		

**Fonte: Autoria própria (2019)**

A sala H005 é um laboratório de ensaios de materiais, possuindo diversas máquinas elétricas, como pode ser visto na Tabela 10.

**Tabela 10: Cargas da sala H005**

Equipamento	Qtde	Potência (W) – Fases/Tensão (V)
Agitador de peneira	1	100 – 1/220
Ar condicionado 18.000 BTU	1	1800 – 3/220
Cortadeira metalográfica	1	1500 – 3/220
Forno tubular	1	3500 – 1/220
Lixadeira e politriz	4x184W	736 – 3/220
Máquina de ensaio de fadiga	1	360 – Bivolt
Máquina de ensaio de tração	1	500 – 3/220
Motobomba centrífuga	1	90 – 3/220
Máquina de laminação	1	4800 – 3/220
Capela de exaustão	1	224 – 1/220
Prensa de embutimento	1	500 – 1/220
Lâmpadas	20x40W	800 – 1/127
Computador	1	320 – 1/127
Monitor	1	176 – 1/127
Projeter	1	429 – 1/127
<b>Potência instalada: 15835W</b>		

**Fonte: Autoria própria (2019)**

A sala H006 é um laboratório de usinagem e está ligado as salas H006A (usinagem automatizada) e H006B (metrologia). As cargas das salas são exibidas na Tabela 11.

**Tabela 11: Cargas da sala H006/H006A/H006B**

Sala	Equipamento	Qtde	Potência (W) – Fases/Tensão (V)
H006	Esmeril	2x660W	1320 – 1/220
	Fresadora ferramenta	1	429 – 3/220
	Fresadora universal	1	1492 – 3/220
	Furadeira de bancada	1	440 – 1/220
	Furadeira de bancada	1	990 – 3/220
	Plaina	1	100 – 3/220
	Serra fita	1	1004 – 3/220
	Serra tico-tico	1	85 – 3/220
	Torno	1	11033 – 3/220
	Torno	1	715 – 3/220
	Torno	5x3678W	18390 – 3/220
	Lâmpadas	2x40W	80 – 1/127
	Lâmpadas	32x40W	1280 – 1/127
H006A	Ar condicionado 18.000 BTU	1	1800 – 2/220
	Centro didático de fresagem	1	Estragado
	Centro didático de torno	1	Estragado
	Lâmpadas	18x40W	720 – 1/127
	Projektor	1	33 – 1/127
	Projektor	1	429 – 1/127
H006B	Ar condicionado 18.000 BTU	1	1800 – 2/220
	Esmeril	1	660 – 1/220
	Centro de usinagem torno	1	16250 – 3/220
	Compressor de ar	1	3680 – 3/220
	Computador	1	440 – 1/127
	Estabilizador	2x690W	1380 – Bivolt
	Estabilizador	1	195 – Bivolt
	Monitor	1	165 – 1/127
	Lâmpadas	12x40W	480 – 1/127
<b>Potência instalada: 65390W</b>			

**Fonte: Autoria própria (2019)**

A sala H007 é um laboratório dedicado a atividades de soldagem, possuindo diversos equipamentos de uso específico e a sala H007A adjacente é uma sala de professores. A carga elétrica instalada é listada na Tabela 12.

**Tabela 12: Cargas das salas H007/H007A**

Sala	Equipamento	Qtde	Potência (W) – Fases/Tensão (V)
H007	Máquina de corte plasma	1	4500 – 1/220
	Estufa	1	480 – 1/220
	Exaustor	2x2208W	4416 – 3/220
	Exaustor	1	552 – 3/220
	Forno mufla 1 (azul)	1	1100 – 1/220
	Forno mufla 2	1	4400 – 1/220
	Forno mufla 3	1	3000 – 1/220
	Forno mufla 4 (tubular)	1	3000 – 1/220
	Motoesmeril	2x660W	1320 – 3/220
	Máquina de solda (SOLDARC)	7x26000W	182000 – 3/220
	Máquina de solda (MIG)	2x9000W	18000 – 3/220
	Máquina de solda (Balmer)	2x9200W	18400 – 1/220
	Máquina de solda (PRESOL)	1	25000 – 3/220
	Máquina de solda (TIG)	1	14000 – 1/220
	Máquina de solda (TIG)	1	7920 – 1/220
Lâmpadas	24x40W	960 – 1/127	
H007A	Ar condicionado 18.000 BTU	1	1800 – 2/220
	Computador	1	320 – 1/127
	Estabilizador	1	325 – Bivolt
	Estabilizador	1	195 – Bivolt
	Geladeira	1	790 – 1/127
	Impressora	1	60 – 1/127
	Monitor	4x77W	308 – 1/127
	Ventilador	1	147 – 1/127
	Lâmpadas	12x40W	480 – 1/127
<b>Potência instalada: 293473W</b>			

**Fonte: Autoria própria (2019)**

A sala H008 é um laboratório de máquinas de fluxo e máquinas térmicas a gás e automotivas. Ao lado da H008 encontra-se a sala H008A, uma sala de professores. As salas possuem os equipamentos dispostos na Tabela 13.

**Tabela 13: Cargas da sala H008**

Sala	Equipamento	Qtde	Potência (W) – Fases/Tensão (V)
H008	Equipamento hidráulico	2x792W	1584 – 3/220
	Furadeira de bancada	1	750 – 3/220
	Túnel de vento	1	5517 – 3/220
	Lâmpadas	30x40W	1200 – 1/127
H008A	Ar condicionado 30.000 BTU	1	3000 – 2/220
	Lâmpadas	6x40W	240 – 1/127
	Cafeteira	1	1460 – 1/127
	Chaleira elétrica	1	1250 – 1/127
	Computador	1	320 – 1/127
	Monitor	1	165 – 1/127
	Impressora	1	100 – 1/127
	Estabilizador	1	325 – Bivolt
	Ventilador	1	200 – 1/127
<b>Potência instalada: 16111W</b>			

**Fonte: Autoria própria (2019)**

A sala H009 é um laboratório de mecanismos e vibrações, composta por alguns equipamentos de uso específico. A sala H009A é uma sala de professores. A Tabela 14 exibe as cargas levantadas em ambas as salas.

**Tabela 14: Cargas das salas H009/H009A**

Sala	Equipamento	Qtde	Potência (W) – Fases/Tensão (V)
H009	Bancada de ensaio de vibrações	1	750 – 3/220
	Motor de indução	1	1100 – 3/220
	Motor de indução	1	180 – 3/220
	Computador	2x440W	880 – 1/127
	Computador	2x320W	640 – 1/127
	Estabilizador	1	325 – Bivolt
	Estabilizador	1	195 – Bivolt
	Monitor	2x165W	330 – 1/127
	Monitor	1	77 – 1/127
	Monitor	1	88 – 1/127
	Projektor	1	429 – 1/127
	Ventilador		500 – 1/127
	Lâmpadas	12x40W	480 – 1/127
H009A	Ar condicionado 18.000 BTU	1	1800 – 2/220

Computador	2x320W	640 – 1/127
Estabilizador	1	325 – Bivolt
Estabilizador	3x300W	900 – Bivolt
Monitor	1	165 – 1/127
Monitor	3x88W	264 – 1/127
Ventilador	1	140 – 1/127
Lâmpadas	4x40W	160 – 1/127
<b>Potência instalada: 10368W</b>		

**Fonte: Autoria própria (2019)**

O corredor do bloco possui apenas cargas de iluminação e tomadas de uso geral. A Tabela 15 dispõe o levantamento.

**Tabela 15: Cargas do corredor do bloco H**

Equipamento	Qtde	Potência (W) – Fases/Tensão (V)
Lâmpadas	12x40W	480 – 1/127
TUGs	7	Bivolt
<b>Potência instalada: 480W</b>		

**Fonte: Autoria própria (2019)**



3	X		O painel possui uma sub tampa para bloquear o barramento; os dispositivos de proteção são normatizados, não expondo o trabalhador a partes vivas nos momentos de manobras.
4		X	Os condutores de proteção estão em grande parte ausentes e quando presentes não estão conectados a um barramento de terra apropriado.
5		X	Não foram encontrados diagramas unifilares atualizados no quadro e no Departamento de Obras.
6		X	Todos os circuitos terminais atendem o item 5.3.4.1-a da NBR 5410. O ramal de entrada não está atendendo a equação. O cabo 10mm <sup>2</sup> no método D, isolamento PVC e três condutores carregados suporta até 61 A, estando o cabo desprotegido pelo disjuntor de 70 A. O disjuntor geral é capaz de proteger o barramento, de capacidade 100 A.
7	X		Todos os condutores de circuitos terminais e do ramal de entrada possuem isolamento do tipo PVC 750 V.
8	X		É possível seccionar todos os circuitos contabilizados assim como o interruptor geral.
9		X	O quadro não possui em sua porta advertência de perigo elétrico e orientações necessárias para realizar operações, manutenções e EPIs requeridos.
10		X	As conexões nos disjuntores são realizadas por meio de parafusos do tipo olhal, os quais podem folgar as conexões dos cabos. As pontas dos cabos estão nuas, não possuindo terminais apropriados do tipo compressão maciços ou tubulares para proteger as pontas dos cabos (NTC 917015 e NTC 917025).
11	X		Todos os componentes elétricos são acessíveis para operação e manutenção, não apresentando dificuldades para o acesso.
12		X	Ver Tabela 26.
13		X	Não são aplicados dispositivos de bloqueio durante serviços.
14		X	O painel não possui fechaduras com cadeados ou chaves para evitar acessos indevidos.
15		X	Não são instaladas advertências quando realizados serviços.

**Fonte: Autoria própria (2019)**

Na sala H002 está instalado, ao lado da porta, um quadro de força do tipo armário, alimentado pelo quadro QF-H008. As visões interna e externa podem ser observadas na Figura 24.



**Figura 24: Visão externa e interna do QF-H002**  
**Fonte: Autoria própria (2019)**

As situações observadas no quadro estão dispostas na Tabela 17.

**Tabela 17: Situação do QF-H002**

Item	S	N	Descrição
1		X	O painel possui identificação em sua porta; todos os circuitos encontrados no painel possuem identificação incompleta, dificultando o entendimento e localização do circuito; dois circuitos não estão identificados; os circuitos não utilizados (reservas) não estão identificados.
2		X	A instalação está dividida em 14 circuitos, dos quais três são circuitos reserva. O circuito 5 alimenta a sala H001 e o circuito 4 alimenta a sala H003A, ambos circuitos de tomadas 127/220 V.
3		X	O barramento está atrás da placa de montagem, evitando contatos acidentais. Os fusíveis Diazed estão montados com o parafuso central no lado da “fonte” (item 6.3.4.1.1 da NBR 5410), porém alguns dos fusíveis reservas não possuem a tampa, tendo a rosca e o contato central expostos. A chave geral NH não possui espelho para cobrir os fusíveis, tendo seus contatos totalmente expostos.
4		X	Não há condutores de proteção nem um barramento de terra apropriado no quadro para aterrar as massas e circuitos.

5		X	Não foram encontrados diagramas unifilares atualizados no quadro e no Departamento de Obras.
6		X	Todos os circuitos terminais atendem o item 5.3.4.1-a da NBR 5410. O ramal de entrada não está atendendo a equação da norma. O cabo 25mm <sup>2</sup> no método C, isolamento PVC e três condutores carregados suporta até 96 A, estando o cabo desprotegido pela chave seccionadora de 100 A. O ramal está protegido apenas pelo disjuntor de 30 A localizado no QF-H008. O barramento de 208 A está protegido pela chave fusível de 100 A e pelo disjuntor de 30 A.
7	X		Todos os condutores de circuitos terminais e do ramal de entrada possuem isolamento do tipo PVC 750 V.
8		X	É possível seccionar todos os circuitos contabilizados, porém o interruptor geral possui sua manopla danificada, sendo impossível o seccionamento seguro da chave. O desligamento só pode ser realizado pelo QF-H008.
9		X	O quadro possui em sua porta advertência de perigo elétrico, porém não há orientações necessárias para realizar operações, manutenções, EPIs requeridos ou avisos sobre a condição do interruptor geral.
10		X	As conexões nos fusíveis são realizadas diretamente nos cabos, bem como a conexão do disjuntor de 32 A. As pontas dos cabos estão nuas, não possuindo terminais apropriados do tipo compressão maciços ou tubulares para proteger as pontas dos cabos (NTC 917015 e NTC 917025).
11	X		Todos os componentes elétricos são acessíveis para operação e manutenção, não apresentando dificuldades para o acesso.
12		X	Ver Tabela 26.
13		X	Não são aplicados dispositivos de bloqueio durante serviços
14		X	O painel não possui fechaduras com cadeados ou chaves para evitar acessos indevidos.
15		X	Não são instaladas advertências quando realizados serviços.

**Fonte: Autoria própria (2019)**

Na sala H003 está instalado um painel elétrico, próximo a lousa, do tipo armário. O quadro QF-H003 é alimentado diretamente pelo “Quadro C” no bloco F. O painel é visualizado na Figura 25.



**Figura 25: Visão externa e interna do QF-H003**  
**Fonte: Autoria própria (2019)**

Os resultados da inspeção visual são apresentados na Tabela 18.

**Tabela 18: Situação do QF-H003**

Item	S	N	Descrição
1		X	O painel possui identificação em sua porta; todos os circuitos encontrados no painel possuem identificação incompleta, dificultando o entendimento e localização do circuito; seis circuitos estão sem identificação; os circuitos não utilizados (reservas) não estão identificados.
2		X	A instalação está dividida em 14 circuitos mais a alimentação do QF-H004, em que os circuitos 3 e 4 alimentam as máquinas de metalografia e metrologia da H004. Essa forma de divisão da instalação cessa a alimentação em outras áreas quando necessárias manutenções no painel. Seis dos circuitos estão sem identificação. Dois dos circuitos são destinados a reserva.
3		X	O barramento está atrás da placa de montagem, evitando contatos acidentais. Os fusíveis Diazed estão montados com o parafuso central no lado da “fonte” (item 6.3.4.1.1 da NBR 5410), porém alguns dos fusíveis reservas não possuem a tampa, tendo a rosca e o contato central expostos. A chave geral NH e alimentador NH do QF-H004 não possuem espelho para cobrir os fusíveis, tendo seus contatos totalmente expostos.
4		X	Não há condutores de proteção nem um barramento de terra apropriado no quadro para aterrar as massas e circuitos.

5		X	Não foram encontrados diagramas unifilares atualizados no quadro e no Departamento de Obras.
6		X	Todos os circuitos terminais atendem o item 5.3.4.1-a da NBR 5410. O ramal do QF-H004 também atende a equação da norma. O ramal de entrada do QF-H003 de 70mm <sup>2</sup> no método D, isolamento PVC e três condutores carregados suporta até 151 A, estando o cabo desprotegido pela chave seccionadora de 160 A e 200 A. O barramento de 250 A está protegido pela chave fusível de 200 A do quadro e está protegido pela chave de 160 A no Quadro C.
7	X		Todos os condutores de circuitos terminais e do ramal de entrada possuem isolamento do tipo PVC 750 V.
8	X		É possível seccionar todos os circuitos terminais contabilizados, inclusive o interruptor geral do QF-H003 e do QF-H004.
9		X	O quadro não possui em sua porta advertência de perigo elétrico e não há orientações necessárias para realizar operações, manutenções e EPIs requeridos.
10		X	As conexões nos parafusos dos fusíveis são realizadas diretamente nos cabos. As pontas dos cabos estão nuas, não possuindo terminais apropriados do tipo compressão maciços, tubulares, olhal ou garfo para proteger as pontas dos cabos (NTC 917015 e NTC 917025).
11	X		Todos os componentes elétricos são acessíveis para operação e manutenção, não apresentando dificuldades para o acesso.
12		X	Ver Tabela 26.
13		X	Não são aplicados dispositivos de bloqueio durante serviços.
14		X	O painel não possui fechaduras com cadeados ou chaves para evitar acessos indevidos.
15		X	Não são instaladas advertências quando realizados serviços.

**Fonte: Autoria própria (2019)**

Na sala H004 está instalado um painel de distribuição, do tipo armário. O quadro alimenta a sala H004 e H005 e alimentado pelo QF-H003. O painel é apresentado na Figura 26.



**Figura 26: Visão externa e interna do QF-H004**  
**Fonte: Autoria própria (2019)**

Os resultados da inspeção visual do QF-H004 são apresentados na **Tabela 19**.

**Tabela 19: Situação do QF-H004**

Item	S	N	Descrição
1		X	O painel possui identificação em sua porta; todos os circuitos encontrados no painel possuem identificação incompleta, dificultando o entendimento e localização do circuito; quatro circuitos não estão identificados; os circuitos não utilizados (reservas) não estão identificados.
2	X		A instalação está dividida em 19 circuitos, sendo 11 circuitos reserva. O painel alimenta apenas cargas localizadas em sua sala e na H005, não cessando alimentação em outras áreas ou serviços.
3		X	O barramento está atrás da placa de montagem, evitando contatos acidentais. Os fusíveis Diazed estão montados com o parafuso central no lado da “fonte” (item 6.3.4.1.1 da NBR 5410), porém alguns dos fusíveis reservas não possuem a tampa, tendo a rosca e o contato central expostos. A chave geral NH de 125 A não possui espelho para cobrir os fusíveis, tendo seus contatos totalmente expostos.
4		X	Não há condutores de proteção nem um barramento de terra apropriado no quadro para aterrar as massas e circuitos.

5		X	Não foram encontrados diagramas unifilares atualizados no quadro e no Departamento de Obras.
6		X	Todos os circuitos terminais atendem o item 5.3.4.1-a da NBR 5410. O ramal de entrada do QF-H004 de 35mm <sup>2</sup> no método C, isolação PVC e três condutores carregados suporta até 119 A, estando o cabo desprotegido pela chave seccionadora de 125 A no próprio painel. O barramento de 208 A está protegido pela chave fusível de 125 A do quadro e pela chave de 100 A no QF-H003.
7	X		Todos os condutores de circuitos terminais e do ramal de entrada possuem isolação do tipo PVC 750 V.
8	X		É possível seccionar todos os circuitos terminais contabilizados, inclusive o interruptor geral.
9		X	O quadro não possui em sua porta advertência de perigo elétrico e não há orientações necessárias para realizar operações, manutenções e EPIs requeridos.
10		X	As conexões nos parafusos dos fusíveis são realizadas diretamente nos cabos bem como a conexão do disjuntor de 25 A. As pontas dos cabos estão nuas, não possuindo terminais apropriados do tipo compressão maciços, tubulares, olhal ou garfo para proteger as pontas dos cabos (NTC 917015 e NTC 917025).
11	X		Todos os componentes elétricos são acessíveis para operação e manutenção, não apresentando dificuldades para o acesso.
12		X	Ver Tabela 26.
13		X	Não são aplicados dispositivos de bloqueio durante serviços.
14		X	O painel não possui fechaduras com cadeados ou chaves para evitar acessos indevidos.
15		X	Não são instaladas advertências quando realizados serviços.

**Fonte: Autoria própria (2019)**

Na sala H006 está instalado um painel de distribuição do tipo armário composto por dois módulos: H006A e H006B. O quadro H006B é alimentado pelo Quadro C e o quadro QF-H006A é alimentado pelo QF-H006B. Ambos os painéis são exibidos na Figura 27.



**Figura 27: Visões externa e interna do QF-H006B (esquerda) e QF-H006A (direita)**  
**Fonte: Autoria própria (2019)**

Os resultados da inspeção visual dos painéis QF-H006A e QF-H006B são apresentados na Tabela 20 e Tabela 21, respectivamente.

**Tabela 20: Situação do QF-H006A**

Item	S	N	Descrição
1		X	O painel possui identificação incorreta em sua porta QF-H005A; todos os circuitos encontrados no painel possuem identificação incompleta, dificultando o entendimento e localização do circuito; sete circuitos não estão identificados; os circuitos não utilizados (reservas) não estão identificados.
2	X		A instalação está dividida em 22 circuitos, sendo 5 circuitos reserva. O painel alimenta os tornos instalados na H006 e os equipamentos eletrônicos na H006A.
3		X	O barramento está atrás da placa de montagem, evitando contatos acidentais. Os fusíveis Diazed estão montados com o parafuso central no lado da “fonte” (item 6.3.4.1.1 da NBR 5410), porém alguns dos fusíveis reservas não possuem a tampa,

			tendo a rosca e o contato central expostos. A chave geral NH de 160 A não possui espelho para cobrir os fusíveis, tendo seus contatos totalmente expostos.
4		X	Não há condutores de proteção nem um barramento de terra apropriado no quadro para aterrar as massas e circuitos.
5		X	Não foram encontrados diagramas unifilares atualizados no quadro e no Departamento de Obras.
6		X	Os circuitos terminais 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 não atendem o item 5.3.4.1-a da NBR 5410. O cabo 2,5mm <sup>2</sup> no método C, isolamento PVC e três condutores carregados conduz até 24 A. Os fusíveis não estão protegendo os cabos. O ramal de entrada de 10mm <sup>2</sup> no método B1 (ao ar livre), isolamento PVC e três condutores carregados suporta até 50 A. O ramal está desprotegido pela chave seccionadora de 160 A e o disjuntor de 70 A. O barramento de 250 A está protegido pela chave fusível de 160 A e pelo disjuntor de 70 A.
7	X		Todos os condutores de circuitos terminais e do ramal de entrada possuem isolamento do tipo PVC 750 V.
8		X	É possível seccionar todos os circuitos terminais contabilizados, porém a manopla do interruptor geral está severamente danificada, não sendo possível seccioná-lo.
9		X	O quadro possui em sua porta advertência de perigo elétrico, mas não há orientações necessárias para realizar operações, manutenções, EPIs requeridos e avisos sobre a condição do interruptor geral.
10		X	As conexões nos parafusos dos fusíveis são realizadas diretamente nos cabos, bem como dos disjuntores reservas. As pontas dos cabos estão nuas, não possuindo terminais apropriados do tipo olhal ou garfo para os fusíveis e compressão para os disjuntores para proteger as pontas dos cabos (NTC 917015 e NTC 917025).
11	X		Todos os componentes elétricos são acessíveis para operação e manutenção, não apresentando dificuldades para o acesso.
12		X	Ver Tabela 26.
13		X	Não são aplicados dispositivos de bloqueio durante serviços.
14		X	O painel não possui fechaduras com cadeados ou chaves para evitar acessos indevidos.
15		X	Não são instaladas advertências quando realizados serviços.

Fonte: Autoria própria (2019)

**Tabela 21: Situação do QF-H006B**

Item	S	N	Descrição
1		X	O painel possui identificação incorreta em sua porta QF-H005B; todos os circuitos encontrados no painel possuem identificação incompleta, dificultando o

			entendimento e localização do circuito; oito circuitos não estão identificados; os circuitos não utilizados (reservas) não estão identificados.
2	X		A instalação está dividida em 16 circuitos, sendo três circuitos reserva. O painel alimenta apenas cargas localizadas na H006B, não cessando alimentação em outras áreas ou serviços do bloco.
3		X	O barramento está atrás da placa de montagem, evitando contatos acidentais. Os fusíveis Diazed estão montados com o parafuso central no lado da “fonte” (item 6.3.4.1.1 da NBR 5410), porém alguns dos fusíveis reservas não possuem a tampa, tendo a rosca e o contato central expostos. A chave geral NH de 200 A não possui espelho para cobrir os fusíveis, tendo seus contatos totalmente expostos.
4		X	Nove circuitos possuem o condutor de proteção, porém estão todos conectados em uma massa de solda de estanho improvisada. A NBR 5410 permite a utilização de solda para certas conexões com algumas restrições: não devem ser utilizadas solda de estanho (nota 3 do item 6.4.1.2.3); as soldas devem garantir a resistência a solicitações mecânicas (nota do item 6.2.8.2).
5		X	Não foram encontrados diagramas unifilares atualizados no quadro e no Departamento de Obras.
6		X	Apenas o circuito 8 não atende o item 5.3.4.1-a da NBR 5410. O cabo 10mm <sup>2</sup> , no método C, isolamento PVC e três condutores carregados conduz até 57 A. O fusível de 63 A não está protegendo o cabo. O ramal de entrada do QF-H006B de 70mm <sup>2</sup> no método D, isolamento PVC e três condutores carregados suporta até 151 A, estando o cabo desprotegido pela chave seccionadora de 200 A no próprio painel e de 160 A no Quadro C. O barramento de 250 A está protegido pela chave fusível de 200 A do quadro e pela chave de 160 A no Quadro C.
7	X		Todos os condutores de circuitos terminais e do ramal de entrada possuem isolamento do tipo PVC 750 V.
8		X	É possível seccionar todos os circuitos terminais contabilizados, porém o interruptor geral possui sua manopla danificada, não sendo possível desligar completamente o quadro.
9		X	O quadro possui em sua porta advertência de perigo elétrico e não há orientações necessárias para realizar operações, manutenções, EPIs requeridos e avisos sobre a condição do interruptor geral.
10		X	As conexões nos parafusos dos fusíveis são realizadas diretamente nos cabos bem como a conexão dos disjuntores. As pontas dos cabos estão nuas, não possuindo terminais apropriados do tipo compressão maciços, tubulares para os disjuntores e olhal ou garfo para os fusíveis para proteger as pontas dos cabos (NTC 917015 e NTC 917025).
11	X		Todos os componentes elétricos são acessíveis para operação e manutenção, não apresentando dificuldades para o acesso.
12		X	Ver Tabela 26.

13		X	Não são aplicados dispositivos de bloqueio durante serviços.
14		X	O painel não possui fechaduras com cadeados ou chaves para evitar acessos indevidos.
15		X	Não são instaladas advertências quando realizados serviços.

Fonte: Autoria própria (2019)

No laboratório H007 está um painel de distribuição do tipo armário. Esse quadro é alimentado pelo Quadro C. O painel pode ser visualizado na Figura 28.



Figura 28: Visão externa e interna do QF-H007

Fonte: Autoria própria (2019)

A Tabela 22 mostra os resultados obtidos da inspeção do QF-H007.

Tabela 22: Situação do QF-H007

Item	S	N	Descrição
1		X	O painel possui identificação em sua porta; poucos circuitos encontrados no painel possuem identificação incompleta; cinco circuitos não estão identificados; os circuitos não utilizados (reservas) não estão identificados.

2	X		A instalação está dividida em 26 circuitos, sendo dois circuitos reserva. O painel alimenta apenas cargas localizadas na H007 e H007A, não cessando alimentação em outras áreas ou serviços do bloco.
3		X	O barramento está atrás da placa de montagem, evitando contatos acidentais. Os fusíveis Diazed estão montados com o parafuso central no lado da “fonte” (item 6.3.4.1.1 da NBR 5410). A chave geral NH de 200 A não possui espelho para cobrir os fusíveis, tendo seus contatos totalmente expostos.
4		X	Quinze circuitos possuem o condutor de proteção, conectados em uma barra de terra de mesma seção do barramento de fase.
5		X	Não foram encontrados diagramas unifilares atualizados no quadro e no Departamento de Obras.
6		X	Os circuitos 2, 3, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 24 não atendem o item 5.3.4.1-a da NBR 5410. O ramal de entrada do QF-H007 de 70mm <sup>2</sup> no método D, isolamento PVC e três condutores carregados suporta até 151 A, estando o cabo desprotegido pela chave seccionadora de 200 A no próprio painel e protegido pela chave 100/125 A no Quadro C. O barramento de 250 A está protegido pela chave fusível de 200 A do quadro e pela chave de 100/125 A no Quadro C.
7	X		Todos os condutores de circuitos terminais e do ramal de entrada possuem isolamento do tipo PVC 750 V.
8		X	Não é possível seccionar de forma segura os fusíveis dos exaustores. A chave NH reserva não possui manopla para desligamento. Os outros circuitos e o interruptor geral podem ser seccionados normalmente.
9		X	O quadro possui em sua porta advertência de perigo elétrico e não há orientações necessárias para realizar operações, manutenções e EPIs requeridos.
10		X	As conexões nos parafusos dos fusíveis são realizadas diretamente nos cabos bem como a conexão dos disjuntores. As pontas dos cabos estão nuas, não possuindo terminais apropriados do tipo compressão maciços, tubulares para os disjuntores e olhal ou garfo para os fusíveis para proteger as pontas dos cabos (NTC 917015 e NTC 917025).
11	X		Todos os componentes elétricos são acessíveis para operação e manutenção, não apresentando dificuldades para o acesso.
12		X	Ver Tabela 26.
13		X	Não são aplicados dispositivos de bloqueio durante serviços.
14		X	O painel não possui fechaduras com cadeados ou chaves para evitar acessos indevidos.
15		X	Não são instaladas advertências quando realizados serviços.

**Fonte: Autoria própria (2019)**

A sala H007 possui um quadro termoplástico com dois disjuntores para uma máquina de corte plasma e uma máquina de solda. O quadro é exibido na Figura 29.



**Figura 29: QF não identificado H007**  
**Fonte: Autoria própria (2019)**

Os resultados da inspeção são apresentados na Tabela 23.

**Tabela 23: Situação do QF não identificado na H007**

Item	S	N	Descrição
1		X	O painel não possui identificação; ambos os circuitos estão identificados.
2		X	A instalação está dividida em 2 circuitos. O painel alimenta apenas cargas localizadas na H007, não cessando alimentação em outras áreas ou serviços do bloco. Porém o quadro não possui disjuntor geral. O disjuntor geral é apenas dispensável em arranjos com distâncias inferiores a 3m de comprimento (item 5.3.5.2.2-a da NBR 5410) e o quadro esteja protegido por um dispositivo a montante (item 5.3.5.2.2-b). A proteção a montante não foi localizada e a distância entre os quadros é de 11,6m.
3	X		O quadro possui apenas uma abertura para o seccionamento dos dois circuitos.
4	X		Ambos os circuitos possuem condutor de aterramento.
5		X	Não foram encontrados diagramas unifilares atualizados no quadro e no Departamento de Obras.
6		X	Ambos os circuitos não atendem o item 5.3.4.1-a da NBR 5410. O ramal de entrada não possui proteção geral e o quadro não possui um barramento.
7	X		Todos os condutores de circuitos terminais e do ramal de entrada possuem isolamento do tipo PVC 750 V.
8		X	É possível seccionar todos os circuitos terminais contabilizados, porém não há disjuntor geral para desligar o quadro no QF-H007 e no próprio quadro.

9	X	O quadro não possui em sua tampa advertência de perigo elétrico e não há orientações necessárias para realizar operações, manutenções e EPIs requeridos.
10	X	As conexões são realizadas diretamente nos cabos. As pontas dos cabos estão nuas, não possuindo terminais apropriados do tipo compressão maciços ou tubulares para os disjuntores para proteger as pontas dos cabos (NTC 917015 e NTC 917025).
11	X	Todos os componentes elétricos são acessíveis para operação e manutenção, não apresentando dificuldades para o acesso.
12	X	Ver Tabela 26.
13	X	Não são aplicados dispositivos de bloqueio durante serviços.
14	X	O painel não possui fechaduras com cadeados ou chaves para evitar acessos indevidos.
15	X	Não são instaladas advertências quando realizados serviços.

**Fonte: Autoria própria (2019)**

Na sala H008 está instalado um quadro de distribuição do tipo armário, denominado de QF-H008. Ele alimenta o laboratório H008 e a sala de professores H008A. O painel, alimentado pelo Quadro C, é apresentado na Figura 30.



**Figura 30: Visão externa e interna do QF-H008**

**Fonte: Autoria própria (2019)**

Os resultados da inspeção visual são apresentados na Tabela 24.

**Tabela 24: Situação do QF-H008**

Item	S	N	Descrição
1		X	O painel possui identificação em sua porta; dois circuitos não possuem identificação; os circuitos reservas não possuem identificação.
2	X		A instalação está dividida em 16 circuitos mais a alimentação do QF-H002. O painel alimenta apenas cargas localizadas na H008 e H008A, não cessando alimentação em outras áreas ou serviços do bloco.
3		X	O barramento está atrás da placa de montagem, evitando contatos acidentais. Os fusíveis Diazed estão montados com o parafuso central no lado da “fonte” (item 6.3.4.1.1 da NBR 5410). A chave geral NH de 125 A não possui espelho para cobrir os fusíveis, tendo seus contatos totalmente expostos.
4		X	O quadro possui um barramento de terra de mesma seção do barramento de fases. Apenas três circuitos possuem condutor de aterramento.
5		X	Não foram encontrados diagramas unifilares atualizados no quadro e no Departamento de Obras.
6		X	Todos os circuitos terminais atendem o item 5.3.4.1-a da NBR 5410. O ramal de entrada de 70mm <sup>2</sup> está protegido pela chave NH de 125 A no painel, mas não pela chave NH de 160 A no Quadro C. O barramento de 208 A está protegido pela chave de 125 A no próprio painel e pela chave de 160 A no Quadro C.
7	X		Todos os condutores de circuitos terminais e do ramal de entrada possuem isolamento do tipo PVC 750 V.
8	X		É possível seccionar todos os circuitos terminais contabilizados, bem como o interruptor geral.
9		X	O quadro possui em sua porta advertência de perigo elétrico e não há orientações necessárias para realizar operações, manutenções e EPIs requeridos.
10		X	As conexões são realizadas diretamente nos cabos. As pontas dos cabos estão nuas, não possuindo terminais apropriados do tipo compressão maciços ou tubulares para os disjuntores e olhal/garfo para os fusíveis para proteger as pontas dos cabos (NTC 917015 e NTC 917025).
11	X		Todos os componentes elétricos são acessíveis para operação e manutenção, não apresentando dificuldades para o acesso.
12		X	Ver Tabela 26.
13		X	Não são aplicados dispositivos de bloqueio durante serviços.
14		X	O painel não possui fechaduras com cadeados ou chaves para evitar acessos indevidos.
15		X	Não são instaladas advertências quando realizados serviços.

**Fonte: Autoria própria (2019)**

Na sala H009 está um quadro de distribuição do tipo armário. O quadro alimenta as cargas da sala H009 e H009A e é alimentado pelo Quadro C. O painel é apresentado na Figura 31.



**Figura 31: Visão externa e interna do QF-H009**

Fonte: Autoria própria (2019)

Os resultados da inspeção visual são apresentados na Tabela 25.

**Tabela 25: Situação do QF-H009**

Item	S	N	Descrição
1		X	O painel possui identificação em sua porta; dois circuitos não possuem identificação; os circuitos reservas não possuem identificação.
2	X		A instalação está dividida em 17 circuitos. O painel alimenta apenas cargas localizadas na H008 e H008A, não cessando alimentação em outras áreas ou serviços do bloco.
3		X	O barramento está atrás da placa de montagem, evitando contatos acidentais. Os fusíveis Diazed estão montados com o parafuso central no lado da “fonte” (item 6.3.4.1.1 da NBR 5410). A chave geral NH de 125 A não possui espelho para cobrir os fusíveis, tendo seus contatos totalmente expostos.

4		X	O quadro possui um barramento de terra de mesma seção do barramento de fases. Apenas três circuitos possuem condutor de aterramento.
5		X	Não foram encontrados diagramas unifilares atualizados no quadro e no Departamento de Obras.
6		X	Todos os circuitos terminais atendem o item 5.3.4.1-a da NBR 5410. O ramal de entrada de 70mm <sup>2</sup> está protegido pela chave NH de 125 A no painel, mas não pela chave NH de 160 A no Quadro C. O barramento de 208 A está protegido pela chave de 125 A no próprio painel e pela chave de 160 A no Quadro C.
7	X		Todos os condutores de circuitos terminais e do ramal de entrada possuem isolação do tipo PVC 750 V.
8	X		É possível seccionar todos os circuitos terminais contabilizados, bem como o interruptor geral.
9		X	O quadro possui em sua porta advertência de perigo elétrico e não há orientações necessárias para realizar operações, manutenções e EPIs requeridos.
10		X	As conexões são realizadas diretamente nos cabos. As pontas dos cabos estão nuas, não possuindo terminais apropriados do tipo compressão maciços ou tubulares para os disjuntores e olhal/garfo para os fusíveis para proteger as pontas dos cabos (NTC 917015 e NTC 917025).
11	X		Todos os componentes elétricos são acessíveis para operação e manutenção, não apresentando dificuldades para o acesso.
12		X	Ver Tabela 26.
13		X	Não são aplicados dispositivos de bloqueio durante serviços.
14		X	O painel não possui fechaduras com cadeados ou chaves para evitar acessos indevidos.
15		X	Não são instaladas advertências quando realizados serviços.

**Fonte: Autoria própria (2019)**

## APÊNDICE C – INFLUÊNCIAS EXTERNAS NO BLOCO H

A Tabela 26 mostra quais características a instalação elétrica deve possuir para as influências externas contempladas pela NBR 5410.

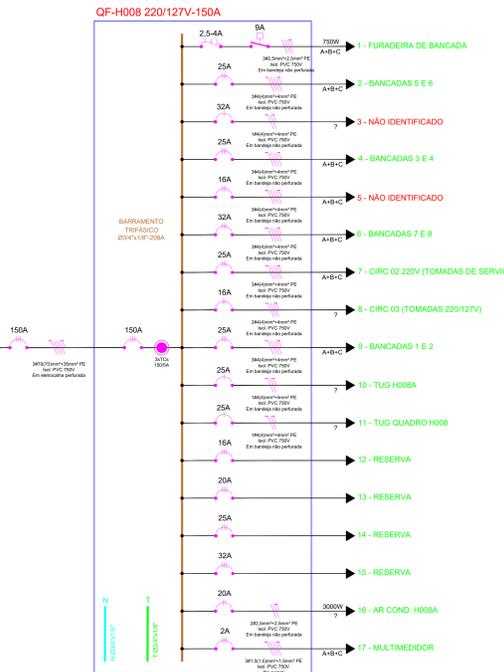
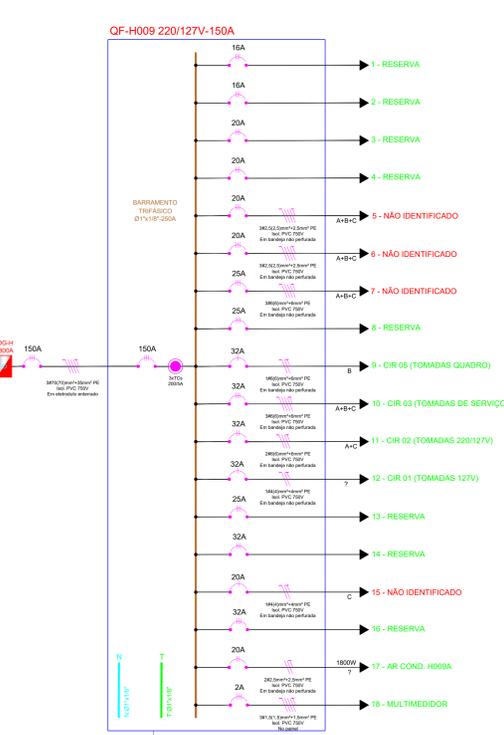
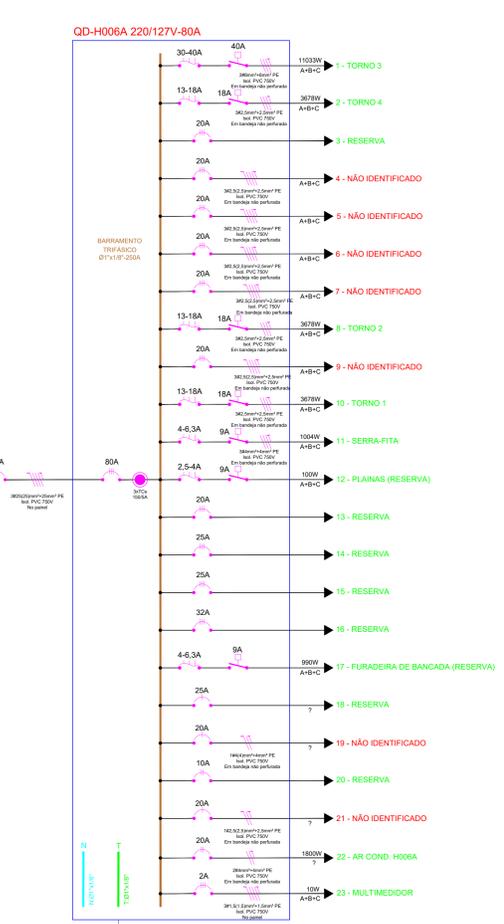
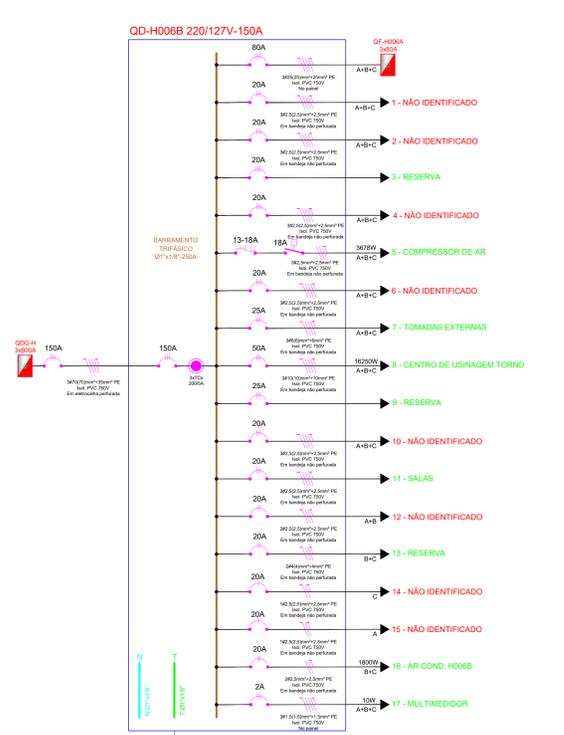
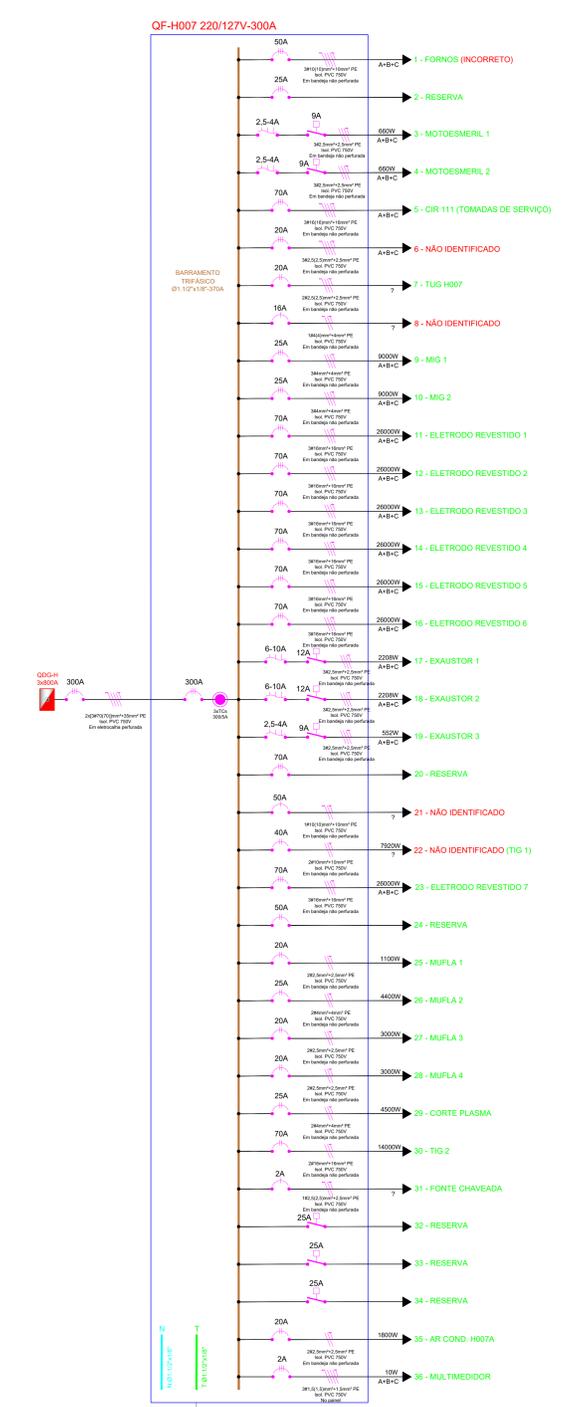
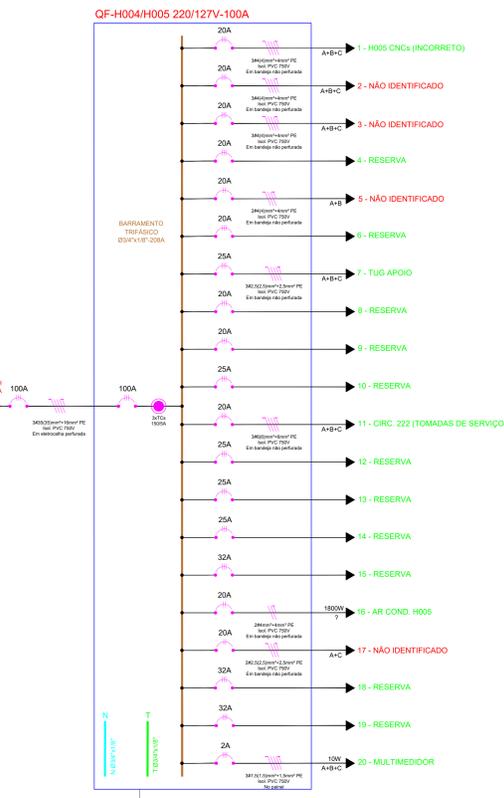
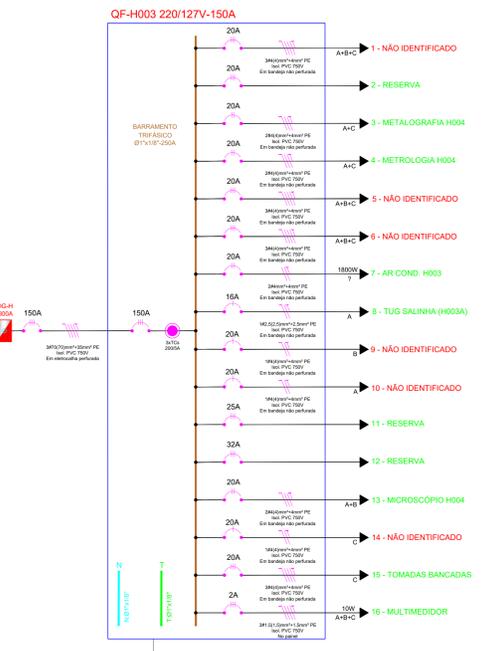
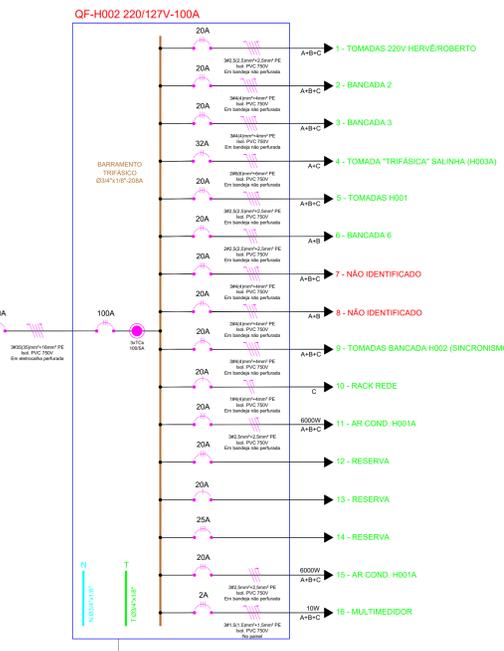
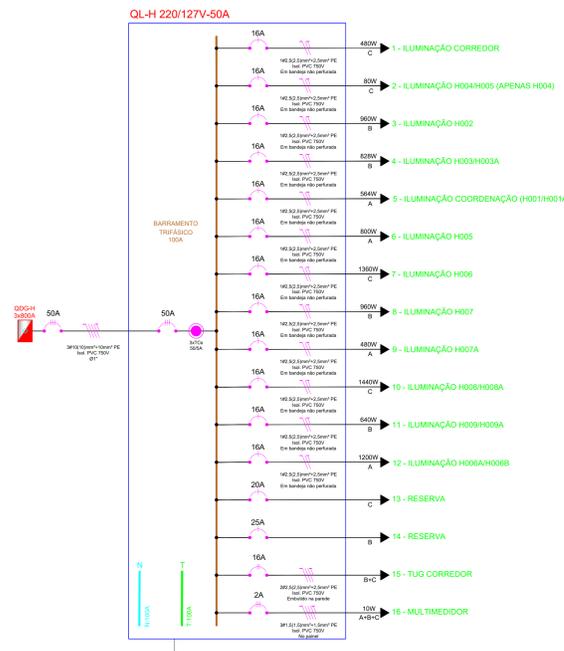
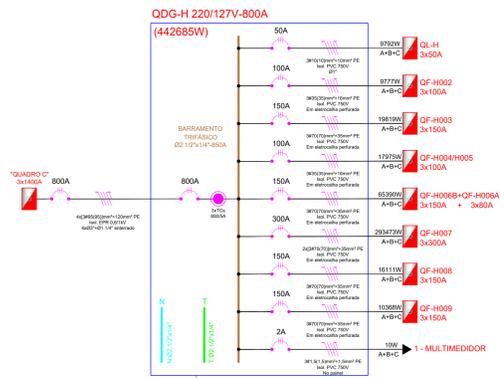
**Tabela 26: Influências externas no bloco H**

Influência externa	Código	Característica exigida
Temperatura ambiente	AA5	Normal
Condição climática	AB4/AB5	Normal
Altitude	AC1	Normal
Presença de água	AD1	IPX0
Presença de corpos sólidos	AE1	IP0X
Presença de substâncias corrosivas	AF1	Normal
Choques mecânicos	AG1	Normal
Vibrações	AH1	Normal
Presença de flora/mofo	AK1	Normal
Presença de fauna	AL1	Normal
Harmônicas	AM1-X	Requer estudo aprofundado
Tensões de sinalização	AM2-X	Requer estudo aprofundado
Variações de tensão	AM3-X	Requer estudo aprofundado
Desequilíbrio de tensão	AM4	Requer estudo aprofundado. Ver IEC 61000-2-2
Variações de frequência	AM5	Requer estudo aprofundado. Ver IEC 61000-2-2
Tensões induzidas de baixa frequência	AM6	Requer estudo aprofundado
Componentes contínuas em redes CA	AM7	Não aplicado (não há retificadores de potência na instituição)
Campos magnéticos radiados	AM8-1	Normal (a distância horizontal mínima entre edificações e condutores de média tensão recomendada pela NBR 14039 é de 80cm + 70% da flecha para condutores aéreos. A distância entre os condutores do Transformador 1 e a parede externa do bloco H é de 4m)
Campos elétricos	AM9-X	Idem ao item anterior
Tensões ou correntes induzidas oscilantes	AM21	Ver IEC 61000-4-6

Transitórios unidirecionais conduzidos, na faixa do nano segundo	AM22-X	Requer estudo aprofundado
Transitórios unidirecionais conduzidos, na faixa do micro ao mili segundo	AM23-X	Requer estudo aprofundado
Transitórios oscilantes conduzidos	AM24-X	Requer estudo aprofundado
Fenômenos radiados de alta frequência	AM25-1	Desprezível (não há estações de TV/rádio e transceptores nas proximidades)
Descargas eletrostáticas	AM31-1	De acordo com a confiabilidade requerida. Ver IEC 61000-4-2. Não há carpetes ou outros elementos que possam causar descargas estáticas pelas pessoas caminhando
Radiações ionizantes	AM41-1	Não aplicado
Radiação solar	AN1	Desprezível
Descargas atmosféricas	AQ3	Requer SPDA
Movimentação do ar	AR1	Normal
Vento	AS1	Normal
Competência das pessoas	BA3	Requer medidas apropriadas conforme NBR 5410 e NR-10.
Resistência do corpo humano	BB2	Normal
Contatos das pessoas com o potencial de terra	BC2	Componentes classe I, II e III. Ver IEC 61140
Fuga das pessoas em emergências	BDX	Requer estudo aprofundado (densidade de população, rotas de fuga e NPTs)
Natureza dos materiais	BE1	Desprezível
Materiais de construção	CA1	Não-combustíveis
Estrutura das edificações	CB1	Normal

**Fonte: Autoria própria (2019)**





SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO TRIFÁSICO 13200-220/127V PRIMÁRIO EM TRIÂNGULO E SECUNDÁRIO EM ESTRELA ATERRADA
	CONDUTORES DE NEUTRO, FASE E TERRA
	DISJUNTOR MONOPOLAR PADRÃO DIN
	DISJUNTOR BIPOLAR PADRÃO DIN
	DISJUNTOR TRIPOLAR PADRÃO DIN
	DISJUNTOR MONOPOLAR PADRÃO NEMA
	DISJUNTOR BIPOLAR PADRÃO NEMA
	DISJUNTOR TRIPOLAR PADRÃO NEMA
	CHAVE SECCIONADORA ROTATIVA DE DOIS POLOS E PROLONGADOR EQUIPADA COM UM FUSEL DIAZED DE EFEITO RETARDADO - TIPO gL/gg
	CHAVE SECCIONADORA ROTATIVA DE DOIS POLOS E PROLONGADOR EQUIPADA COM DOIS FUSEIS DIAZED DE EFEITO RETARDADO - TIPO gL/gg
	CHAVE SECCIONADORA ROTATIVA DE DOIS POLOS E PROLONGADOR EQUIPADA COM TRÊS FUSEIS DIAZED DE EFEITO RETARDADO - TIPO gL/gg
	CONTADOR TRIPOLAR
	RELÉ TÉRMICO
	DISJUNTOR MOTOR
	CHAVE SECCIONADORA TRIPOLAR DE BAIXA TENSÃO COM ABERTURA SOB CARGA EQUIPADA COM FUSEIS NH - TIPO gL/gg
	TRANSFORMADOR DE CORRENTE TIPO JANELA
	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO EM CHAPA DE AÇO CARBONO
	BARRAMENTO DE COBRE
	CIRCUITOS QUE SOBEM, DESCEM E PASSAM
	ELETROCALHA PERFORADA EM CHAPA DE AÇO CARBONO

## ANEXO A – CATÁLOGOS DA SCHNEIDER ELECTRIC

Para o dimensionamento dos disjuntores-motores do projeto foram seguidas as informações da Figura 32 e Figura 33.

### Manobra e proteção de motores



GV2-ME

Fixação trilho DIN - 35 mm  
ou parafusos

#### Acionamento por tecla

#### GV2-ME

Regulagem Disparador TH (A)	Icu <sup>(1)</sup> (kA)	Potência (CV) 220 V	Potência (CV) 380 V	Potência (CV) 440 V	Referências
0,1...0,16	100	-	-	-	GV2ME01
0,16...0,25	100	-	-	-	GV2ME02
0,25...0,40	100	-	-	-	GV2ME03
0,40...0,63	100	-	0,16	0,16	GV2ME04
0,63...1,0	100	0,16	0,25/0,33	0,25/0,33	GV2ME05
1,0...1,6	100	0,25	0,5	0,5/0,75	GV2ME06
1,6...2,5	100	0,33/0,5	0,75/1	1/1,5	GV2ME07
2,5...4,0	100	0,75/1	1,5	2	GV2ME08
4,0...6,3	100	1,5	2/3	3	GV2ME10
6,0...10,0	100	2/3	4/5	4/5/6	GV2ME14
9,0...14,0	15	4	6/7,5	7,5	GV2ME16
13,0...18,0	15	5/6	10	10/12,5	GV2ME20
17,0...23,0	15	7,5	12,5	15	GV2ME21
20,0...25,0	15	-	15	-	GV2ME22
24,0...32,0	10	10	20	20	GV2ME32

Figura 32: Lista de disjuntores-motores até 32 A  
Fonte: Schneider Electric (2009)

## Disjuntores-motores

### GV3-P e GV3-ME Manobra e proteção de motores



GV3-P

Fixação trilho DIN - 35 mm  
ou parafusos

#### Acionamento por tecla

#### GV3-P

Regulagem Disparador TH (A)	Icu <sup>(1)</sup> (kA)	Potência (CV) 220 V	Potência (CV) 380 V	Potência (CV) 440 V	Referências
9...13	100	4	6/7,5	7,5	<b>GV3P13</b>
12...18	100	5/6	10	10/12,5	<b>GV3P18</b>
17...25	100	7,5	12,5/15	15	<b>GV3P25</b>
23...32	100	10	20	20	<b>GV3P32</b>
30...40	50	12,5/15	25	25/30	<b>GV3P40</b>
37...50	50	-	30	-	<b>GV3P50</b>
48...65	50	20	40	40/50	<b>GV3P65</b>

**Figura 33: Lista de disjuntores-motores até 65 A**  
**Fonte: Schneider Electric (2019)**

Para dimensionar os contadores de potência com bobina de comando em extra baixa tensão foram utilizados os dados da Figura 34.

## 12 Contatores TeSys modelo D

Para controle de motores e circuitos de distribuição



Fixação perfil DIN - 35 mm ou parafusos.  
 Contatos auxiliares autolimpantes, 1 NA + 1 NF.  
 Tampa de segurança.  
 Circuito de controle: corrente alternada, corrente contínua e corrente contínua de baixo consumo.

LC1-D.....

### Contatores tripolares

Corrente AC3	AC1	Potência (CV)			Contatos Auxiliares	Referências
		220 V	380 V	440 V		
09	25	3	5	6	1NA + 1NF	LC1D09**
12	25	4	6/7,5	7,5	1NA + 1NF	LC1D12**
18	32	5/6	10	10/12,5	1NA + 1NF	LC1D18**
25	40	7,5	12,5/15	15	1NA + 1NF	LC1D25**
32	50	10	20	20	1NA + 1NF	LC1D32**
38	50	12,5	25	25	1NA + 1NF	LC1D38**
40	60	15	-	30	1NA + 1NF	LC1D40A**
50	80	20	30	40	1NA + 1NF	LC1D50A**
65	80	25	40	50	1NA + 1NF	LC1D65A**
80	125	30	50	60	1NA + 1NF	LC1D80**
95	125	-	60	75	1NA + 1NF	LC1D95**
115	200	40	75	-	1NA + 1NF	LC1D1156**
150	200	50/60	100	100	1NA + 1NF	LC1D1506**

Nota: Substituir os asteriscos pela bobina desejada.

#### LC1-D09...D95 (bobina D09...38 com antiparasita de fábrica) Vcc

Vcc	12	24	48	72	110	125	220	250	440
	JD	BD	ED	SD	FD	GD	MD	UD	RD

#### LC1-D115 e D150 (bobinas com antiparasitas de fábrica, 0,75...1,2 Uc)

Vcc	24	48	72	110	125	220	250	440
	BD	ED	SD	FD	GD	MD	UD	RD

#### LC1-D09...D38 (bobinas com antiparasitas de fábrica, 0,7...1,25 Uc)

Vcc	5	24	48	72
baixo consumo	AL	BL	EL	SL

**Figura 34: Lista de contatores de potência**  
 Fonte: Schneider Electric (2009)

Para a seleção dos transformadores de corrente dos painéis foi utilizado o catálogo da Schneider Electric, disposto na Figura 35.

<b>METSECT5CC004</b>	CC 40 A	
<b>METSECT5CC005</b>	CC 50 A	
<b>METSECT5CC006</b>	CC 60 A	
<b>METSECT5CC008</b>	CC 75 A	
<b>METSECT5CC010</b>	CC 100 A	
<b>METSECT5CC013</b>	CC 125 A	
<b>METSECT5CC015</b>	CC 150 A	
<b>METSECT5CC020</b>	CC 200 A	
<b>METSECT5CC025</b>	CC 250 A	
<b>METSECT5MB025</b>	MB 250 A	
<b>METSECT5MB030</b>	MB 300 A	
<b>METSECT5MB040</b>	MB 400 A	
<b>METSECT5MA015</b>	MA 150 A	
<b>METSECT5MA020</b>	MA 200 A	
<b>METSECT5MA025</b>	MA 250 A	
<b>METSECT5MA030</b>	MA 300 A	
<b>METSECT5MA040</b>	MA 400 A	
<b>METSECT5MC025</b>	MC 250 A	
<b>METSECT5MC030</b>	MC 300 A	
<b>METSECT5MC040</b>	MC 400 A	
<b>METSECT5MC050</b>	MC 500 A	
<b>METSECT5MC060</b>	MC 600 A	
<b>METSECT5MC080</b>	MC 800 A	
<b>METSECT5MD050</b>	MD 500 A	
<b>METSECT5MD060</b>	MD 600 A	
<b>METSECT5MD080</b>	MD 800 A	

**Figura 35: Lista de transformadores de corrente**  
**Fonte: Schneider Electric (2019)**

Para determinar a capacidade de interrupção de curto-circuito e o modelo dos disjuntores dos quadros foi utilizada a Figura 36.

Select your circuit breakers and switch-disconnectors

www.se.com

Characteristics and performance  
ComPact NSX circuit breakers from 100 to 250 A up to 690 V



ComPact NSX100/150/250.



ComPact NSX250 R.



Common characteristics		
Rated voltages	Insulation voltage (V) Ui	800
	Insulation voltage for ELCB <sup>1)</sup> Ui	500
	Impulse withstand voltage (kV) Uimp	8
	Operational voltage (V) Ue	AC 50/60 Hz 690
	Operation voltage for ELCB <sup>1)</sup> Ue	AC 50/60 Hz 440
Suitability for isolation	IEC/EN 60947-2	yes
Utilisation category		A
Pollution degree	IEC 60664-1	3

Circuit breakers		
Breaking capacity levels		
Electrical characteristics as per IEC/EN 60947-2		
Rated current (A)	In	40 °C
Number of poles		
Breaking capacity (kA rms)		
Icu	AC 50/60 Hz	220/240 V
		380/415 V
		440 V
		500 V
		625 V
		660/690 V
Service breaking capacity (kA rms)		
Ics	AC 50/60 Hz	220/240 V
		380/415 V
		440 V
		500 V
		625 V
		660/690 V
Durability (C-O cycles)		
	Mechanical	
	Electrical	440 V In/2
		690 V In/2
		In
Characteristics as per UL 508		
Breaking capacity (kA rms)	AC 50/60 Hz	240 V
		480 V
		600 V
Protection and measurements		
Short-circuit protection	Magnetic only	
Overload / short-circuit protection	Thermal magnetic	
	Electronic	
		with neutral protection (DR0.5-1-OSN) <sup>1)</sup>
		with ground-fault protection
		with zone selective interlocking (ZSI) <sup>2)</sup>
Display / I, U, I, P, E, THD measurements / interrupted-current measurement		
Options	Power Meter display on door	
	Characteristics assistance	

Select your circuit breakers and switch-disconnectors

www.se.com

Characteristics and performance  
ComPact NSX circuit breakers from 100 to 250 A up to 690 V

Common characteristics		
Control	Manual	With toggle
		With direct or extended rotary handle
		With remote control
Versions	Fixed	
	Withdrawable	Plug-in base
		Chassis

NSX100			NSX160 <sup>1)</sup>			NSX250											
B	F	N H S L	R	HB1	HB2	B	F	N H S L	R	HB1	HB2						
100			100			160			250								
2 <sup>2)</sup> , 3, 4			3, 4			2 <sup>2)</sup> , 3, 4			2 <sup>2)</sup> , 3, 4		3, 4						
40	85	90	100	120	150	200	-	-	40	85	90	100	120	150	200	-	-
25	35	50	70	100	150	200	-	-	25	35	50	70	100	150	200	-	-
20	35	50	65	90	130	200	-	-	20	35	50	65	90	130	200	-	-
15	25	35	50	65	70	80	85	100	15	30	35	50	65	70	80	85	100
-	22	35	35	40	50	65	80	100	-	22	35	35	40	50	65	80	100
-	8	10	10	15	20	45	75	100	-	8	10	10	15	20	45	75	100
40	85	90	100	120	150	200	-	-	40	85	90	100	120	150	200	-	-
25	35	50	70	100	150	200	-	-	25	35	50	70	100	150	200	-	-
20	35	50	65	90	130	200	-	-	20	35	50	65	90	130	200	-	-
15	25	35	50	65	70	80	85	100	15	30	35	50	65	70	80	85	100
-	11	35	35	40	50	65	80	100	-	22	35	35	40	50	65	80	100
-	8	10	10	15	20	45	75	100	-	8	10	10	15	20	45	75	100
50000						20000			40000			20000					
50000						20000			40000			20000					
30000						10000			20000			10000					
20000						10000			15000			10000					
10000						5000			7500			5000					
-	85	85	85	-	-	-	-	-	-	85	85	85	-	-	-	-	-
-	25	50	65	-	-	-	-	-	-	35	50	65	-	-	-	-	-
-	10	10	10	-	-	-	-	-	-	15	15	15	-	-	-	-	-

Figura 36: Capacidade de interrupção dos disjuntores  
Fonte: Schneider Electric (2019)

## ANEXO B – DIMENSÕES DE ELETROCALHAS LEGRAND

Para a escolha da eletrocalha comercial do quadro de distribuição geral foi utilizada a Figura 37.

Largura (mm)	Altura (mm)	Seção (mm <sup>2</sup> )
50	50	2.500
75	50	3.750
100	50	5.000
75	75	5.625
100	75	7.500
150	50	7.500
100	100	10.000
200	50	10.000
150	75	11.250
150	100	15.000
200	75	15.000
300	50	15.000
200	100	20.000
400	50	20.000
300	75	22.500
500	50	25.000
300	100	30.000
400	75	30.000
500	75	37.500
400	100	40.000
500	100	50.000
400	150	60.000
500	150	75.000

**Figura 37: Eletrocalhas comerciais**  
**Fonte: Adaptado de LEGRAND (2019)**

## ANEXO C – DEMANDA E CORRENTES MÁXIMAS DO DISJUNTOR GERAL

Como referência para verificar se as proteções gerais dos quadros estão dentro dos limites dos disjuntores, foi considerada a Figura 38 e a Figura 39.

Categoria	Demanda Máxima (kVA)	Disjuntor Proteção Geral (A)	Numero de Fases
12	6	50	1
14	8	63	1
19	10	50	1
22	15	70	1
25	25	100	1
28	11	50	2
29	14	63	2
36	19	50	3
37	24	63	3
38	30	80	3
41	38	100	3
42	48	125	3
43	57	150	3
44	67	175	3
45	76	200	3
46	37	150	1
47	44	175	1
48	50	200	1

**Figura 38: Demanda e corrente máximas de disjuntores até 200 A**  
**Fonte: Adaptado da NTC 901100 – COPEL (2019)**

CATEGORIA	DEMANDA MÁXIMA PREVISTA (kVA)	I nominal (A)			DISJUNTOR GERAL (A)	COBRE		
		POTÊNCIA (kVA)	PRIMÁRIO	SECUNDÁRIO		TENSÃO NO SECUNDÁRIO (V)	CONDUTOR ISOL. PVC 70°C (mm <sup>2</sup> ) F e N	ELETRO-DUTO Ø NOMINAL (mm)
5	D≤30	30	0,52	79	220/127	3x80	25	40
				46	380/220	3x50	10	32
				40	440/254	3x40	10	32
6	30<D≤45	45	0,79	118	220/127	3x125	50	60
				69	380/220	3x70	25	40
				59	440/254	3x63	16	40
7	45<D≤75	75	1,31	197	220/127	3x200	95	85
				114	380/220	3x125	50	60
				99	440/254	3x100	35	50
8	75<D≤112,5	112,5	1,97	296	220/127	3x300	2x70	2x75
				171	380/220	3x175	95	85
				148	440/254	3x150	70	75
9	112,5<D≤150	150	2,62	394	220/127	3x400	2x95	2x85
				228	380/220	3x250	2x50	2x60
				197	440/254	3x200	95	85
10	150<D≤225	225	3,94	590	220/127	3x600	3x95	3x85
				342	380/220	3x350	2x95	2x85
				295	440/254	3x300	2x70	2x75
11	225<D≤300	300	5,25	787	220/127	3x800	4x95	4x85
				455	380/220	3x500	3x70	3x75
				393	440/254	3x400	2x95	2x85

**Figura 39: Demanda e corrente máximas de disjuntores até 800 A**  
**Fonte: Adaptado da NTC 903100 – COPEL (2019)**

## ANEXO D – CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DO TRANSFORMADOR 1

ROMAGNOLE PRODUTOS ELETRICOS LTDA - SISTEMA DA QUALIDADE  
RELATORIO DE ENSAIOS DE TRANSFORMADORES

TR 1

RESSADO:  
FABRICACAO: 198873  
RCA: ROMAGNOLE  
TENCIA NOMINAL: 500 KVA  
NEXAO: TRIANGULO/ESTRELA

NSAO SUP.: 13800 A 10200 V  
RRENTES: I1 = 20.92 A  
EQUENCIA: 60 HZ  
RMA: NBR 5356/93  
ARIDADE:  
TA FABRIC.: JAN/98

NUM. TOMBAMENTO:  
ODC/PEDIDO:  
NUM. FASES: 3  
TIPO: TPN 500/15/1,2

TENSAO INF.: 220 / 127 V  
I2 = 1312.16 A  
DIAGRAMA DE LIGACAO: D-822/TG  
DESLOCAMENTO ANGULAR: 30°  
PI No.: 603-1  
NBI....: 110 KV

TRANSF.: FASE 1: 108.600 FASE 2: 108.610 FASE 3: 108.600  
TEMPERATURA DE ENSAIO: 29.0 GRAUS CENTIGRADOS

RESISTENCIA DE ISOLAMENTO EM MEGA OHMS  
AT/BT..... 5000  
AT/MASSA..... 5000  
BT/MASSA..... 5000

TENSAO APLICADA AO DIELETRICO  
AT/BT LIGADO A MASSA..... 34 KV  
BT/AT LIGADO A MASSA..... 10 KV  
DURACAO DO ENSAIO..... 60 SEGUNDOS

TENSAO INDUZIDA  
TENSAO..... 440 V  
FREQUENCIA..... 120 HZ  
DURACAO DO ENSAIO..... 60 SEGUNDOS

RESISTENCIA OHMICA DA TS EM OHMS..... 5.265667 OHMS  
RESISTENCIA OHMICA DA TI EM OHMS..... 0.001040 OHMS  
PERDAS EM VAZIO..... PHF..... 1200.00 W  
CORRENTE DE EXCITACAO..... IEXC..... 0.74 %  
PERDAS EM CURTO CIRCUITO..... 6900.00 W  
TENSAO DE CURTO CIRCUITO..... 646.04 V  
PERDAS OHMICAS A TEMP. AMBIENTE..... 6142.70 W  
PERDAS OHMICAS A 75 GRAUS..... 7217.67 W  
PERDAS ADICIONAIS A TEMP. AMBIENTE..... 757.30 W  
PERDAS ADICIONAIS A 75 GRAUS..... 644.51 W  
PERDAS EM CURTO CIRCUITO A 75 GRAUS..... 7862.18 W  
PERDAS TOTAIS A 75 GRAUS..... 9062.18 W

TENSAO DE CURTO CIRCUITO A 75 GRAUS  
EZ = 4.680 % ER = 1.380 % ER' = 1.572 % EX = 4.472 %  
IMPEDANCIA A 75 GRAUS ... EZ' = 4.74 %

RESULTADOS ACIMA FORAM ANALISADOS E O TRANSFORMADOR ESTA APROVADO

MANDAGUARI, 29 DE JANEIRO DE 1998.

INSPECTOR \_\_\_\_\_ CONTROLE DA QUALIDADE  
LUIZ A. CARLETO

Figura 40: Características de ensaio do Transformador 1  
Fonte: DEPRO (2019)

## ANEXO E – TABELAS DA NBR 5410

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

Condutores: cobre e alumínio  
 Isolação: PVC  
 Temperatura no condutor: 70°C  
 Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Seções nominais mm <sup>2</sup>	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1 000	767	679	698	618	1 012	906	827	738	1 125	996	792	652

Tabela 39 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G

Condutores: cobre e alumínio  
 Isolação: EPR ou XLPE  
 Temperatura no condutor: 90°C  
 Temperatura ambiente de referência: 30°C

Tabela 39 (conclusão)

Seções nominais dos condutores mm <sup>2</sup>	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares				Cabos unipolares <sup>1)</sup>		
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Método G	Método G	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
35	185	158	200	169	176	226	201
50	225	192	242	207	216	275	246
70	289	246	310	268	279	353	318
95	352	298	377	328	342	430	389
120	410	346	437	383	400	500	454
150	473	399	504	444	464	577	527
185	542	456	575	510	533	661	605
240	641	538	679	607	634	781	719
300	741	621	783	703	736	902	833
400	892	745	940	823	868	1 085	1 008
500	1 030	859	1 083	946	998	1 253	1 169
630	1 196	995	1 254	1 088	1 151	1 454	1 362
800	1 396	1 159	1 460	1 252	1 328	1 696	1 595
1 000	1 613	1 336	1 683	1 420	1 511	1 958	1 849

Figura 41: Capacidade de condução de corrente de cabos de cobre  
 Fonte: Adaptado de NBR 5410 (2004)

**Tabela 42 — Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única**

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

NOTAS

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

**Figura 42: Fatores de agrupamento de circuitos**  
**Fonte: Adaptado de NBR 5410 (2004)**

## ANEXO F- TABELA DE IMPEDÂNCIA DE CABOS

Seção	Impedância de seqüência positiva (mOhm/m)		Impedância de seqüência zero (mOhm/m)	
	Resistência	Reatância	Resistência	Reatância
1,5	14,8137	0,1378	16,6137	2,9262
2,5	8,8882	0,1345	10,6882	2,8755
4	5,5518	0,1279	7,3552	2,8349
6	3,7035	0,1225	5,5035	2,8000
10	2,2221	0,1207	4,0222	2,7639
16	1,3899	0,1173	3,1890	2,7173
25	0,8891	0,1164	2,6891	2,6692
35	0,6353	0,1128	2,4355	2,6382
50	0,4450	0,1127	2,2450	2,5991
70	0,3184	0,1096	2,1184	2,5681
95	0,2352	0,1090	2,0352	2,5325
120	0,1868	0,1076	1,9868	2,5104
150	0,1502	0,1074	1,9502	2,4843
185	0,1226	0,1073	1,9226	2,4594
240	0,0958	0,1070	1,8958	2,4312
300	0,0781	0,1068	1,8781	2,4067
400	0,0608	0,1058	1,8608	2,3757
500	0,0507	0,1051	1,8550	2,3491
630	0,0292	0,1042	1,8376	2,3001

Figura 43: Valores médios de impedância de cabos de cobre  
 Fonte: Adaptado de Filho (2007)

## ANEXO G– TABELA DE DIMENSÕES E CORRENTES DE BARRAMENTOS

Dimensões		Corrente	Resistência	Reatância
Polegadas	Milímetros	(A)	mOhm/m	mOhm/m
1/2 × 1/16	12,7 × 1,59	96	0,8843	0,2430
3/4 × 1/16	19,0 × 1,59	128	0,8591	0,2300
1 × 1/16	25,4 × 1,59	176	0,4421	0,2280
1/2 × 1/18	12,7 × 1,59	144	0,4421	0,2430
3/4 × 1/8	19,0 × 3,18	208	0,2955	0,2330
1 × 1/8	25,4 × 3,18	250	0,2210	0,2070
1 1/2 × 1/8	38,1 × 3,18	370	0,1474	0,1880
1 × 3/16	25,4 × 4,77	340	0,1474	0,2100
1 1/2 × 3/16	38,1 × 4,77	460	0,0982	0,1880
2 × 3/16	50,8 × 4,77	595	0,0736	0,1700
1 × 1/4	25,4 × 6,35	400	0,1110	0,2100
1 1/2 × 1/4	38,1 × 6,35	544	0,0738	0,1870
2 × 1/4	50,8 × 6,35	700	0,0553	0,1670
2 1/2 × 1/4	63,5 × 6,35	850	0,0442	0,1550
2 3/4 × 1/4	70,2 × 6,35	1,000	0,0400	0,1510
3 1/2 × 1/4	88,9 × 6,35	1.130	0,0316	0,1450
4 × 1/4	101,6 × 6,35	1.250	0,0276	0,1320
1 × 1/2	25,4 × 12,70	600	0,0553	0,1870
2 × 1/2	50,8 × 12,70	1.010	0,0276	0,1630
3 × 1/2	76,2 × 12,70	1.425	0,0184	0,1450
4 × 1/2	101,6 × 12,77	1.810	0,0138	0,1300

Figura 44: Dimensões e correntes médias de barramentos de cobre  
 Fonte: Adaptado de Filho (2007)