

ETEC PROFESSOR HORÁCIO AUGUSTO DA SILVEIRA

AFRÂNIO WESCLEY CIPRIANO ALVES
ANDERSON CAETANO RODRIGUES DIAS
ANDRÉ MOREIRA DEBATIN
ANTONY MACEDO ORTEGA
JOÃO LUCAS LOPES CÂNDIDO
JOHNNY GABRIEL COSTA
LAÉRCIO LUÍS LOURENÇO
UILTON LOPES DE NOVAIS

**INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DO LABORATÓRIO DE
METALOGRAFIA**

São Paulo
2025

AFRÂNIO WESCLEY CIPRIANO ALVES
ANDERSON CAETANO RODRIGUES DIAS
ANDRÉ MOREIRA DEBATIN
ANTONY MACEDO ORTEGA
JOÃO LUCAS LOPES CÂNDIDO
JOHNNY GABRIEL COSTA
LAÉRCIO LUÍS LOURENÇO
UILTON LOPES DE NOVAIS

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DO LABORATÓRIO DE METALOGRAFIA

Trabalho de Conclusão de curso
apresentado ao curso de Técnico em
Eletrotécnica da Escola Técnica Estadual
Prof. Horácio Augusto da Silveira, como
requisito parcial para a obtenção do Título
de Técnico em Eletrotécnica.

Orientador: Prof. Alexandre da Silva Lopes

AFRÂNIO WESCLEY CIPRIANO ALVES
ANDERSON CAETANO RODRIGUES DIAS
ANDRÉ MOREIRA DEBATIN
ANTHONY MACEDO ORTEGA
JOÃO LUCAS LOPES CÂNDIDO
JOHNNY GABRIEL COSTA
LAÉRCIO LUÍS LOURENÇO
UILTON LOPES DE NOVAIS

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DO LABORATÓRIO DE METALOGRAFIA

Trabalho de Conclusão de curso
apresentado ao curso de Técnico em
Eletrotécnica da Escola Técnica Estadual
Prof. Horácio Augusto da Silveira, como
requisito parcial para a obtenção do Título
de Técnico em Eletrotécnica.

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: Prof. Alexandre da Silva Lopes

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por nos permitir concluir mais um ciclo em nossas vidas.

Dedicamos este trabalho especialmente às nossas famílias pela paciência e apoio nas horas mais difíceis, e ao nosso orientador Prof. Alexandre Lopes da Silva pela sua orientação e amizade.

RESUMO

O Laboratório de Metalografia de nossa ETEC Professor Horácio Augusto da Silveira, desempenha um papel essencial na análise das propriedades dos metais, sendo equipado com diversos equipamentos para estudos práticos na área de Resistência e ciência dos Materiais. No entanto, a infraestrutura elétrica inadequada comprometia a segurança dos usuários e o funcionamento eficiente dos equipamentos. Para solucionar essa questão, realizou-se um levantamento das cargas elétricas, identificando deficiências nas instalações elétricas do ambiente. Com base nos dados coletados, elaboramos um projeto elétrico, contemplando a redistribuição dos pontos de eletricidade, o dimensionamento dos circuitos e a especificação de componentes adequados. Além disso, realizamos o cálculo de carga térmica para futura a instalação de um equipamento de ar condicionado eficiente, garantindo conforto e segurança no ambiente de trabalho. A adequação elétrica visou complementar todos os equipamentos existentes no laboratório e mais alguns pontos elétricos estratégicos (reservas) solicitados pela coordenação do curso da área de mecânica, principal grupo de utilização do ambiente. As instalações e projeto foram executadas seguindo o que preconiza a **ABNT NBR 5410/2004 - Instalações elétricas de Baixa tensão**, assegurando a proteção dos equipamentos e usuários. Como resultado, o laboratório agora dispõe de uma infraestrutura mais segura e funcional, possibilitando o uso simultâneo dos equipamentos instalados sem sobrecarga. A modernização trouxe melhorias na infraestrutura e ampliou as condições adequadas para ensino e pesquisa, consolidando um espaço seguro e adequado para atividades acadêmicas.

Palavras-chave: Projeto elétrico, Instalação elétrica, equipamentos, Laboratório de Metalografia, Normas Técnicas.

ABSTRACT

The Metallography Laboratory at ETEC Professor Horácio Augusto da Silveira plays a crucial role in the analysis of metal properties, being equipped with various devices for practical studies in Material Science and Strength of Materials. However, the inadequate electrical infrastructure compromised user safety and the efficient operation of equipment. To address this issue, an electrical load survey was conducted, identifying deficiencies in the laboratory's electrical installations. Based on the collected data, an electrical project was developed, including the redistribution of power points, circuit sizing, and specification of appropriate components. Additionally, a thermal load calculation was performed for the future installation of an efficient air conditioning system, ensuring comfort and safety in the workspace. The electrical adequacy aimed to support all existing laboratory equipment and additional strategic electrical points (reserves) requested by the Mechanical Engineering department, the primary user group of the facility. The installations and project were executed in compliance with **ABNT NBR 5410/2004 – Instalações elétricas de baixa tensão**, ensuring equipment and user protection. As a result, the laboratory now features a safer and more functional infrastructure, allowing simultaneous use of installed equipment without overload. The modernization improved the electrical system, enhancing the conditions for teaching and research, consolidating a safe and well-equipped academic environment.

Keywords: Electrical project, Electrical installation, Equipment, Metallography Laboratory, Technical standards.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	8
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA.....	8
1.2. JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....	9
1.3. OBJETIVOS DO TRABALHO	9
1.3.1. <i>Objetivo Geral</i>	9
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	10
1.4 DELIMITAÇÃO DO TEMA	10
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
2.2.1. <i>Disjuntores Termomagnéticos</i>	11
2.2.2. <i>Interruptor Diferencial Residual (IDR)</i>	14
2.2.3. <i>Aterramento</i>	16
2.2.4. <i>Condutores Elétricos de Cobre 750 V e 1 kV</i>	16
2.2.5. <i>Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS)</i>	17
3. DIAGNÓSTICO DAS INSTALAÇÕES ATUAIS	19
3.1. IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS E NÃO CONFORMIDADES.....	19
3.2. DESCRIÇÃO E LEVANTAMENTO DAS CARGAS ELÉTRICAS DOS EQUIPAMENTOS.....	25
3.2.1. <i>Levantamento de dados dos equipamentos do laboratório da ETEC</i>	27
4. PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO.....	28
4.1. PLANEJAMENTO DAS MELHORIAS	28
4.2. CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA	29
4.2.1. <i>Potência elétrica dos aparelhos de ar condicionado</i>	33
4.3. DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS E COMPONENTES ELÉTRICOS.....	34
4.3.1. <i>Método de instalação</i>	35
4.3.2. <i>Temperatura Ambiente</i>	37
4.3.3. <i>Agrupamento de circuitos</i>	38
4.3.4. <i>Cálculo de IZ</i>	39
4.3.5. <i>Critério de Seção Mínima</i>	40
4.3.6. <i>Dimensionamento</i>	41
5. IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS	58
5.1. EXECUÇÃO DAS MELHORIAS	58
5.2. TESTES E VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA.....	62
5.3. SUGESTÕES DE CONTINUIDADE DO TRABALHO.....	67
6. CONCLUSÃO	68
REFERÊNCIAS.....	69
APÊNDICES E ANEXOS.....	70
CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO	71
DIAGRAMAS ELÉTRICOS	72

1. Introdução

1.1. Contextualização do tema

O Laboratório de Metalografia da ETEC Professor Horácio Augusto da Silveira desempenha um papel fundamental na formação técnica dos estudantes, proporcionando um ambiente adequado para a análise das propriedades dos metais por meio de experimentação prática. Esse espaço é essencial para disciplinas relacionadas à área de Ciência e ensaio dos materiais e Resistência dos Materiais, pois permite o estudo detalhado das características físicas e estruturais dos metais utilizados em diversas aplicações industriais.

Entretanto, a infraestrutura elétrica do laboratório apresentava deficiências significativas, comprometendo tanto a segurança dos usuários quanto a operação eficiente dos equipamentos, não sendo possível a utilização de todos os equipamentos disponíveis no laboratório, pois a instalação elétrica existente não era capaz de suportar a demanda energética de todos os equipamentos.

Diante desse cenário, identificamos a necessidade de modernizar e adequar as instalações elétricas do laboratório, garantindo segurança, eficiência e conformidade com as normas técnicas vigentes. Para isso, foi realizado um levantamento das cargas elétricas dos equipamentos, possibilitando o desenvolvimento de um projeto elétrico adequado, incluindo a criação de um novo quadro elétrico, dimensionamento de circuitos, redistribuição dos pontos de elétrica. Além da adequação elétrica, realizamos o cálculo de carga térmica, visando a futura instalação de um sistema de ar condicionado eficiente que proporcione conforto térmico e segurança aos usuários. O projeto seguiu os parâmetros estabelecidos pela NBR 5410/2004 – Instalações elétricas de baixa tensão, garantindo que todos os dispositivos operassem de forma segura e sem sobrecarga.

Dessa forma, a modernização elétrica do laboratório não apenas elimina riscos operacionais, mas também melhora as condições de ensino e pesquisa, tornando o ambiente mais adequado para as atividades acadêmicas e laboratoriais. Essa iniciativa reflete a importância da infraestrutura elétrica bem planejada nos espaços educacionais, proporcionando maior segurança, e funcionalidade para os estudantes e professores que utilizam o laboratório.

1.2. Justificativa da pesquisa

A escolha do tema de nosso estudo, foi embasada em três critérios principais, que são eles: Pertinência, Relevância e viabilidade.

Pertinência, podemos definir como pertinente (Pertinência), o tema que está em consonância com as atribuições do técnico ou tema pertinente à habilitação profissional do aluno (BELEZIA; RAMOS, 2011)

Relevância, o tema do estudo deve a ser realizado, deve propor uma contribuição / solução efetiva para alguma problemática. E ainda possuir relevância para o grupo, com intuito de promover desenvolvimento pessoal e profissional (BELEZIA; RAMOS, 2011).

Viabilidade, pode estar relacionada a fatores como recursos econômicos, recursos técnicos e tempo necessário. Tais fatores podem ser determinantes para viabilizar ou inviabilizar a execução de um projeto (BELEZIA; RAMOS, 2011).

Durante a etapa de planejamento do trabalho, os critérios elencados acima foram avaliados para a definição e escolha do tema, assim como a delimitação do trabalho.

1.3. Objetivos do trabalho

1.3.1. Objetivo Geral

Desenvolver e implementar um projeto elétrico adequado para o Laboratório de Metalografia, garantindo segurança, funcionalidade e conformidade com as normas técnicas, promovendo um ambiente eficiente para ensino e pesquisa.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar deficiências na infraestrutura elétrica atual do laboratório por meio de um levantamento das cargas elétricas dos equipamentos.
- Elaborar um projeto elétrico considerando o dimensionamento adequado dos circuitos, a redistribuição dos pontos de eletricidade e a reserva elétrica estratégica.
- Realizar o cálculo de carga térmica, determinando a capacidade necessária para a instalação futura de um sistema de climatização eficiente.
- Garantir a conformidade das instalações com a ABNT NBR 5410/2004 – Instalações elétricas de baixa tensão, assegurando segurança operacional e proteção aos usuários.
- Executar a modernização das instalações elétricas do laboratório, permitindo o funcionamento simultâneo dos equipamentos sem risco de sobrecarga.
- Melhorar as condições de ensino e pesquisa, garantindo um laboratório adequado para estudos acadêmicos da área de resistência e ciência dos materiais.

1.4 Delimitação do tema

O limite de atuação do trabalho está na adequação das instalações elétricas internas do laboratório de Metalografia, não se estendendo a adequações/correções em demais infraestruturas das instalações elétricas da escola, mesmo que essas por ventura sejam necessárias para a complementar ou integralizar a solução proposta para o laboratório de Metalografia.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Bibliografia básica

Para a elaboração desse trabalho, nossa referência principal é a norma ABNT NBR 5410/2004: Instalações Elétricas de Baixa Tensão configura-se como o principal e indispensável referencial teórico para o desenvolvimento de projetos e execução de instalações elétricas de baixa tensão no cenário brasileiro. Sua observância não é meramente recomendada, mas sim obrigatória, delineando as diretrizes técnicas essenciais para garantir a segurança de indivíduos e animais, a integridade patrimonial e o funcionamento otimizado das instalações.

Ao estabelecer requisitos mínimos para dimensionamento, proteção e desempenho, a NBR 5410/2004 é a bibliografia básica que norteia a prática profissional e acadêmica na área elétrica, asseverando que todas as etapas, do projeto à energização, garantindo dessa forma que estejam em conformidade com os mais elevados padrões de segurança e eficiência.

A obrigatoriedade da utilização da ABNT NBR 5410/2004 para elaboração e execução de projetos e instalações na área elétrica, está previsto no item 10.1.2 da norma regulamentadora nº10 do Ministério do trabalho e emprego (MTE) - NR10- SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE.

A observância obrigatória da NR10, está prevista na portaria 3214 de 08 de junho de 1978 que “Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho”.

2.2. Conceitos básicos de instalações elétricas

2.2.1. Disjuntores Termomagnéticos

Os disjuntores termomagnéticos são dispositivos de proteção amplamente utilizados em instalações elétricas de baixa tensão. Eles atuam de forma térmica, para proteger contra sobrecargas, e magnética, para interromper curto-circuito.

Figura 1 - Exemplo de disjuntores



Disjuntor
Padrão NEMA

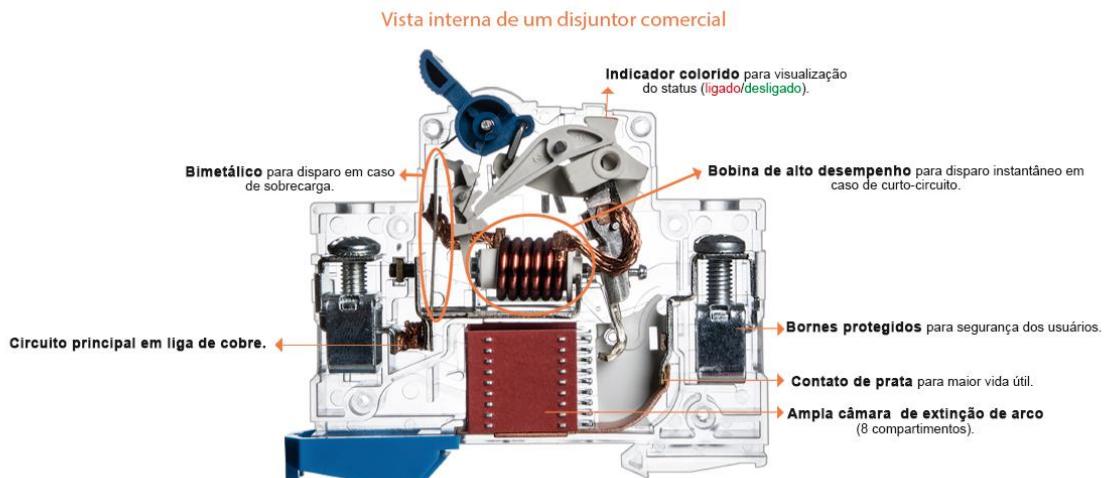


Disjuntor
Padrão DIN

Fonte: MarGirius, 2021

A ação térmica é realizada por um bimetal que se deforma com o aumento da temperatura, enquanto a ação magnética é feita por uma bobina que reage instantaneamente a correntes elevadas.

Figura 2 - Vista interna de um disjuntor termomagnético



Fonte: MarGirius, 2021

O correto funcionamento dos disjuntores, depende de sua correta especificação, levando em consideração os requisitos abaixo:

Curva de atuação

Esta característica depende do circuito que será protegido e esta relacionada ao tempo de resposta do dispositivo de proteção, para realizar o desligamento do circuito. As mais comuns são as curvas B e C (Margirius, 2021).

Curva B são utilizados em circuitos com cargas resistivas. Por exemplo: aquecedores, chuveiros, fornos e torneiras elétricas (Margirius, 2021).

Curva C são indicados para cargas indutivas e motores, além dos circuitos de tomadas de uso geral e específico. Portanto, são apropriados para aparelhos de ar condicionado, máquinas de lavar roupas, fornos micro-ondas, circuitos de iluminação, entre outros (Margirius, 2021).

Número de polos

É definido de acordo com o número de condutores fase do circuito a ser protegido, podem ser dos tipos:

Monopolares: Também conhecidos como disjuntores unipolares ou disjuntores monofásicos, são utilizados em circuitos de iluminação e tomadas com fase e neutro, onde ligam e desligam apenas a fase, pois o neutro aterrado não representa perigo.

Bipolares: Os modelos bipolares, também conhecidos como disjuntores duplos ou bifásicos, são utilizados com frequência em chuveiros elétricos e outros circuitos energizados com duas fases, pois nesse caso, precisam ser interrompidas simultaneamente.

Tripolares. Os disjuntores tripolares são utilizados em circuitos alimentados com três fases, geralmente em redes de 220V ou 380V, permitindo ligar e desligar todas através de uma só alavanca (Margirius, 2021).

Corrente nominal (I_n)

Corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste, para dispositivos ajustáveis), nas condições previstas para sua instalação (ABNT, 2004).

Corrente circulando pelo dispositivo de proteção acima do valor de I_n , sobre determinadas condições, irá provocar a atuação do disjuntor interrompendo o funcionamento do circuito.

O valor ideal é escolhido de acordo com a capacidade do equipamento ou circuito a ser protegido e a seção dos cabos a serem utilizados (Margirius, 2021).

Capacidade de interrupção (Icn).

Podemos dizer que é o “tamanho do curto-circuito” que o disjuntor consegue desligar com segurança. Nos modelos residenciais, normalmente é de 3000A (3KA). Porém existem capacidades maiores, para utilização nos projetos elétricos que assim necessitarem (Margirius, 2021).

Esses disjuntores são reutilizáveis e oferecem maior praticidade em comparação aos fusíveis, sendo recomendados pela ABNT NBR 5410/2004 para proteção de circuitos terminais.

2.2.2. Interruptor Diferencial Residual (IDR)

O IDR, também conhecido como Dispositivo Diferencial Residual (DDR), é responsável por detectar correntes de fuga para a terra, protegendo os usuários contra choques elétricos.

Figura 3 - Interruptor Diferencial Residual IDR - Tretapolar

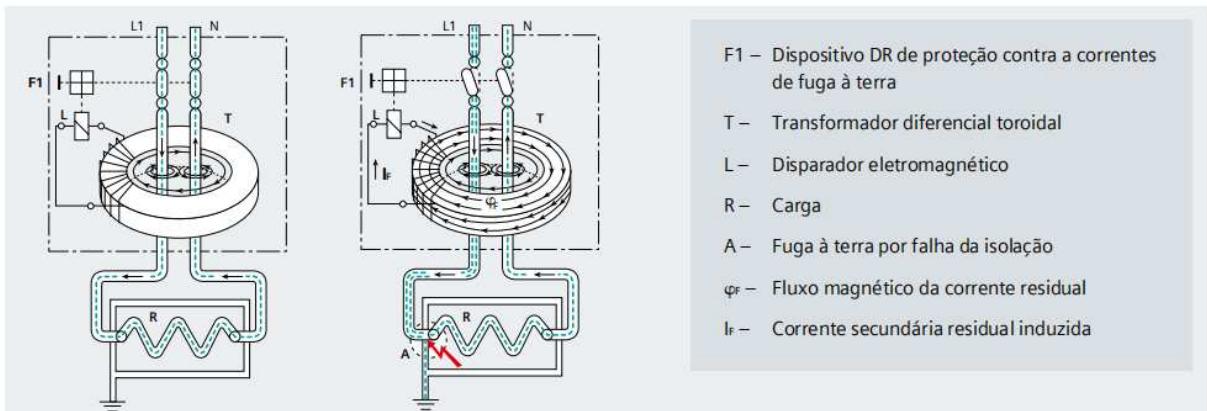


Fonte: Siemens, 2021

Seu princípio de funcionamento é baseado na comparação entre as correntes elétricas que entram e retornam no dispositivo, realizando o desligamento do circuito sempre que identificar uma diferença entre as correntes acima de determinada faixa (Siemens, 2021).

Quando houver uma falha à terra (corrente de fuga) a somatória será diferente de zero, o que irá induzir no secundário uma corrente residual que provocará, por eletromagnetismo, o disparo do dispositivo DR (desligamento do circuito), desde que a fuga atinja a zona de disparo do Dispositivo DR (conforme norma ABNT NBR NM 61008 o Dispositivo DR deve operar entre 50% e 100% da corrente nominal residual - $I_{\Delta n}$) (Siemens, 2021).

Figura 4 - Mecanismo interno de disparo do IDR



Fonte: Siemens, 2021

Embora o IDR não dependa diretamente do aterramento para funcionar, sua eficácia é potencializada quando o sistema de aterramento está corretamente instalado.

O uso do IDR com sensibilidade igual ou inferior à 30 mA se faz obrigatório nas seguintes situações:

- a) os circuitos que sirvam a pontos de utilização situados em locais contendo banheira ou chuveiro;
- b) os circuitos que alimentem tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação;
- c) os circuitos de tomadas de corrente situadas em áreas internas que possam vir a alimentar equipamentos no exterior;
- d) os circuitos que, em locais de habitação, sirvam a pontos de utilização situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens;
- e) os circuitos que, em edificações não-residenciais, sirvam a pontos de tomada situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e, no geral, em áreas internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens (ABNT, 2004).

2.2.3. Aterramento

O sistema de aterramento é essencial para a **segurança das instalações elétricas**, pois direciona correntes de fuga ou descargas atmosféricas para o solo, evitando choques e danos aos equipamentos.

A ABNT NBR 5410 define os tipos de esquemas de aterramento (TT, TN, IT) e os critérios para dimensionamento dos condutores de proteção (PE).

Um sistema de aterramento eficaz reduz a impedância do caminho de escoamento da corrente e garante o funcionamento adequado de dispositivos como o IDR.

2.2.4. Condutores Elétricos de Cobre 750 V e 1 kV

Os fios e cabos elétricos são os responsáveis por conduzir a energia elétrica, desde os quadros de alimentação/ distribuição, até os pontos de consumo, tais como tomadas de uso geral, motores, fornos elétricos etc.

Os condutores de cobre com isolamento para 750 V e 1 kV são os mais utilizados em instalações de baixa tensão.

Os cabos com isolamento de PVC 70 °C (750 V) são comuns em circuitos de iluminação e tomadas e podem trabalhar com temperaturas de até 70°C (ABNT, 2004).

O Condutor 750V é formado por fios de cobre nu, têmpera mole e encordoamento classe 4 ou 5 de acordo com a ABNT NBR NM 280 (Corfio, 2025).

Figura 5 - Cabo flexível em cobre HEPR 90°C 06/1KV



Fonte: Corfio

Já os condutores de 1 kV podem trabalhar com temperaturas de até 90°C são recomendados para circuitos com maior exigência de resistência térmica e mecânica. Esses condutores possuem duas camadas,

sendo uma de Isolação em material HEPR ou XLPE e a cobertura em PVC/ST2 90°C (Corfio, 2025).

Figura 6 - Cabo flexível em cobre HEPR 90°C 06/1KV



Fonte: Corfio

A escolha do condutor deve considerar a seção transversal adequada, a capacidade de corrente, o tipo de instalação (embutida, aparente, subterrânea) e a temperatura ambiente, conforme orientações da Tabela 36 à 45 da ABNT NBR 5410/2004.

2.2.5. Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS)

O DPS é um componente essencial em instalações elétricas modernas, projetado para proteger equipamentos e sistemas contra sobretensões transitórias, também conhecidas como surtos elétricos. Esses surtos podem ser causados por descargas atmosféricas (raios), manobras na rede elétrica, partidas de motores ou até falhas em transformadores. Quando não controlados, podem danificar seriamente equipamentos eletrônicos e comprometer a segurança da instalação.

Figura 7 - Dispositivo de Proteção contra Surtos - DPS



Fonte: Internet. Clamper

O funcionamento do DPS baseia-se em desviar a corrente de surto para o sistema de aterramento, impedindo que ela atinja os dispositivos conectados. O principal componente interno do DPS é o varistor, um resistor cuja resistência diminui drasticamente quando a tensão ultrapassa um determinado limite. Assim, em caso de surto, o varistor conduz a corrente excedente para a terra, protegendo a instalação.

Existem três classes principais de DPS, conforme a ABNT NBR IEC 61643-1:

- Classe I: para descargas diretas de raios, geralmente instalados em locais com alto risco de incidência atmosférica.
- Classe II: para surtos induzidos, comuns em quadros de distribuição de edifícios.
- Classe III: instalados próximos aos equipamentos, como proteção complementar.

A ABNT NBR 5410/2004 recomenda o uso de DPS em quadros de distribuição, especialmente em regiões com alta incidência de raios ou em instalações que alimentam equipamentos sensíveis. Além disso, o DPS deve ser corretamente dimensionado de acordo com:

- o nível de proteção desejado (Up),
- a corrente de surto suportada (Imax),
- e a coordenação com outros dispositivos de proteção, como disjuntores e IDRs.

A presença de um sistema de aterramento eficiente é fundamental para o funcionamento adequado do DPS, pois é por esse caminho que a corrente de surto será desviada.

3. Diagnóstico das Instalações Atuais

3.1. Identificação dos problemas e não conformidades

A etapa de identificação de problemas e não conformidades teve como objetivo levantar as principais falhas na infraestrutura elétrica existente no Laboratório de Metalografia, avaliando sua adequação frente às exigências da ABNT NBR 5410/2004, da NR-10 e às necessidades operacionais dos equipamentos utilizados no ambiente.

Durante a vistoria técnica, foi observado que diversos pontos de alimentação elétrica apresentavam sobrecarga de circuitos, com a utilização de extensões, conectores elétricos e condutores subdimensionados. Esse tipo de improviso compromete não apenas a funcionalidade dos equipamentos, mas eleva o risco de curto-circuito e choques elétricos, o que configura uma grave não conformidade com os princípios de segurança previstos em norma.

Foi constatada a ausência de dispositivos de proteção diferencial residual (IDR) para atender principalmente a área de bancada molhada, item obrigatório conforme a NBR 5410/2004 para esse condição e Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS) nos quadros existentes. Também se verificou a ausência de condutor de proteção (PE) em tomadas a tomadas de uso geral e específico, comprometendo a eficácia do sistema de aterramento e a segurança dos equipamentos conectados.

Outro problema recorrente identificado foi o dimensionamento inadequado de condutores e organização precária dos quadros de distribuição, com cabos desordenados, sem identificação, e falta de padronização nos dispositivos de proteção. Essa configuração dificulta a manutenção preventiva e aumenta o risco de falhas elétricas.

Além disso, diversos equipamentos essenciais à prática laboratorial permaneciam inoperantes por falta de ponto de energia dedicado, revelando um déficit na capacidade de fornecimento da infraestrutura existente.

Foram realizados registros fotográficos, que ilustram visualmente as situações encontradas antes da intervenção.

Essas não conformidades foram analisadas à luz das normas técnicas vigentes e serviram de base para a elaboração de um projeto de readequação elétrica

completo, com foco em segurança, funcionalidade e desempenho, conforme será detalhado nos capítulos seguintes deste trabalho.

Figura: 7 - Cabos de alimentação elétrica chegando através no laboratório de furo na parede



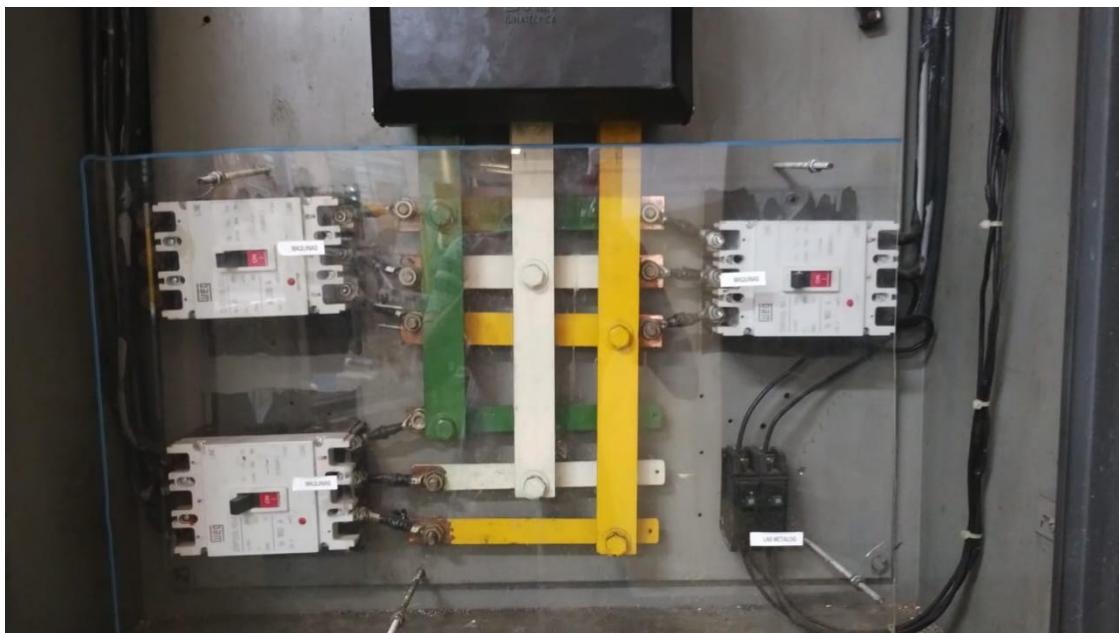
Fonte: Os Autores

Figura: 8 - Cabos de alimentação elétrica entrando no laboratório através no laboratório de furo na parede



Fonte: Os Autores

Figura: 9 - QGBT Oficina - Disjuntor e cabos inadequados para atender o laboratório



Fonte: Os Autores

Figura: 10 - QGBT Oficina - Detalhe do disjunto e cabos instalados para atender o laboratório



Fonte: Os Autores

Figura: 11 - Painel elétrico existente no Laboratório de metalografia



Fonte: Os Autores

Figura: 12 - Painel elétrico existente para atender o Forno 8000W (Subdimensionado)



Fonte: Os Autores

Figura: 13 - Ponto de tomada e conector subdimensionado para atender o forno 8000W



Fonte: Os Autores

Figura: 14 - Detalhe do plugue e tomada do forno danificado devido a corrente elétrica



Fonte: Os Autores

Figura: 15 - Estufa de esterilização: sem o conector elétrico e sem ponto de tomada para utilização



Fonte: Os Autores

Figura: 16 - Tomadas de uso geral fora do padrão da atual e sem pino de aterrramento.



Fonte: Os Autores

3.2. Descrição e levantamento das cargas elétricas dos equipamentos

Para obtermos o melhor dimensionamento das cargas elétricas a serem alimentadas no laboratório de Metalografia, procedemos de duas formas, sendo elas:

- Estudo do documento: “Padronização do tipo e quantidade necessária de instalações e equipamentos dos laboratórios das habilitações profissionais: Técnico em Mecânica” da Coordenadoria de Ensino Médio e técnico - CETEC-GFAC do Centro Paula Souza 2020.
- Levantamento das informações em campo dos equipamentos existentes no laboratório

O documento do CETEC-GFAC apresenta referências para criação e padronização dos laboratórios pela unidade de ensino, conforme as necessidades de cada habilitação profissional.

Baseado nesse documento, conseguimos as informações sugeridas para o ambiente denominado: “**Laboratório de Ensaios Mecânicos e Metalográficos**”.

Figura 17 - Estrutura física



3. LABORATÓRIO DE ENSAIOS MECÂNICOS E METALOGRAFICOS	
3.1. ESTRUTURA FÍSICA	
Utilização	Neste laboratório serão realizadas aulas práticas de ensaios mecânicos e metalográficos. A divisão de turmas é imprescindível, tanto pelo aspecto pedagógico, como por questão de segurança, tendo em vista o manuseio de equipamentos que provocam escoamento, ruptura e fratura de materiais metálicos e poliméricos.
Área útil	50,25 m ² , com pé direito mínimo de 3,50 m.
Descrição Física	<p>A área mínima deste laboratório deve ser igual ou superior a 50,00 m², com pé direito mínimo de 3,50 m. O piso deve ser de material antiderrapante. Todo este espaço deve ter paredes lisas e claras. Janelas possibilitando boa iluminação natural e aeração do ambiente. Prever sistema de ar condicionado.</p> <p>A bancada de metalográfica deve ser de alvenaria com tampo em granito ou similar.</p>
Instalações	<p>Para a bancada metalográfica deve-se prever:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 pontos de água fria para equipamentos; • 2 pontos de esgoto sobre a bancada onde serão interligadas mangueiras derivados dos equipamentos; • Registro gaveta. <p>Devem ser previstas tomadas complementares nas paredes, estabelecidas de acordo com a voltagem do local a ser implantado bem como pelos equipamentos específicos.</p> <p>Tomadas específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 tomadas 110/220 v para politrizes, • 1 tomada 220 v para forno de tratamento térmico • 2 tomadas para secadores de cabelos • 2 tomadas 110/220 v para máquinas de dureza • 2 tomadas 110/220 v para máquina universal de tração

Fonte: Centro Paula Souza, 2020

Figura 18 - Potência elétrica estimada dos equipamentos

3.5 POTENCIA ELÉTRICA ESTIMADA		
Denominação do Equipamento	Voltagem / Potência	Unidades no Laboratório
Cortadora para ensaios metalográficos	220V 2000W	1
Durômetro analógico	220/110 v 150 w	1
Ensaio de partículas magnéticas Yoke	220/110 v 1000 w	1
Forno mufla	220 v 3000 w	1
Lixadeira manual	220 v 500 w	1
Máquina de tração	220/110 v 1200 w	1
Microscópio Metalográfico	220V 400W	1
Politriz	220 v 500 w	1
Ventiladores		2

Fonte: Centro Paula Souza, 2020

3.2.1. Levantamento de dados dos equipamentos do laboratório da ETEC.

De posse dos dados elétricos dos equipamentos sugeridos para o ambiente, realizamos o processo de coleta de dados dos equipamentos existentes para comparação e tomada de decisão no dimensionamento das novas instalações elétricas.

Tabela: 1 - Equipamentos instalados no laboratório

Denominação dos equipamentos	Potência	Tensão	Unidades
Máquina de Ensaio de Tração	1800 W	220 V - 3 Fases	1
Estufa de Esterilização	2900 W	220 V - 2 Fases	1
Cortadora para ensaios Metalográficos	1500 W	220 V - 3 Fases	1
Politriz	200 W	220 V - 3 Fases	2
Politriz	700 W	220 V - 2 Fases	1
Embutidora metalográfica	600 W	220 V - 2 Fases	1
Forno	8000 W	220 V - 2 Fases	1

Fonte: Os Autores

4. Proposta de Adequação

4.1. Planejamento das melhorias

O planejamento das melhorias foi uma etapa fundamental para a reorganização e modernização da infraestrutura elétrica do Laboratório de Metalografia, garantindo que as intervenções fossem realizadas de forma eficiente, segura e conforme as normas técnicas vigentes. Esta fase teve como base as informações obtidas no levantamento de cargas (Capítulo 3), assim como os problemas e não conformidades previamente identificadas.

O processo de planejamento considerou, inicialmente, a redefinição da distribuição elétrica no ambiente, com o objetivo de eliminar pontos de sobrecarga e improvisos, substituindo extensões e adaptadores por circuitos dedicados devidamente protegidos.

Com base nesses dados, foram definidos os seguintes critérios para o projeto:

- Segmentação do sistema em circuitos independentes, separando iluminação, tomadas de uso geral e equipamentos específicos;
- Dimensionamento dos condutores, disjuntores termomagnéticos e barramentos de acordo com a corrente de projeto;
- Previsão de reserva de carga no painel elétrico, visando futuras expansões e solicitações específicas dos cursos da área de mecânica;
- Identificação dos pontos onde futuramente será instalado o sistema de climatização, definindo previamente os pontos elétricos e proteção dedicada;
- Implementação de dispositivos de proteção, como IDR_s e DPS_s, conforme exigido pela NBR 5410/2004 e pelas recomendações de segurança da NR-10;
- Posicionamento adequado dos quadros de distribuição e infraestrutura física (eletrodomésticos, condutores e caixas de passagem).

Durante o planejamento, também foi avaliado o trajeto de alimentação entre o Quadro Geral de baixa tensão (QGBT) da oficina mecânica da escola (que fornece alimentação elétrica para o novo quadro de distribuição do laboratório) e o Painel principal de distribuição da escola. Embora a alimentação principal estivesse operacional (Painel principal de distribuição até QGBT da oficina), identificou-se a

ausência de um condutor de proteção (terra), fator posteriormente destacado como sugestão para intervenção futura (Capítulo 6).

A etapa de planejamento também incluiu a elaboração dos diagramas elétricos unifilares, planta baixa com marcação dos pontos elétricos, lista de materiais e o cronograma de execução da obra, possibilitando controle de prazos, recursos e mão de obra envolvida.

O planejamento foi essencial para garantir que a execução fosse realizada com assertividade, reduzindo riscos e evitando retrabalhos, resultando em um ambiente mais seguro, funcional e adequado ao uso acadêmico e técnico.

4.2. Cálculo da carga térmica

Como parte do planejamento das melhorias elétricas do Laboratório de Metalografia, foi considerada a futura instalação de um sistema de climatização com o objetivo de proporcionar conforto térmico aos usuários. Para isso, tornou-se essencial o dimensionamento da carga térmica do ambiente, permitindo prever com precisão os circuitos de alimentação elétrica no novo painel de distribuição.

O cálculo da carga térmica foi realizado com base na metodologia simplificada descrita na ABNT NBR 5858/1983 – Condicionador de ar doméstico, que considera as principais fontes internas e externas de calor que influenciam o desempenho do sistema de climatização.

Os fatores levados em consideração na avaliação do ambiente foram:

- Número de pessoas que ocupam o laboratório simultaneamente, considerando a carga térmica média gerada por pessoa;
- Equipamentos elétricos em funcionamento, como microscópios metalográficos, politrizes, computadores, cujas potências foram somadas conforme o levantamento de carga;
- Dimensões do ambiente (volume e área útil);
- Presença de janelas e orientação solar, avaliando o impacto da radiação incidente e o tempo de exposição ao sol;
- Tipo de iluminação instalada, especialmente se há lâmpadas fluorescentes ou LED;
- Isolamento térmico do ambiente (paredes, forros e janelas).

Com base nesses dados, foi possível estimar uma carga térmica total em BTU/h, necessária para climatizar adequadamente o espaço.

O valor obtido permite não apenas selecionar corretamente o condicionador de ar ideal, como também prever com precisão os circuitos de alimentação elétrica específicos para esse equipamento, considerando:

- Corrente nominal em funcionamento,
- Proteção por disjuntor termo-magnético,
- Seção dos condutores de alimentação elétrica,
- E possíveis ponto(s) de instalação do(s) equipamento(s) na planta do laboratório.

Esse dimensionamento prévio fortalece o planejamento elétrico como um todo, garantindo que, mesmo antes da instalação do aparelho de ar-condicionado, o painel elétrico já possua reserva de carga e infraestrutura adequada para comportar o sistema futuro sem necessidade de intervenções adicionais.

Figura 19 - Formulário para cálculo simplificado de carga térmica

06/03/25 00:03			Carga Térmica									
Cliente:	ETEC Prof. Horácio Augusto da Silveira - Ambiente: Metalografia (Sala 25)											
Local:	Rua Alcantara - 113 - Vila Guilherme - São Paulo/ SP											
Procedência do calor	Unidades			Fatores			Unid.xFator					
	Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	Btu/h					
Tipo I - Janelas c/ Insolação							14070					
1.1 - Norte			0,00	1000	480	290	0					
1.2 - Nordeste			0,00	1000	400	290	0					
1.3 - Leste			0,00	1130	550	360	0					
1.4 - Sudeste	2,1	2,1	4,41	840	360	290	1588					
1.5 - Sul			0,00	0	0	0	0					
1.6 - Sudoeste	10	2,1	21,00	1680	670	480	14070					
1.7 - Oeste			0,00	2100	920	630	0					
1.8 - Noroeste			0,00	1500	630	400	0					
Tipo II - Janelas Transmissão	Largura	Altura	Total									
2.1 - Vidro comum	12,10	2,10	25,41	210								
2.2 - Tijolo de vidro/ vidro duplo	0	0	0,00	105								
Tipo III - Paredes	Largura	Altura	Área Janela	Constr. Leve	Cons. Pesada	2408						
3.1 - Externas voltadas p/ o sul			0,00	55	42	0						
3.2 - Externas outras orientações	12,1	1,1	13,31	84	50	666						
3.3 - Interna // ambientes f/ cond.	16,5	3,2	52,80	33								
Tipo IV - Teto	Compr.	Largura	Total									
4.1 - Laje			0,00	315								
4.2 - Em laje, c/2,5 cm de isolamento ou mais			0,00	125								
4.3 - Entre andares			0,00	52								
4.4 - Sob telhado isolado	10	7	65,00	72								
4.5 - Sob telhado sem isolamento			0,00	160								
Tipo V - Piso	Compr.	Largura	Total									
Piso não colocado sobre o solo			0,00	52								
Tipo VI - Pessoas												
Em Atividade Normal	21			630								
Em Atividade Física (Academia)				1000								
Tipo VII - Iluminação e aparelhos												
Lâmpadas (Incandescentes)	0	W		4	0							
Lâmpadas (Fluorescentes)	512	W		5	2560							
Aparelhos Elétricos	1,8	KW		3412,14	6141,852							
Motores	0	HP		645	0							
Número de Computadores	1			3,412	1364,8							
Tipo VIII - Portas ou vãos	Largura	Altura	Total									
Abertos constantemente	0	0	0	630								
				SubTotal	49791							

Fonte: Adaptado (ABNT, 1983)

Alimentado os dados referentes ao ambiente na tabela acima, chegamos no valor indicado no campo subtotal de 49791 BTU/h, valor de potência de refrigeração para o ambiente. Porém a lei federal 13.589 de 2018, determina valores de taxa de renovação de ar para ambiente climatizados artificialmente, dessa forma se faz necessário o acréscimo dessa taxa de ar externo no ambiente no cálculo de carga térmica.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, através da Resolução 09 de 16 de janeiro de 2003, determina os Padrões Referenciais de Qualidade de Ar Interior em ambientes climatizados Artificialmente de uso público e coletivo.

Consultando a legislação temos a taxa de renovação de ar conforme abaixo:

a Taxa de Renovação do Ar adequada de ambientes climatizados será, no mínimo, de 27 m³/hora/pessoa, exceto no caso específico de ambientes com alta rotatividade de pessoas. Nestes casos a Taxa de Renovação do Ar mínima será de 17 m³/hora/pessoa, não sendo admitido em qualquer situação que os ambientes possuam uma concentração de CO₂ , maior ou igual a estabelecida em IV2.1, desta Orientação Técnica (Brasil, 2003)

No laboratório de Metalografia, são previstas 21 pessoas (Máximo) no período de aulas regulares (20 alunos + professor). Dessa forma temos:

Taxa de ar externo: 21 Pessoas x 27m³h = 567 m³/h.

De posse da vazão de ar externo, procedemos o cálculo para determinar a taxa de calor necessária para abaixar a temperatura do ar externo de renovação que será introduzido no ambiente à 32°C, e deverá ser resfriada até a temperatura ambiente climatizada (22°C)

Figura 20 - Cálculo de calor sensível e calor latente do ar externo nas condições ambientais

Ar Externo	567 m ³ /h
Carga devido ao ar externo	
2303,4375 kcal/h	9121,613 BTU/h
QT= Qs+QL = M X CP x Dt +(M x L x (Ge-Gs))	
Umidade Ar Ambiente	9 g/kg.ar
Umidade Ar Externo	11,5 g/kg.ar
Temperatura Ar externo	32
Temperatura Ar ambiente	22
Cp Ar	0,24 Kcal/kg.°c
L- vaporização água	600 Kcal/kg
V específico Ar externo	0,96 m ³ /kg
Massa Especifica	1.041667 kg/m ³
V específico Ar interno	0,93 m ³ /kg
Massa Especifica	1.075269 kg/m ³

Fonte: Os autores

Com os valores do cálculo da carga térmica do ambiente, acrescido dos valores de calor para resfriar o ar de renovação e o fator climático da região definido pela ABNT 5858/1983, temos a estimativa completa da carga térmica do ambiente.

Figura 21 - Resumo cálculo simplificado de carga térmica com renovação de ar ambiente

Cálculo Simplificado de Carga Térmica		
Cliente:	ETEC Prof. Horácio Augusto da Silveira - Ambiente: Metalografia (Sala 25)	
Local:	Rua Alcantara - 113 - Vila Guilherme - São Paulo/ SP	
Carga Térmica		
	Procedências do Calor	BTU/h
1	Janelas: Insolação	14070
2	Janelas: Transmissão	5336
3	Paredes	2408
4	Teto	4680
5	Piso	0
6	Pessoas	13230
7	Iluminação e Aparelhos	10067
8	Ar externo	9122
9	Portas ou Vãos abertos	0
	Fator Climático da Região	0,85
Resultado da Carga Térmica (BTU/h)		50075
Resultado da Carga Térmica (Kcal/h)		12519
Resultado da Carga Térmica (TR)		4,2
Aparelho	Modelo	Tensão
1 x 48.000 BTU/h	Piso-Teto	220 V - 3ø
	OU	
2 x 24.000 BTU/h	Hi-Wall	220 V - 2ø
Calculista:	Uilton Novais	

Fonte: Adaptado (ABNT, 1983)

Como resultado de carga térmica total para o ambiente temos 50075 BTU/h (calculado). Comercialmente temos algumas opções de aparelhos conforme consta na figura 21.

4.2.1. Potência elétrica dos aparelhos de ar condicionado.

Consultado o catalogo de fabricante de aparelhos de ar condicionado do tipo Split, extraímos os dados de potência elétrica, baseado na capacidade térmica, conforme a informação dos fabricantes Gree e Elgin, para a capacidade 24000 BTU/h.

Tabela: 2 - Equipamentos instalados no laboratório

Fabricante	Capacidade Térmica	Potência elétrica
Elgin Eco Inverter II	24000 BTU/h (7032 W)	2760 W
GREE Garden Inverter	24000 BTU/h (7032 W)	2600 W

Fonte: Os Autores

4.3. Dimensionamento dos circuitos e componentes elétricos

A Norma ABNT NBR 5410 estabelece critérios para dimensionamento de condutores elétricos (definir a seção mínima) de um circuito elétrico, dentre eles podemos destacar:

1. Capacidade de condução de corrente;
2. Seção mínima.

No critério de capacidade de condução de corrente, conforme (ABNT, 2004) item 5.3.4.1, para que a proteção dos condutores elétricos contra sobrecargas fique assegurada, a corrente nominal do dispositivo de proteção, deverá ser escolhida com base na expressão abaixo:

$$\mathbf{IB \leq In \leq Iz}$$

IB: é a corrente de projeto do circuito;

In: é a corrente nominal do dispositivo de proteção (Disjuntor ou Fusível)

Iz: é a capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para sua instalação.

Os valores de **IB** são obtidos através de cálculos ou através dos dados de placa do equipamento elétrico.

Os valores da **In**, são obtidos através de tabelas específicas de dispositivos de proteção.

Tabela: 3 - MINI DISJUNTORES TERMOMAGNÉTICOS DIN - 2A até 63A

Mini disjuntores termomagnéticos - 3kA (NBR NM 60898)										
Corrente Nominal In (A)	2	4	6	10	16	20	32	40	50	63

Fonte: Os autores: Adaptado Catalogo Siemens/ STECK

Os valores de **Iz**, é baseada em valores tabelados pela NBR 5410/2004 e variam conforme o método de instalação, quantidade de condutores carregados no trecho e aplicação de fatores de correção para determinadas condições.

Para o cálculo de I_z , devemos nos atentar ao item 6.2 e seus subitens da NBR 5410 – Seleção e instalação de linhas elétricas.

4.3.1. Método de instalação

É a forma com que os circuitos elétricos serão dispostos na instalação. A NBR 5410/2004 em sua tabela 33, apresenta 75 métodos possíveis de instalação, entre eles os mais usuais em instalações elétricas de baixa tensão: eletroduto, eletrocalha, leito, perfilado.

Figura: 22 - Tabela de Instalação método de instalação

Tabela 33 — Tipos de linhas elétricas

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

Fonte: ABNT, 2004

A tabela 36 e 37 da norma ABNT 5410/2004, relaciona a capacidade de condução de corrente dos condutores elétricos, sobre influência dos métodos de instalação.

Figura: 23 - Capacidade de condução de corrente condutores de cobre com isolação PVC

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

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70°C

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

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

Fonte: ABNT, 2004

Figura: 24 - Capacidade de condução de corrente condutores de cobre unipolar com isolação EPR ou XLPE

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

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: EPR ou XLPE

Temperatura no condutor: 90°C

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

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
	Cobre											
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1 122	923	711	596
800	885	792	805	721	1 158	1020	952	837	1 311	1 074	811	679
1 000	1014	908	923	826	1332	1 173	1 088	957	1 515	1 237	916	767

Fonte: ABNT, 2004

4.3.2. Temperatura Ambiente

O item 6.2.5.3.1 da NBR 5410/2004, define que o valor da temperatura ambiente a utilizar é o da temperatura do meio circundante quando o condutor considerado não estiver carregado.

Os valores de capacidade de condução de corrente apresentados nas tabelas acima, são referenciados, considerando a temperatura ambiente de instalação dos condutores de 30°C, para valores de temperatura ambiente diferente de 30°C, deverá ser aplicado um fator de correção na capacidade de condução corrente conforme consta em tabela (ABNT,2004).

Figura: 25 - Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C**Tabela 40 — Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas**

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

Fonte: ABNT, 2004

4.3.3. Agrupamento de circuitos

O item 6.2.5.5 da NBR 5410/2004, trata da questão de quantidade de circuitos elétricos agrupado, ou seja, circuitos que sejam instalados em mesmo método de instalação. Conforme a quantidade de circuitos agrupados, a capacidade de condução de corrente dos cabos elétricos diminui, necessitando aplicar um fator de correção, conforme indicado em tabela da norma.

No item 6.2.5.5.2 da NBR 5410/2004, temos uma informação importante a considerar durante o cálculo do fator de agrupamento dos circuitos:

Os condutores para os quais se prevê uma corrente de projeto não superior a 30% de sua capacidade de condução de corrente, já determinada observando-se o fator de agrupamento incorrido, podem ser desconsiderados para efeito de cálculo do fator de correção aplicável ao restante do grupo. (ABNT, 2004)

Figura: 26 - Fatores de correção de capacidade de condução de corrente para circuitos agrupados.

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		
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71		0,70			36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62		0,61			
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72		0,72			38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78		0,78			

Fonte: ABNT, 2004

4.3.4. Cálculo de IZ

Após apresentado dos diversos fatores de correção que deverão ser levados em consideração no momento do dimensionamento dos cabos elétricos de nossa instalação, podemos apresentar a seguinte equação:

$$Iz = I'z \times Fa \times F_{temp}$$

Sendo:

Iz = Capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para sua instalação.

I'z = Capacidade de condução de corrente dos condutores (Tabela 36 e 37 – NBR 5410/2004)

Fa = Fator de agrupamento (Tabela 42 - NBR 5410/2004)

F_{temp} = Fator de correção para temperatura (Para Temp. ambiente diferente de 30°C).

4.3.5. Critério de Seção Mínima

As seções mínimas dos condutores de fase são estabelecidas por razões de esforço mecânico (ABNT, 2004).

Para as instalações elétricas fixas as seções mínimas são as seguintes:

Tabela: 4 - Seções mínimas para condutores elétricos

Utilização	Seção mínima condutor de cobre
Círculo de iluminação	1,5 mm ²
Círculo de Força	2,5 mm ²
Círculo de sinalização e controle	0,5 mm ²

Fonte: Os Autores - Adaptado Tabela 47 (ABNT, 2004).

4.3.6. Dimensionamento

Procedimento adotado para dimensionamento dos cabos e proteções

De posse de alguns dados da instalação, podemos aplicar a sequência de procedimentos abaixo para determinar os condutores elétricos e proteções adequadas aos circuitos.

1º Corrente de projeto = I_B

O valor de I_B , deve ser obtido através dos dados de placa do equipamento, ou na ausência desse, calculado através das formulas abaixo.

Circuitos monofásicos	$I_B = \frac{P}{V}$	Sendo: I_B = Corrente elétrica do circuito (A)
Circuitos trifásicos	$I_B = \frac{P}{V \cdot \sqrt{3}}$	P = Potência elétrica do circuito em (Va) V = Tensão elétrica do circuito (V)

2º Consultar as tabelas 36 ou 37 da ABNT 5410/2004, para determinar o valor de $I'Z$.

Considerar:

- Método de instalação (Tabela 33)
- Quantidade de condutores carregados no trecho (Tabela 46)

Nas tabelas 36 ou 37, podemos selecionar um condutor para o circuito baseado nas informações acima.

Cabo de cobre:

Seção nominal ____ mm² - Isolação:____ V: $I'Z = \text{_____ A}$

3º através do valor de $I'Z$, procedemos o cálculo do I_Z , corrigido para as condições da instalação.

$$I_Z = I'Z \times F_a \times F_{temp}$$

Sendo:

I_Z = capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para sua instalação.

F_a = Fator de agrupamento (Tabela 42)

F_{temp} = Fator de correção para temperatura diferente de 30°C (Tabela 40)

4° Seleção da proteção (Disjuntor)

De posse de I_B e I_Z , temos que selecionar um disjuntor com capacidade de condução de corrente que atenda à expressão:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

Consultar a Tabela: 3 - MINI DISJUNTORES TERMOMAGNÉTICOS DIN - 2A até 63A e selecionar um disjuntor com I_n padronizada que esteja entre I_B e I_Z .

Trecho 1 - Entrada (QGBT até Quadro LAB)

Potencia 24400 VA - 220 V Trifásico + Neutro + Terra

Tipo de instalação: eletroduto embutido em parede de alvenaria.

Temperatura do ambiente: 30°C

Condutores: cabo flexível isolado em cobre 750V

Quantidade de condutores carregados = 3

Quantidade de circuitos agrupados no trecho = 1

Corrente de projeto = I_B

$$I_B = \frac{P}{V \cdot \sqrt{3}}$$

$$I_B = \frac{24400}{220 \cdot \sqrt{3}} = 64,1 \text{ A}$$

Consultando as tabelas da ABNT 5410/2004, para determinar o valor de I'_Z .

Método de instalação (Tabela 33) = B1

Fator de agrupamento (Tabela 42) = 1

Número de condutores carregados no trecho = 3

Cabo de cobre:

Seção nominal 16 mm²: $I'Z = 68 \text{ A}$

Seção nominal 25 mm²: $I'Z = 89 \text{ A}$

$$IZ = I'Z \times Fa \times Ftemp$$

$$IZ = 68 \times 1 \times 1$$

$$IZ = 68 \text{ A}$$

Nessa condição o valor do $IZ = I'Z = 68 \text{ A}$, para o condutor de cobre 16 mm² e não atende, pois não temos um dispositivo de proteção com valor da I_n padronizada que atenda à expressão.

$$IB \leq I_n \leq IZ$$

$$64,1 \leq I_n \leq 68$$

Seguimos com o dimensionamento, considerando o cabo de 25mm² para verificar se atende a expressão.

$$IZ = I'Z \times Fa \times Ftemp$$

$$IZ = 89 \times 1 \times 1$$

$$IZ = 89 \text{ A}$$

Seleção da proteção (Disjuntor)

$$IB \leq I_n \leq IZ$$

$$64,1 \leq I_n \leq 89$$

O disjuntor termo-magnético de 80A que atende a expressão.

$$IB \leq I_n \leq IZ$$

$$64,1 \leq 80 \leq 89$$

Adotados:

Mini disjuntor Tripolar DIN 80A - Curva C

Disjuntor caixa moldada Tripolar 80A

5 Cabos isolado 750 V - 25 mm²

Trecho 2 - Forno

Dados de placa do equipamento utilizados para dimensionamento

Tensão: 220V - Bifásico + Terra

Corrente elétrica: 37 A

Tipo de instalação: eletroduto galvanizado fixado sobre a parede.

Temperatura do ambiente: 30°C

Condutores: cabo flexível isolado em cobre 750V

Quantidade de condutores carregados = 2

Quantidade de circuitos agrupados no trecho = 1

Corrente de projeto = I_B = 37A

Consultando as tabelas da ABNT 5410/2004, para determinar o valor de $I'Z$.

Método de instalação (Tabela 33) = B1

Fator de agrupamento (Tabela 42) = 1

Cabo de cobre:

Seção nominal 6 mm²: $I'Z$ = 41 A

$$I_Z = I'Z \times F_a \times F_{temp}$$

$$I_Z = 41 \times 1 \times 1$$

$$I_Z = 41 \text{ A}$$

Seleção da proteção (Disjuntor)

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$37 \leq I_n \leq 41$$

Temos o disjuntor de 40A que atende a expressão.

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$37 \leq 40 \leq 41$$

Adotado

Mini disjuntor bipolar DIN 40A - Curva B

3 Cabo isolado 750V - 10mm² *

*(Adotado cabo de maior seção que o calculado, devido ao cabo ser oriundo de doação).

Trecho 3 - Politrizes metalográficas

- Politriz 1/2: 500VA - 220V Trifásico + Terra
- Politriz 3: 700 VA - 220 V Bifásico + Terra

Tipo de instalação: eletroduto galvanizado fixado sobre a parede.

Temperatura do ambiente: 30°C

Condutores: cabo flexível isolado em cobre 750V

Quantidade de condutores carregados = 3

Quantidade de circuitos agrupados no trecho = 2

Politriz 1/2

$$I_B = \frac{500}{220 \cdot \sqrt{3}} = 1,31 \text{ A}$$

Consultando as tabelas da ABNT 5410/2004, para determinar o valor de I'Z.

Método de instalação (Tabela 33) = B1

Fator de agrupamento (Tabela 42) = 0,80

Cabo de cobre:

Seção nominal 2,5 mm²: I'Z = 21 A

$$I_Z = I'Z \times F_a \times F_{temp}$$

$$I_Z = 21 \times 0,80 \times 1$$

$$I_Z = 16,8 \text{ A}$$

Seleção da proteção (Disjuntor)

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$1,31 \leq I_n \leq 16,8$$

Temos o disjuntor de 4 A que atende a expressão.

$$1,31 \leq 4 \leq 16,8$$

Adotado:

Minidisjuntor Triipolar DIN 4A - Curva C

Cabo: 4 Cabos isolado 750V - 2,5 mm² *

* Adotado cabo de maior seção que o calculado, para atender o critério da seção mínima

Politriz 3

$$IB = \frac{700}{220} = 3,19 \text{ A}$$

Consultando as tabelas da ABNT 5410/2004, para determinar o valor de I'Z.

Método de instalação (Tabela 33) = B1

Fator de agrupamento (Tabela 42) = 0,80

Cabo de cobre:

Seção nominal 2,5 mm²: I'Z = 21 A

$$IZ = I'Z \times Fa \times Ftemp$$

$$IZ = 21 \times 0,80 \times 1$$

$$IZ = 16,8 \text{ A}$$

Seleção da proteção (Disjuntor)

$$IB \leq In \leq IZ$$

$$3,19 \leq In \leq 16,8$$

Temos o disjuntor de 16 A que atende a expressão.

$$IB \leq In \leq IZ$$

$$3,19 \leq 16 \leq 16,8$$

Adotado:

Mini disjuntor bipolar DIN 16A - Curva C

Cabo: 3 Cabos isolado 750V - 2,5 mm² *

* Adotado cabo de maior seção que o calculado, para atender o critério da seção mínima

Trecho 4 - Estufa / Cortadora metalográfica e embutidora

- Estufa: 2900 VA - 220V Bifásico + Terra
- Cortadora Metalográfica: 1875 VA - 220V Trifásico + Terra
- Embutidora: 750VA - 220V - Bifásico + Terra

Tipo de instalação: eletroduto galvanizado fixado sobre a parede.

Temperatura do ambiente: 30°C

Condutores: cabo flexível isolado em cobre 750V

Quantidade de condutores carregados = 3

Quantidade de circuitos agrupados no trecho = 3

Estufa

Corrente de projeto = IB

$$IB = \frac{2900}{220} = 13,18 \text{ A}$$

Consultando as tabelas da ABNT 5410/2004, para determinar o valor de I'Z.

Método de instalação (Tabela 33) = B1

Fator de agrupamento (Tabela 42) = 0,70

Cabo de cobre:

Seção nominal 2,5 mm²: I'Z = 21 A

$$IZ = I'Z \times Fa \times Ftemp$$

$$IZ = 21 \times 0,70 \times 1$$

$$IZ = 14,7 \text{ A}$$

IZ = 14,7 A, para o condutor de cobre 2,5 mm². Porém nessa condição não atende a necessidade, pois não existe disjuntor com valor da In padronizada entre os valores da expressão abaixo.

$$IB \leq In \leq IZ$$

$$13,18 \leq In \leq 14,7$$

Diante disso, selecionamos o próximo condutor da lista para verificar se atende ao critério.

Cabo de cobre:

Seção nominal 4 mm²: I'Z = 28 A

$$IZ = I'Z \times Fa \times Ftemp$$

$$IZ = 28 \times 0,70 \times 1$$

$$IZ = 19,6 \text{ A}$$

Seleção da proteção (Disjuntor)

$$IB \leq In \leq IZ$$

$$13,18 \leq In \leq 19,6$$

Temos o disjuntor de 16 A que atende a expressão.

$$13,18 \leq 16 \leq 19,6$$

Adotado:

Mini disjuntor bipolar DIN 16A - Curva C

Cabo: 3 Cabos isolado 750V - 4 mm²

Cortadora Metalográfica

Corrente de projeto = IB

$$IB = \frac{1875}{220 \cdot \sqrt{3}} = 4,92A$$

Consultando as tabelas da ABNT 5410/2004, para determinar o valor de I'Z.

Método de instalação (Tabela 33) = B1

Fator de agrupamento (Tabela 42) = 0,70

Cabo de cobre:

Seção nominal 2,5 mm²: I'Z = 21 A

$$IZ = I'Z \times Fa \times Ftemp$$

$$IZ = 21 \times 0,70 \times 1$$

$$IZ = 14,7 A$$

Seleção da proteção (Disjuntor)

De posse de IB e IZ, temos que selecionar um disjuntor com capacidade de condução de corrente que atenda à expressão:

$$IB \leq In \leq IZ$$

$$4,92 \leq In \leq 14,7$$

Temos o disjuntor de 10 A que atende a expressão.

$$IB \leq In \leq IZ$$

$$4,92 \leq 10 \leq 14,7$$

Adotado:

Mini disjuntor tripolar DIN 10A - Curva C

Cabo: 4 Cabos isolado 750V - 2,5 mm² *

* Adotado cabo de maior seção que o calculado, para atender o critério da seção mínima

Embutidora

Corrente de projeto = IB

$$IB = \frac{750}{220} = 3,4 \text{ A}$$

Consultando as tabelas da ABNT 5410/2004, para determinar o valor de I'Z.

Método de instalação (Tabela 33) = B1

Fator de agrupamento (Tabela 42) = 0,70

Cabo de cobre:

Seção nominal 2,5 mm²: I'Z = 21 A

$$IZ = I'Z \times Fa \times Ftemp$$

$$IZ = 21 \times 0,70 \times 1$$

$$IZ = 14,7 \text{ A}$$

Seleção da proteção (Disjuntor)

$$IB \leq In \leq IZ$$

$$3,4 \leq In \leq 14,7$$

Temos o disjuntor de 10 A que atende a expressão.

$$IB \leq In \leq IZ$$

$$3,4 \leq 10 \leq 14,7$$

Adotado:

Mini disjuntor bipolar DIN 10A - Curva C

Cabo: 3 Cabos isolado 750V - 2,5 mm² *

* Adotado cabo de maior seção que o calculado, para atender o critério da seção mínima

Trecho 5 - Maquina de tração / Ponto trifásico

- Máquina de tração: 2250 VA - 220V Trifásico + Neutro + Terra
- Ponto Trifásico: 3500 VA - 220V Trifásico + Terra

Tipo de instalação: eletroduto galvanizado fixado sobre a parede.

Temperatura do ambiente: 30°C

Condutores: cabo flexível isolado em cobre 750V

Quantidade de condutores carregados = 3

Quantidade de circuitos agrupados no trecho = 2

Máquina de tração

$$I_B = \frac{2250}{220 \cdot \sqrt{3}} = 5,91A$$

Consultando as tabelas da ABNT 5410/2004, para determinar o valor de I'Z.

Método de instalação (Tabela 33) = B1

Fator de agrupamento (Tabela 42) = 0,80

Cabo de cobre:

Seção nominal 2,5 mm²: I'Z = 21 A

$$I_Z = I'Z \times F_a \times F_{temp}$$

$$I_Z = 21 \times 0,80 \times 1$$

$$I_Z = 16,8 A$$

Seleção da proteção (Disjuntor)

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$5,91 \leq I_n \leq 16,8$$

Temos o disjuntor de 16 A que atende a expressão.

$$5,91 \leq 16 \leq 16,8$$

Adotado:

Mini disjuntor bipolar DIN 16A - Curva C

Cabo: 5 Cabos isolado 750V - 2,5 mm² *

* Adotado cabo de maior seção que o calculado, para atender o critério da seção mínima

Ponto Trifásico

$$IB = \frac{3500}{220 \cdot \sqrt{3}} = 9,2 \text{ A}$$

Consultando as tabelas da ABNT 5410/2004, para determinar o valor de $I'Z$.

Método de instalação (Tabela 33) = B1

Fator de agrupamento (Tabela 42) = 0,80

Cabo de cobre:

Seção nominal 2,5 mm²: $I'Z = 21 \text{ A}$

$$IZ = I'Z \times Fa \times Ftemp$$

$$IZ = 21 \times 0,80 \times 1$$

$$IZ = 16,8 \text{ A}$$

Seleção da proteção (Disjuntor)

$$IB \leq In \leq IZ$$

$$9,2 \leq In \leq 16,8$$

Temos o disjuntor de 16 A que atende a expressão.

$$IB \leq In \leq IZ$$

$$9,2 \leq 16 \leq 16,8$$

Adotado:

Mini disjuntor bipolar DIN 16A - Curva C

Cabo: 4 Cabos isolado 750V - 2,5 mm² *

* Adotado cabo de maior seção que o calculado, para atender o critério da seção mínima

Trecho 6 - Tomadas de uso geral 127V e 220V

- Tomadas de Uso Geral - 2000VA - TUG 220V

- Tomadas de Uso Geral - 2000VA - TUG 127V

Tipo de instalação: eletroduto galvanizado fixado sobre a parede.

Temperatura do ambiente: 30°C

Condutores: cabo flexível isolado em cobre 750V

Quantidade de condutores carregados = 2

Quantidade de circuitos agrupados no trecho = 2

TUG 220V

$$IB = \frac{2000}{220} = 9,09 \text{ A}$$

Consultando as tabelas da ABNT 5410/2004, para determinar o valor de $I'Z$.

Método de instalação (Tabela 33) = B1

Fator de agrupamento (Tabela 42) = 0,80

Cabo de cobre:

Seção nominal 2,5 mm²: $I'Z = 24 \text{ A}$

$$IZ = I'Z \times Fa \times Ftemp$$

$$IZ = 24 \times 0,80 \times 1$$

$$IZ = 19,2 \text{ A}$$

Seleção da proteção (Disjuntor)

$$IB \leq In \leq IZ$$

$$9,09 \leq In \leq 19,2$$

Temos o disjuntor de 16 A que atende a expressão.

$$IB \leq In \leq IZ$$

$$9,09 \leq 16 \leq 19,2$$

Adotado:

Mini disjuntor bipolar DIN 16A - Curva C

Cabo: 3 Cabos isolado 750V - 2,5 mm² *

* Adotado cabo de maior seção que o calculado, para atender o critério da seção mínima

TUG 127V

$$IB = \frac{2000}{127} = 15,74 \text{ A}$$

Consultando as tabelas da ABNT 5410/2004, para determinar o valor de $I'Z$.

Método de instalação (Tabela 33) = B1

Fator de agrupamento (Tabela 42) = 0,80

Cabo de cobre:

Seção nominal 2,5 mm²: $I'Z = 24 \text{ A}$

$$IZ = I'Z \times Fa \times Ftemp$$

$$IZ = 24 \times 0,80 \times 1$$

$$IZ = 19,2 \text{ A}$$

Seleção da proteção (Disjuntor)

$$IB \leq In \leq IZ$$

$$15,74 \leq In \leq 19,2$$

Temos o disjuntor de 16 A que atende a expressão.

$$IB \leq In \leq IZ$$

$$15,74 \leq 16 \leq 19,2$$

Adotado:

Mini disjuntor Bipolar DIN 16A - Curva C

Cabo: 3 Cabos isolado 750V - 2,5 mm²

Dimensionamento dos eletrodutos

O Critério de dimensionamento do diâmetro interno do eletroduto, item 6.2.11.1.6 da ABNT 5410/2004.

A taxa de ocupação do eletroduto, dada pelo quociente entre a soma das áreas das seções transversais dos condutores previstos, calculadas com base no diâmetro externo, e a área útil da seção transversal do eletroduto, não deve ser superior a :

- 53% no caso de um condutor;
- 31% no caso de dois condutores;
- 40% no caso de três ou mais condutores, (ABNT, 2004).

Com base nos parâmetros acima, podemos aplicar a fórmula para calcular a área dos eletrodutos em cada trecho, considerando a taxa de ocupação de 40%, pois todos nossos circuitos terão pelo menos 3 condutores por trecho.

$AC \leq 0,4 \cdot AE$	
$AE = \frac{\pi \cdot di^2}{4}$	$AC \leq 0,4 \cdot \frac{\pi \cdot di^2}{4} \rightarrow \frac{4 \cdot AC}{\pi \cdot 0,4} \leq di^2 \rightarrow \sqrt{\frac{4 \cdot AC}{\pi \cdot 0,4}} \leq di$

$di \geq \sqrt{\frac{10 \cdot AC}{\pi}}$	Onde: di = Diâmetro interno mínimo calculado para o eletroduto. AC = Somatória das áreas dos condutores do trecho. AE = Área útil do eletroduto
--	--

Tabela: 5 - Cabo de cobre isolado 750V

Seção	Diâmetro externo com isolação (mm)	Área total com isolação (mm ²)
1,5 mm ²	2,9	6,61
2,5 mm ²	3,4	9,08
4 mm ²	4	12,57
6 mm ²	4,5	15,90
10mm ²	5,9	27,37
16 mm ²	7	38,48
25 mm ²	8,8	60,82

Fonte: Os autores - Adaptado catalogo SIL fios e cabos elétricos

Tabela: 6 - Cabo de unipolar XLPE 0,6/1kV

Seção	Diâmetro externo com isolação (mm)	Área total com isolação (mm ²)
1,5 mm ²	4,5	15,90
2,5 mm ²	5,2	21,24
4 mm ²	5,5	23,76
6 mm ²	6,1	29,22
10mm ²	7,6	45,36
16 mm ²	8,4	55,42
25 mm ²	10,3	83,32

Fonte: Os autores - Adaptado catalogo SIL fios e cabos elétricos

Em nosso projeto, temos seis trechos de eletrodutos a dimensionar, onde realizamos os cálculos aplicando a fórmula acima em uma planilha eletrônica, conforme apresentado abaixo:

Figura: 27 - Cálculo dos diâmetros dos eletrodutos da instalação

Trecho 1 QGBT - QD. LAB		Trecho 2 - Forno	
5 cabos 25 mm ² - 750 V		3 cabos 10 mm ² - 750V	
Distância 3 m		Distância 9 m	
Área total cabos	304,11 mm ²	Área total cabos	82,02 mm ²
Diâmetro interno	31,11 mm	Diâmetro interno	16,16 mm
Eletroduto Adotado:	1 1/2 Pol	Eletroduto Adotado:	3/4 Pol
Trecho 3 - Politrizes		Trecho 4 - Estufa/ Serra/embutidora	
7 cabos 2,5 mm ² - 750V		11 cabos 2,5 mm ² - 750V	
Distância 9 m		Distância 7 m	
Área total cabos	63,55 mm ²	Área total cabos	99,87 mm ²
Diâmetro interno	14,22 mm	Diâmetro interno	17,83 mm
Eletroduto Adotado:	3/4 Pol	Eletroduto Adotado	3/4 Pol
Trecho 5 - Máquina de tração + Ponto 3Ø		Trecho 6 - TUG 127 V/ 220V + TUE 127V	
5 cabos 2,5 mm ² - 750V		7 cabos 2,5 mm ² - 750V	
Distância 6 m		Distância 15m	
Área total cabos	72,63 mm ²	Área total cabos	63,55 mm ²
Diâmetro interno	15,21 mm	Diâmetro interno	14,22 mm
Eletroduto Adotado:	3/4 Pol	Eletroduto Adotado:	3/4 Pol

Fonte: Os autores

4.5. Custos Estimados para a adequação

Após a etapa de planejamento e projeto das instalações podemos fazer o levantamento dos materiais necessários para integralização do projeto, tais materiais são: condutores elétricos, disjuntores, DPS, IDR, barramentos, tomadas, eletrodutos e demais acessórios para realização completa da instalação.

Tabela: 7 - Custos de materiais e mão de obra para execução da instalação

Qtd	Un	Descrição	Preço unitário	Preço Total
16	m	Cabo Isolado 750 V - 25mm ²	R\$ 23,77	R\$ 380,32
233	m	Cabo isolado 2,5 mm ²	R\$ 2,05	R\$ 477,65
27	m	Cabo isolado 10 mm ²	R\$ 10,00	R\$ 270,00
1	un	Disjuntor caixa Moldada 80A	R\$ 233,00	R\$ 233,00
15	un	Disjuntores mini DIN	-	R\$ 970,75
1	un	IDR Tetrapolar 63A - 30 mA	R\$ 149,64	R\$ 149,64
1	un	Quadro metálico + acessórios	-	R\$ 876,79
5	br	Eletroduto galvanizado + acessórios	-	R\$ 238,30
4	un	Dispositivo de proteção contra surtos DPS Tomadas/ interruptores/ plugs/ conectores	R\$ 35,88	R\$ 143,52
1	Vb	Miscelaneas	-	R\$ 290,32
160	h	Mão de obra (20h x 8 pessoas) <u>(Ref. SINAPI 04/2025)</u>	R\$ 44,32	R\$ 200,00
				TOTAL R\$ 11.321,65

Fonte: Os Autores

5. Implementação e Resultados

5.1. Execução das melhorias

Após procedermos com todos os levantamentos de potência dos equipamentos e realizarmos os cálculos de dimensionamentos dos componentes elétricos que compõem a instalação, realizamos a desmontagem da infraestrutura existente e executamos a nova instalação conforme projeto.

As etapas de execução foram documentadas através de registros fotográficos, que demonstram a equipe e as atividades sendo realizadas no ambiente.

Figura: 28 - Procedimento de montagem do painel elétrico em bancada



Fonte: Os Autores

Figura: 29 - Painel montado e fixado na parede externa do laboratório de metalografia



Fonte: Os Autores

Figura: 30 - Finalização da montagem do painel elétrico e eletrodutos de saída.



Fonte: Os Autores

Figura: 31 - Desmontagem da infraestrutura elétrica antiga e início da montagem de nova infraestrutura



Fonte: Os Autores

Figura: 32 - Instalação da nova infraestrutura de eletrodutos no laboratório



Fonte: Os Autores

Figura: 33 - Nova infraestrutura elétrica finalizada



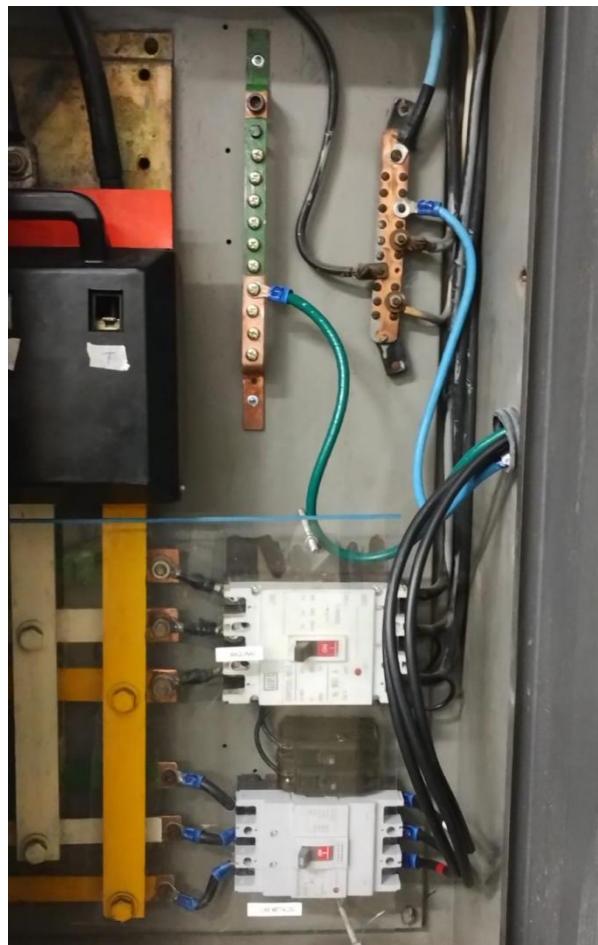
Fonte: Os Autores

Figura: 34 - Detalhe da caixa de passagem para distribuição dos circuitos elétricos no laboratório



Fonte: Os Autores

Figura: 35 - QGBT que fornece energia para o quadro do laboratório de metalografia, após instalação do disjuntor caixa moldada tripolar 80 A e barramento de terra que não possuía.



Fonte: Os Autores

5.2. Testes e verificações de segurança

Após a execução das novas instalações elétricas no Laboratório de Metalografia, foram realizados testes e verificações de segurança, com o objetivo de garantir a integridade dos usuários e o funcionamento seguro dos equipamentos.

Foram verificadas a polaridade das tomadas e dispositivos terminais, assegurando que a fase, o neutro e o condutor de proteção estavam corretamente posicionados, o que é fundamental para o funcionamento de equipamentos e atuação dos dispositivos de proteção. Além disso, foi avaliada a tensão de fornecimento nos pontos de uso, garantindo compatibilidade com os aparelhos a serem conectados.

Foram realizados testes de operação assistida nos equipamentos do laboratório, tais como o forno elétrico que ficou em operação assistida em alguns dias da semana após a conclusão da instalação, visando validar o funcionamento do equipamento e também da infraestrutura elétrica realizada.

Os pontos de tomada para equipamentos trifásicos, foram verificados além da tensão elétrica, a correta sequência das fases, o que é fundamental para o bom funcionamento dos equipamentos, principalmente aqueles que possuem motores elétricos e bombas que precisam trabalhar com a sequência de fases adequada para garantir o sentido de rotação correto do equipamento.

Outro teste essencial foi a verificação funcional do Dispositivo Diferencial Residual (IDR), responsável pela proteção contra choques elétricos. O disparo do IDR foi testado manualmente através do botão de testes incorporado no próprio dispositivo para certificar sua atuação em corrente de fuga de acima de 30 mA.

Em relação à proteção contra surtos, foi inspecionado o correto dimensionamento e instalação dos Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS), garantindo que estejam conectados corretamente a barra de aterramento do quadro elétrico.

Todos os testes foram documentados e acompanhados por registros fotográficos das medições realizadas com instrumentos apropriados, como voltímetro, fasímetro e amperímetro. As fotos anexadas a este item ilustram os pontos de medição, os equipamentos utilizados, servindo como evidência das boas práticas aplicadas.

O conjunto dos testes executados garante que a infraestrutura elétrica do laboratório atende aos critérios mínimos de segurança, desempenho e confiabilidade,

promovendo um ambiente propício para o uso educacional e experimental com os riscos elétricos minimizados.

Figura: 36 - Verificação da sequência de fases do ponto trifásico e tomada da máquina de ensaio de tração.



Fonte: Os Autores

Figura: 37 - Medição da tensão elétrica em circuito TUG 127 V



Fonte: Os Autores

Figura: 38 - Medição da tensão elétrica em circuito TUE 127 V



Fonte: Os Autores

Figura: 39 - Medição da tensão elétrica em circuito TUE 220 V



Fonte: Os Autores

Figura: 40 - Medição da tensão elétrica no disjuntor caixa moldada instalado no QGBT da oficina mecânica, que fornece alimentação elétrica o quadro do laboratório de metalografia



Fonte: Os Autores

Figura: 41 - Quadro do laboratório de Metalografia



Fonte: Os Autores

Figura: 42 - Forno elétrico do laboratório em funcionamento para testes, com temperatura de setpoint 1000°C e atingindo 832°C no momento do registro.



Fonte: Os Autores

Figura: 43 - Medição da corrente elétrica do circuito de alimentação do forno elétrico, durante o seu pleno funcionamento.



Fonte: Os Autores

5.3. Sugestões de continuidade do trabalho

Durante a execução da adequação elétrica do Laboratório de Metalografia, foi possível identificar melhorias fundamentais que ainda precisam ser implementadas para garantir a plena segurança e eficiência do sistema elétrico da unidade. Dentre elas, destaca-se a necessidade de implantação da infraestrutura de aterramento no Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT), responsável por alimentar o painel instalado na área da metalografia.

No momento da intervenção, constatou-se que o QGBT não possui um condutor de proteção (condutor terra) disponível para interligação com o novo quadro da área reformada. Essa ausência compromete a continuidade do sistema de aterramento, elemento essencial para o correto funcionamento de dispositivos de proteção como o IDR e o DPS, além de ser uma exigência da NBR 5410/2004 para garantir a proteção contra choques elétricos e minimizar riscos operacionais.

Dessa forma, recomenda-se que uma etapa futura de adequação elétrica contemple a criação de aterramento do QGBT, incluindo o lançamento de condutores de proteção devidamente dimensionados desde o QGBT da oficina mecânica até os quadros de distribuição principal da escola, interligando ao barramento de equipotencialização principal - BEP. Essa medida proporcionará maior segurança às instalações, garantirá a plena eficácia dos dispositivos de proteção e permitirá a expansão segura de novos circuitos para área que esse QGBT atende, caso necessário.

Essa sugestão se alinha à proposta de melhoria contínua da infraestrutura elétrica da escola, promovendo um ambiente ainda mais seguro, eficiente e em conformidade com as normas técnicas vigentes.

6. Conclusão

Reforma das instalações elétrica do laboratório de metalografia foi concluída com êxito. Seguindo as recomendações de normas técnicas vigentes, especialmente a ABNT NBR 5410/2004, visando garantindo a segurança dos usuários e dos profissionais envolvidos.

Foram substituídos os cabos, eletrodutos, tomadas e quadros de distribuição antigos, por novos conforme o dimensionamento, foram instalados novos pontos de tomada elétrica para atender equipamentos que não dispunham de ponto de alimentação e remanejamento de tomadas, além da montagem de novo quadro de distribuição de energia adequado a atendimento da demanda completa dos equipamentos do laboratório, equipado com os devidos dispositivos de proteção (IDR, DPS e Disjuntores termomagnéticos).

Realizamos os testes da nova instalação, já com os equipamentos do laboratório conectados aos seus pontos de alimentação.

Durante os testes foram realizados medições de tensão elétrica (V) e corrente elétrica (A), assim com a verificação da sequência de fases dos pontos de tomada para os circuitos trifásicos, e todos equipamentos e pontos elétricos testados apresentaram pleno funcionamento, com os valores das medições realizadas dentro dos intervalos esperados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5858: Condicionador de Ar Doméstico. Rio de Janeiro, 1983.

BELEZIA, E.C; RAMOS, I.M.L. **Núcleo Básico: Planejamento e desenvolvimento do TCC.** São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011.

BRASIL. LEI nº 13589, de 4 de Janeiro de 2018. Dispõe sobre a manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2018/lei/l13589.htm. acesso: 10 de jun 2025.

[Ministério da Saúde]. [Agência Nacional de Vigilância Sanitária]. RESOLUÇÃO - RE Nº 09, de Janeiro de 2003. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RE_09_2003.pdf. acesso em: 10 jun 2025.

CORFIO. Cabo flexível HEPR 90°C 0,6/1kV. Disponível em: <https://www.corfio.com.br/pt/produto/cabo-flexivel-1kv-hepr>. Acesso em 05 de jun. 2025.

CLAMPER. Campler Front (Classe II). Disponível em: <https://clamper.com.br/produtos/clamper-front-v-classe-ii/>. Acesso em 06 jun 2025.

MARGIRIUS. Disjuntores. Entenda sua importância e saiba como funcionam.[online]. novembro de 2021. Disponível em: <https://www.margirius.com.br/blog/disjuntores-entenda-sua-importancia-e-saiba-como-funcionam/>. Acesso: 30 maio 2025.

SIEMENS. Dispositivos DR 5SV, 5SM e 5SU: Proteção contra correntes de fuga à terra em instalações elétricas [online]. Setembro de 2021. Disponível em: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:48701b57-34c5-4389-96f4-f86ba6a95dec/Catalogo-DR.pdf>. Acesso em: 31 maio 2025.

Apêndices e Anexos

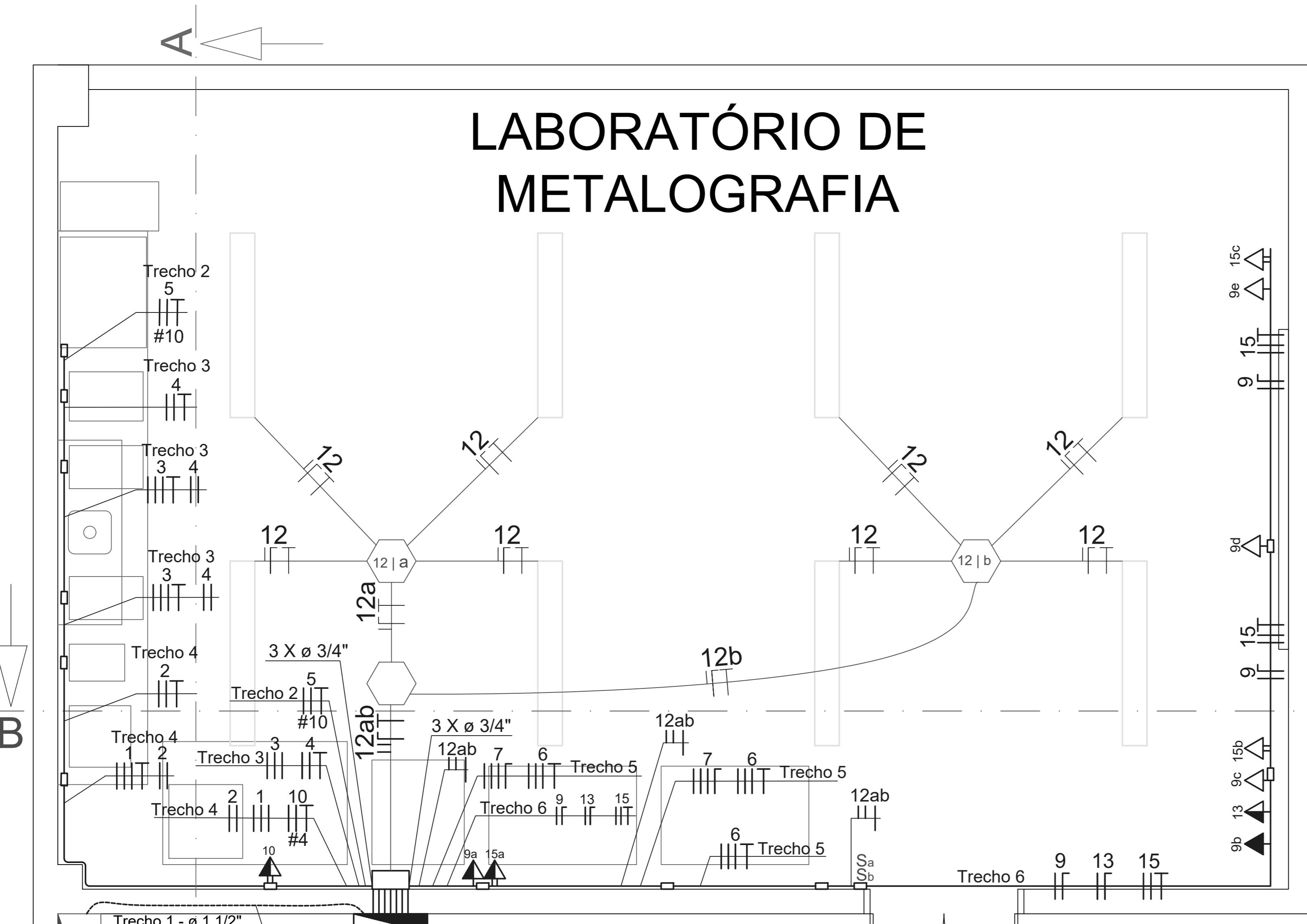
Cronograma de execução

CRONOGRAMA DO TCC - 2024/2025		TEMAS:	"Instalações elétrica do Laboratório de metalogrfia"													
ATIVIDADES	TENS		NOVEMBRO			DEZEMBRO		JANEIRO		FEVEREIRO		MARÇO				
			PREVISÃO /	REALIZADO	PREVISÃO /	REALIZADO	PREVISÃO /	REALIZADO	PREVISÃO /	REALIZADO	PREVISÃO /	REALIZADO	PREVISÃO /	REALIZADO		
1 Definição do cronograma de trabalho	5	1	Uliton, Laércio e Anderson	REALIZADO	X											
2 Levantamento de carga elétrica instalada e circuitos existentes	10	2	Anderson e João Lucas	REALIZADO	X	X										
3 Cálculo de carga térmica para dimensionamento de ponto elétrico para ar-condicionado	10	2	Uliton e Johnny	REALIZADO	X	X										
4 Projeto do layout do ambiente e aprovação	15	3	Uliton	REALIZADO	X	X										
5 Projeto elétrico do laboratório conforme layout fornecido	12	3	Anderson, André Anthony	REALIZADO	X	X										
6 Montagem da lista de Material	15	3	Anderson e Laércio	REALIZADO	X	X										
7 Compra da lista de material	17	4	Anderson	REALIZADO	X	X										
8 Execução da instalação	20	4	Anderson, Johnny e Laércio	REALIZADO	X	X										
9 Execução da parte térmica do trabalho	37	8	Anderson, André e João Lucas	REALIZADO	X	X										
10 Ajustes, Correções e testes da instalação	15	3	Laércio e Uliton	REALIZADO	X	X										
11 Desenvolvimento da Apresentação do TCC	10	2	Anderson, André	REALIZADO	X	X										
12 Período previsto para defesa do TCC	15	3	Grande D	REALIZADO	X	X										
13				REALIZADO	X	X										
14				REALIZADO	X	X										
15				REALIZADO	X	X										
GRUPO D - Eletrotécnica												Legenda :				
												Programado / Programado - caminho crítico				
												Realizado				
												Semana(s) letivas				
												Semana(s) não letivas				

Diagramas elétricos

LABORATÓRIO DE METALOGRAFIA

A



QGBT
OFICINA

A

Observações:

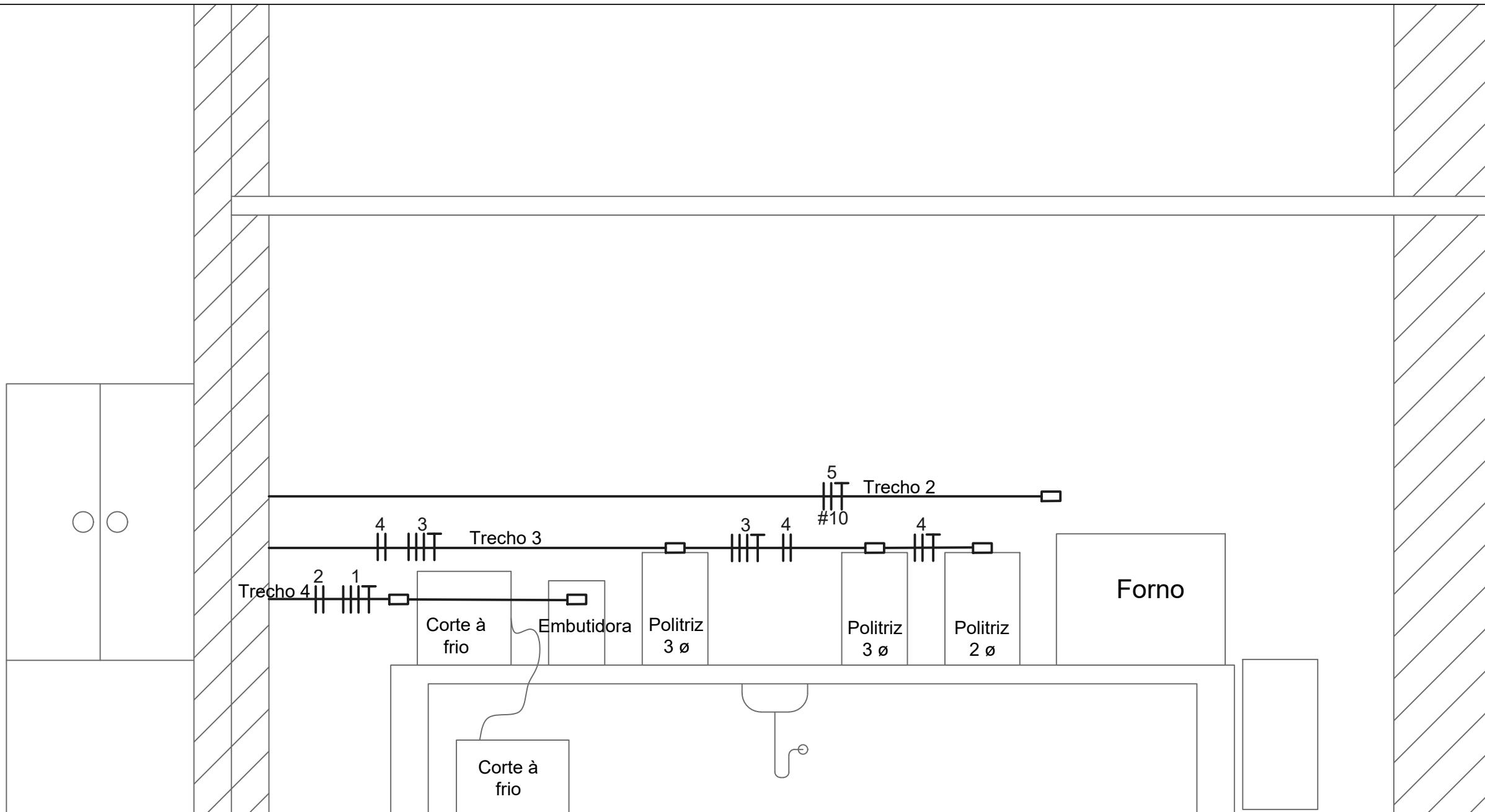
1 - Condutores elétricos não cotados, possuem seção nominal = 2,5mm²

Círcuito	Equipamento
1	Cortadora metalográfica 220V 3ø
2	Embutidora 220 V
3	Politriz 1/2 - 220V 3ø
4	Politriz - 220V 2ø
5	Forno 220 V
6	Ponto 3ø -220V - 3500VA
7	Máquina de Tração - 220V 3ø
8	Reserva - A.C
9	TUG - 127 V
10	Estufa - 220V
11	-
12	Illuminação - 127V
13	TUE - 127
14	Reserva 1ø
15	TUG - 220V

LEGENDA

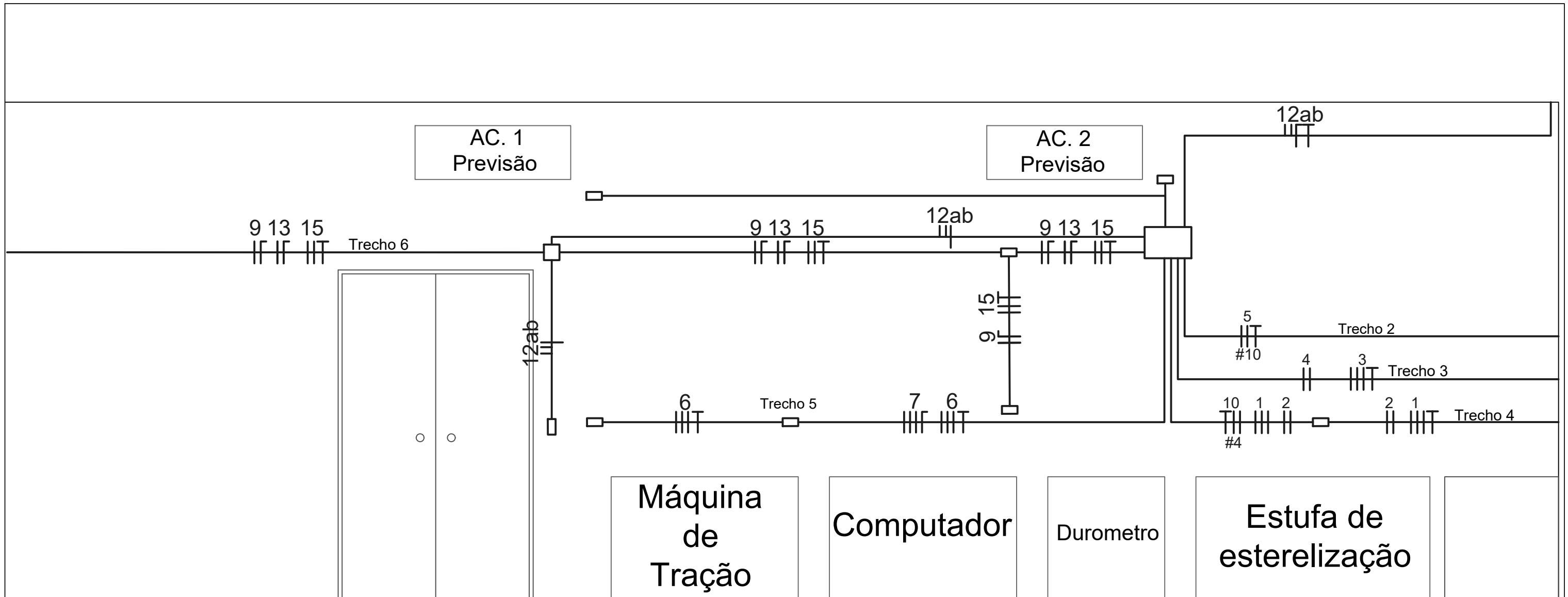
- S_ Interruptor monofásico simples
- ▷ Tomada baixa 127 V
- ▷ Tomada média 127V
- ▷ Tomada alta 127V
- ▷ Tomada baixa 220 V
- ▷ Tomada média 220 V
- ▷ Tomada alta 220 V
- Quadro elétrico
- Caixa de passagem
- Condute / caixa de passagem
- Condutores
- Fase
- Terra
- Neutro
- Retorno
- Eletroduto rígido
- Eletroduto flexível
- 00 Número do Circuito
- #25 Seção nominal do condutor

Client	ETEC Prof. Horácio Augusto da Silveira		
Project	Instalações Elétricas Laboratório de Metalografia		
Drawing Title	Projeto elétrico - Planta Baixa		
Escala 1: 25			
Drawn By	Ulton Novais	Checked By	L.L.L
Date	22/06/2025	Drawing No.	01 - Rev: 00



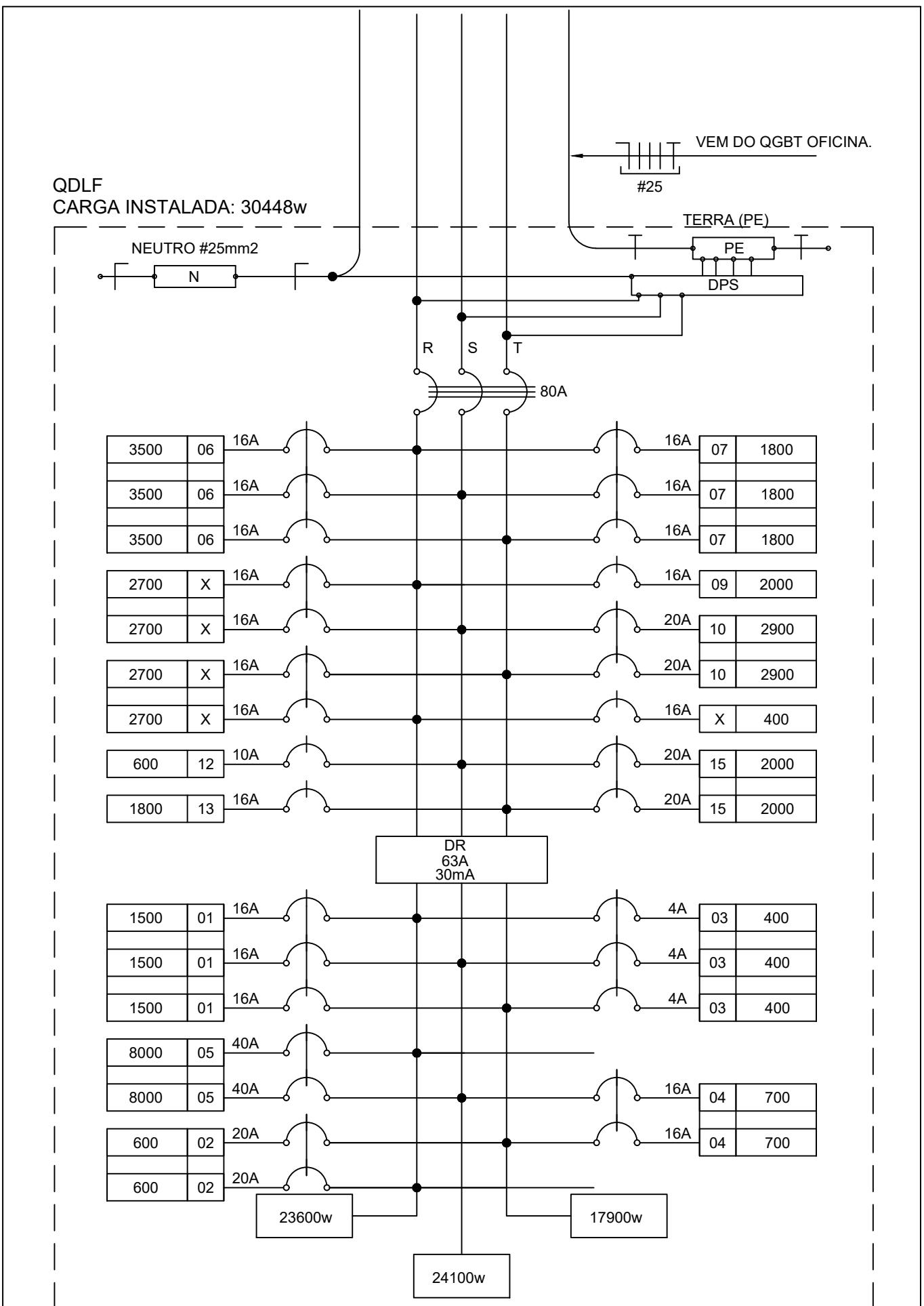
CORTE A - A

Client	ETEC Prof. Horácio Augusto da Silveira		
Project	Instalações Elétricas Laboratório de Metalografia		
Drawing Title	Projeto elétrico - Corte A - A		
Escala 1: 25			
Drawn By	Uilton Novais	Checked By	L.L.L
Date	22/06/2025	Drawing No.	02 - REV: 00



CORTE B - B

Client	ETEC Prof. Horácio Augusto da Silveira		
Project	Instalações Elétricas Laboratório de Metalografia		
Drawing Title	Projeto elétrico - Corte B - B		
Escala 1: 25			
Drawn By	Uilton Novais	Checked By	L.L.L
Date	22/06/2025	Drawing No.	03 - REV: 00



Cliente: ETEC Prof. Horácio Augusto da Silveira

Projeto: Instalações elétricas Laboratório de Metalografia

Título desenho: Projeto elétrico: Diagrama Multifilar do quadro de distribuição ESC: Sem Escala

Desenhado: Uilton Novais | Verificado: Anderson Caetano | Data: 24/06/2025 | Desenho: 04 - Rey: 00