

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA – EST
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

VINÍCIUS EMANUEL BARROSO

**PRÉ-DIAGNÓSTICO DO SISTEMA
ENERGÉTICO DA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA**

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Gonçalves de Azevedo

**Manaus – AM
2024**

VINÍCIUS EMANUEL BARROSO

PRÉ-DIAGNÓSTICO DO SISTEMA ENERGÉTICO DA ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA

Projeto de pesquisa desenvolvido durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentado à banca avaliadora do curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Gonçalves de Azevedo

Universidade do Estado do Amazonas – UEA
Escola Superior de Tecnologia – EST

Reitor:

André Luiz Nunes Zogahib

Vice-Reitora:

Kátia do Nascimento Couceiro

Diretor da Escola Superior de Tecnologia:

Jucimar Maia Júnior

Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica:

Jozias Parente de Oliveira

Banca Avaliadora composta por:

Prof. Cláudio Gonçalves de Azevedo, Dr. (Orientador)

Prof. Pierre Macedo, Me.

Prof. José Gomes da Silva, Esp.

Data da defesa: 16/12/2024

CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

BARROSO, Vinícius Emanuel

Pré-diagnóstico do sistema energético da Escola Superior de Tecnologia / Vinícius Emanuel Barroso; orientado por Cláudio Gonçalves de Azevedo, Dr - Manaus: 2024.

p.:il

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade do Estado do Amazonas, 2024.

1. eficiência energética. 2. pré-diagnóstico energético. 3. custos. 4. medições. 5. análise técnico-econômica. de Azevedo, Cláudio Gonçalves.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA – EST
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

VINÍCIUS EMANUEL BARROSO

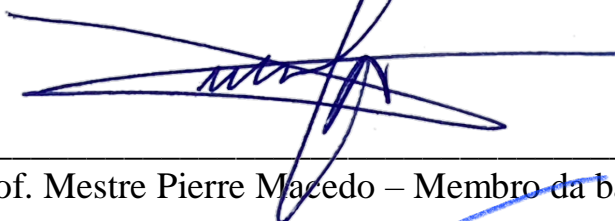
PRÉ-DIAGNÓSTICO DO SISTEMA ENERGÉTICO DA ESCOLA
SUPERIOR DE TECNOLOGIA

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Elétrica, Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Estado do Amazonas, pela seguinte banca examinadora:

BANCA EXAMINADORA

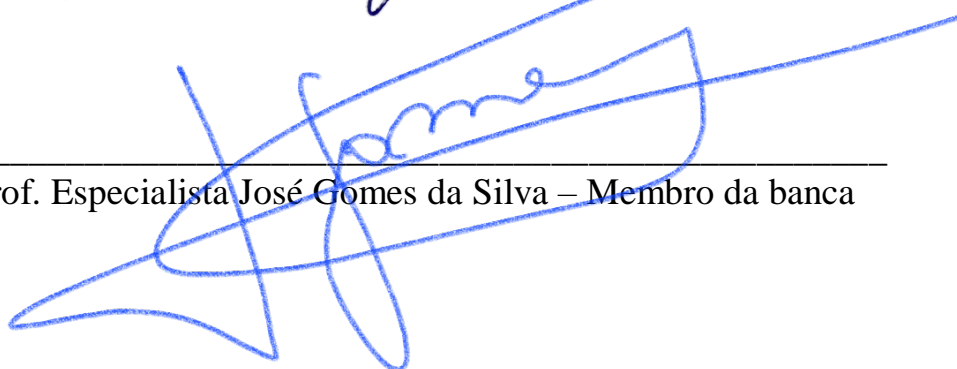


Prof. Doutor Cláudio Gonçalves de Azevedo – Orientador



Prof. Mestre Pierre Macedo – Membro da banca

Prof. Especialista José Gomes da Silva – Membro da banca



Nota obtida: 9,5 (nove vírgula cinco)

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado aos meus pais, por todo amor, cuidado e incentivo. Serei eternamente grato a eles.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele não somos nada.

Agradeço aos meus familiares, em especial aos meus pais.

Agradeço também ao professor Cláudio, por toda orientação e aprendizado.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

EST – ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA

PDE – PRÉ-DIAGNÓSTICO DO SISTEMA ENERGÉTICO

UEA – UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS

VPL – VALOR PRESENTE LÍQUIDO

V – VOLT

W – WATT

VA – VOLT AMPÈRE

Var – VOLT AMPÈRE REATIVO

P – POTÊNCIA ATIVA

Q – POTÊNCIA REATIVA

S – POTÊNCIA APARENTE

I – CORRENTE ELÉTRICA

SI – SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

R – RESISTÊNCIA

FP – FATOR DE POTÊNCIA

CA – CORRENTE ALTERNADA

CC – CORRENTE CONTÍNUA

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

NBR – NORMA BRASILEIRA REGULAMENTADORA

ABNT – AGÊNCIA BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

IEC - INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RESUMO

Este trabalho apresenta o estudo relacionado à eficiência energética considerando os fatores técnicos e econômicos com o objetivo de desenvolver o pré-diagnóstico energético da Escola Superior de Tecnologia, unidade que engloba os cursos de engenharia da Universidade do Estado do Amazonas. O desenvolvimento deste trabalho será dividido em etapas, como a pesquisa bibliográfica, análise das faturas de energia, medições em campo e por último o desenvolvimento do pré-diagnóstico energético, no qual será apresentado o resultado final do trabalho, contendo os custos gerenciáveis e evitáveis de energia elétrica, dados obtidos nas medições em campo, itens de *retrofit* e análise técnico-econômica de projetos que serão propostos visando melhorar a eficiência energética das instalações da EST.

Palavras-chave: eficiência energética; pré-diagnóstico energético; custos; medições; análise técnico-econômica.

ABSTRACT

This work presents a study on energy efficiency considering technical and economic factors with the aim of developing the preliminary energy diagnosis for the Escola Superior de Tecnologia, a unit that encompasses the engineering courses of the Universidade do Estado do Amazonas. The development of this work will be divided into stages, such as bibliographic research, analysis of energy bills, field measurements, and finally, the development of the preliminary energy diagnosis. This final stage will present the final result of the work, including manageable and avoidable electricity costs, data obtained from field measurements, retrofit items, and a technical-economic analysis of projects proposed to improve the energy efficiency of EST facilities.

Keywords: *energy efficiency. preliminary energy diagnosis. costs. measurement. technical-economic analysis.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de linhas elétricas	28
Figura 2 - Tipos de linhas elétricas (continuação)	29
Figura 3 - Tipos de linhas elétricas (continuação)	30
Figura 4 - Tipos de linhas elétricas (continuação)	31
Figura 5 - Tipos de linhas elétricas (continuação)	32
Figura 6 - Tipos de linhas elétricas (continuação)	33
Figura 7 - Temperaturas características dos condutores	34
Figura 8 - 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))	35
Figura 9 - 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))	36
Figura 10 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G (Condutores: cobre e alumínio; Isolação: PVC; Temperatura no condutor: 70°C; Temperaturas de referência do ambiente: 30°C)	37
Figura 11 - Continuação da Figura 10	38
Figura 12 - 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; Temperaturas de referência do ambiente: 30°C)	38
Figura 13 - Continuação da Figura 12	39
Figura 14 - Seção mínima dos condutores	40
Figura 15 - Disjuntores caixa moldada WEG	42
Figura 16 - Curva de operação de disjuntor caixa moldada	42
Figura 17 - Fator k para condutor de proteção isolado não incorporado a cabo multipolar e não enfeixado com outros cabos	44
Figura 18 - Fator k para condutor de proteção nu em contato com a cobertura de cabo, mas não enfeixado com outros cabos	44
Figura 19 - Fator k para condutor de proteção constituído por veia de cabo multipolar ou enfeixado com outros cabos ou condutores isolados	44
Figura 20 - Fator k para condutor de proteção constituído pela armação, capa metálica ou condutor concêntrico de um cabo	45

Figura 21 - Fator k para condutor de proteção nu onde não houver risco de que as temperaturas indicadas possam danificar qualquer material adjacente	45
Figura 22 - Seção mínima do condutor de proteção	45
Figura 23 - Tipos de cabos x Tensões do sistema	46
Figura 24 - Seção reduzida do condutor neutro	52
Figura 25 - Fator para a determinação da corrente no neutro	53
Figura 26 - Peso de cabos de cobre (classe de encordoamento 2)	55
Figura 27 - Níveis mínimos de iluminamento E (lux) em função do tipo de ambiente, tarefa ou atividade	56
Figura 28 - Níveis mínimos de iluminamento E (lux) em função do tipo de ambiente, tarefa ou atividade (Continuação)	57
Figura 29 - Níveis mínimos de iluminamento E (lux) em função do tipo de ambiente, tarefa ou atividade (Continuação)	57
Figura 30 - Níveis mínimos de iluminamento E (lux) em função do tipo de ambiente, tarefa ou atividade (Continuação)	58
Figura 31 - Níveis mínimos de iluminamento E (lux) em função do tipo de ambiente, tarefa ou atividade (Continuação)	59
Figura 32 - Ambiente de trabalho de área retangular, iluminado com fontes de iluminação com padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras	60
Figura 33 - ET-4080	62
Figura 34 - Medição do fator de potência	63
Figura 35 - Luxímetro Digital Led	63
Figura 36 - Notebook Samsung Expert X20	64
Figura 37 - Fatura de energia do mês de março	66
Figura 38 - Sala de aula da EST	68
Figura 39 - Laboratório de informática	68
Figura 40 - Laboratório de química	69
Figura 41 - Medição do nível de iluminamento	69
Figura 42 - Medição em quadro de distribuição	70
Figura 43 - Medição em quadro elétrico de distribuição	70
Figura 44 - Medição em quadro elétrico de distribuição	71
Figura 45 - Medição em quadro elétrico de distribuição	71
Figura 46 - Medição em quadro elétrico de distribuição	72
Figura 47 - Ar condicionado em sala de aula	72
Figura 48 - Motor no laboratório de elétrica	73

Figura 49 - Destilador de nitrogênio no laboratório de química	73
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Iluminamento A3	79
Tabela 2 - Iluminamento A4	79
Tabela 3 - Iluminamento A14	80
Tabela 4 - Dados calculados	81
Tabela 5 - Dimensionamento dos condutores	81
Tabela 6 - Resultados obtidos	82
Tabela 7 - <i>Payback</i> simples e valor presente líquido	82
Tabela 8 - Valor presente líquido	82
Tabela 9 - Condutor neutro	83
Tabela 10 - Dimensionamento ambiental	83
Tabela 11 - Bloco A	89
Tabela 12 – Bloco A (Continuação)	90
Tabela 13 - Bloco A (Continuação)	90
Tabela 14 - Bloco A (Continuação)	90
Tabela 15 - Bloco A (Continuação)	91
Tabela 16 - Bloco C	91
Tabela 17 - Bloco C (Continuação)	92
Tabela 18 - Bloco C (Continuação)	93
Tabela 19 - Bloco C (Continuação)	93
Tabela 20 - Bloco D	95
Tabela 21 – Callidus	97
Tabela 22 – Biblioteca	98

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Consumo de energia pelos meses	75
Gráfico 2 – Demanda de energia pelos meses	76
Gráfico 3 – Consumo nos horários de ponta e fora de ponta ao decorrer dos meses	76
Gráfico 4 – Custos gerenciáveis ao decorrer dos meses	77
Gráfico 5 – Custos evitáveis ao decorrer dos meses	77
Gráfico 6 – Comparação dos custos com o total da fatura de janeiro a junho de 2023	78
Gráfico 7 – Comparação dos custos com o total da fatura de julho a dezembro de 2023 ..	78

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 ANÁLISE DAS FATURAS DE ENERGIA.....	19
2.2 MEDIÇÃO EM CAMPO	21
2.2.1 TENSÃO ELÉTRICA	21
2.2.2 CORRENTE ELÉTRICA	22
2.2.3 POTÊNCIA E FATOR DE POTÊNCIA	22
2.2.4 ILUMINAMENTO	24
2.2.5 LEVANTAMENTO DE CARGAS	24
2.3 NORMAS E RESOLUÇÕES	25
2.3.1 NBR ISO 50001	26
2.3.2 NBR 15575-1	26
2.3.3 NBR 5410	27
2.3.3.1 TIPOS DE LINHAS ELÉTRICAS	27
2.3.3.2 CAPACIDADES DE CONDUÇÃO DE CORRENTE	33
2.3.3.3 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES (CRITÉRIO TÉCNICO).	39
2.3.4 NBR 15920 (DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO)	45
2.3.5 DIMENSIONAMENTO DO CONDUTOR NEUTRO E ANÁLISE AMBIENTAL	50
2.3.5.1 DIMENSIONAMENTO DO CONDUTOR NEUTRO	51
2.3.5.2 DIMENSIONAMENTO AMBIENTAL	53
2.3.6 NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL (NH11)	55
2.4 DESENVOLVIMENTO DO PRÉ-DIAGNÓSTICO	60
3. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO	62
3.1 MATERIAIS	62
3.2 METODOLOGIA	64
4. DESENVOLVIMENTO	66
4.1 ANÁLISE DAS FATURAS	66
4.2 MEDIÇÃO EM CAMPO	67
4.3 LEVANTAMENTO DE CARGAS E APLICAÇÃO DAS NORMAS	74
5. RESULTADOS OBTIDOS	75
5.1 ANÁLISE DAS FATURAS DE ENERGIA	75

5.2 NÍVEL DE ILUMINAMENTO	79
5.3 PROPOSTAS DE MELHORIAS	80
5.3.1 DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES	80
5.3.2 OUTRAS PROPOSTAS DE MELHORIAS	83
6. CONCLUSÃO	85
7. REFERÊNCIAS.....	87
ANEXO A – LEVANTAMENTO DE CARGAS	89

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos houve rápida expansão do parque tecnológico e das edificações da Escola Superior de Tecnologia (EST), a qual é a unidade acadêmica da Universidade do Estado do Amazonas (UEA) que engloba os cursos de engenharia, o que provocou aumento no consumo de energia elétrica devido a instalação de condicionadores de ar, iluminação e equipamentos diversos, conforme o porte e destinação da edificação. Os impactos ocorridos são de ordem técnica e econômica. No aspecto técnico, são necessários novos quadros elétricos e alimentadores, mas também, em alguns casos, há necessidade de expansão da subestação, caso contrário, surgirão sérios problemas nas instalações elétricas. Conseqüentemente, ocorrem os impactos econômicos que são identificados nas faturas de energia elétrica, as quais tornam-se cada vez mais caras.

Assim, sem uma gestão e sem um controle efetivo do uso da energia elétrica na instituição, diante da necessidade de suprir potência elétrica às suas novas instalações, foram sendo realizadas adaptações e procedimentos para atenderem as necessidades operacionais de hoje, porém não há garantia de que não haverá problemas futuros nas instalações elétricas da instituição, como disjuntores disparando, sobrecarga na subestação e em transformadores, baixo fator de potência, ultrapassagem da potência contratada, dentre outros problemas, os quais refletem no aumento do valor financeiro nas contas de energia elétrica.

Viana (2012, p.59) define as etapas de um programa de uso racional de energia: “é preciso conhecer, diagnosticar a realidade energética, para então estabelecer as prioridades, implantar os projetos de melhoria e de redução de perdas e acompanhar seus resultados [...]”.

Diante do problema descrito anteriormente, torna-se de extrema importância a realização da gestão de energia elétrica e a implementação de medidas de eficiência energética nas edificações da EST, a partir da realização do pré-diagnóstico energético (PDE), o qual trata da análise e propostas preliminares de eficiência energética, resultando em benefícios técnicos e econômicos iniciais para a instituição.

O PDE resulta de uma análise abrangente de um sistema energético de determinada edificação ou aglomerado de recintos em uma área. Em particular, este projeto de pesquisa objetiva elaboração do PDE da EST, com análise de dados das faturas de energia elétrica, vistoria e medições de parâmetros elétricos das instalações prediais

de climatização, iluminação e cargas de laboratórios, buscando implementar ações de melhoria no sistema energético da instituição.

Considerando a implementação das ações e medidas sugeridas no pré-diagnóstico será possível reduzir significativamente os custos de energia elétrica na EST, tendo os benefícios de redução perdas de potências ativa e reativa, redução no consumo e na demanda de potência, melhoria de indicadores de eficiência energética, melhoria no desempenho operacional, atendimento de requisitos normativos e aumento da confiabilidade no fornecimento de energia elétrica, melhorando ainda mais a imagem da EST/UEA, promovendo a sustentabilidade ambiental da instituição com uma edificação mais sustentável. Por ser de caráter multidisciplinar, o tema eficiência energética envolve diversos cursos de engenharia e outras áreas do conhecimento, como engenharia elétrica, de controle e automação, engenharia eletrônica e ambiental, matemática e estatística, gerando um currículo transversal.

As atividades do PDE estão organizadas em partes, iniciando com a realização de um amplo levantamento bibliográfico sobre estudos e projetos de eficiência energética, com objetivo de compreender os fundamentos, os conceitos e ações de eficiência energética para a economia e conservação de energia elétrica, além de entender o mercado de distribuição de energia elétrica quanto aos tipos de consumidores, modalidades tarifárias existentes e parâmetros da fatura de média tensão. Após essa etapa bibliográfica, será realizada a coleta de dados das faturas de energia elétrica, com o objetivo de elaborar tabelas e gráficos específicos, facilitando a posterior análise técnica e econômica.

A etapa seguinte do PDE abrange visitas às edificações que compõem a EST. Nessas visitas, além das inspeções para verificação geral das instalações civis e elétricas, serão realizadas medições básicas nos sistemas de iluminação, climatização e máquinas/equipamentos dos laboratórios, como motores elétricos, estufas, compressores, prensas, tornos etc. Nas inspeções visuais serão feitas anotações gerais das condições de aparelhos e equipamentos, tais como lâmpadas queimadas ou obsoletas, projetores das salas de aula e máquinas/equipamentos nos laboratórios.

As inspeções visuais e medições realizadas são de extrema importância na quantificação da potência e energia consumidas, além de ajudar na decisão de um *retrofit* para melhorar o índice de eficiência energética da EST. Quando possível, foram realizadas medições e inspeções gerais nos quadros de distribuição de circuitos e subestação da instituição, haja vista que vêm ocorrendo o desligamento intempestivo de disjuntor de circuito alimentador.

Na etapa final do pré-diagnóstico energético será apresentada a análise técnica e econômica que engloba as propostas de projetos de eficiência energética para a EST, aplicando os métodos de *payback* simples e valor presente líquido (VPL) e considerando os dados técnicos e financeiros das faturas de energia, os parâmetros obtidos nas medições realizadas, assim como as observações catalogadas durante as visitas aos recintos da Escola Superior de Engenharia.

As medidas tomadas com o desenvolvimento deste PDE buscam aumentar a eficiência energética da EST e solucionar problemas que estão sendo enfrentados pela instituição no atual momento, beneficiando os alunos, servidores, meio ambiente e a sociedade em geral.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Um pré-diagnóstico energético é uma avaliação inicial e preliminar do uso de energia elétrica e suas conversões energéticas em uma edificação, como uma escola, indústria, empresa ou residência. O objetivo principal é identificar áreas onde há potencial para melhorar a eficiência energética, reduzir custos e diminuir o impacto ambiental. Este diagnóstico é uma etapa preliminar antes de um diagnóstico energético completo e detalhado.

Leão (2021) define o conceito de eficiência energética como o uso racional de energia elétrica, e por meio dela, torna-se possível realizar uma atividade utilizando a menor quantidade de recursos energéticos, porém desta vez de maneira muito mais eficaz.

O pré-diagnóstico energético, apesar de estabelecer diretrizes preliminares, envolve diversas áreas e conceitos das diversas engenharias. Para se obter sucesso na sua realização é de extrema importância entender e aplicar os conceitos que envolvem a eficiência energética.

2.1 ANÁLISE DAS FATURAS DE ENERGIA

A análise das faturas de energia é um dos fatores primordiais para o desenvolvimento do pré-diagnóstico energético, a partir dela será possível compreender como está sendo o consumo de energia elétrica da instituição. Alguns destes parâmetros a serem analisados são: consumo de energia elétrica na ponta e fora de ponta, demanda contratada, demanda consumida e ultrapassada, energia reativa ultrapassada, multas, juros e correções.

Para entender o que é o consumo de energia de ponta e fora de ponta, é preciso identificar em qual grupo tarifário a unidade consumidora está classificada. Esta divisão é feita em dois grandes grupos, grupo A e grupo B, que são divididos em subgrupos.

O grupo A é representado por unidades consumidoras com fornecimento igual ou maior que 2,3 kV, ou atendidas por um sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária (tensões inferiores à 2,3 kV). Esse grupo é dividido nos seguintes subgrupos:

- A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
- A2 – tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- A3 – tensão de fornecimento de 69 kV;
- A3a – tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
- A4 – tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV;

- AS – tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição;

A tarifa binômica também é uma característica do grupo A, ou seja, o contratante precisa contratar o valor de demanda, determinando qual será a potência máxima da sua unidade consumidora, medida em kW. No momento, a EST está classificada como Grupo A4 com demanda contratada de 648 kW. Vale lembrar que mesmo que não utilize toda a demanda contratada, o consumidor paga pelo valor total contratado, e também se ultrapassar a demanda contratada o consumidor pagará pelo excedente.

Além do contrato do valor de demanda, o consumidor também paga pela energia efetivamente consumida (kWh), chamada de energia ativa. A energia reativa é basicamente a energia que circula no sistema, mas não realiza trabalho útil, sendo medida em kvarh, tendo como indicador o fator de potência, o qual se na medição mensal ficar abaixo de 0,92 indutivo haverá cobrança de energia excedente consumida.

O consumo de energia de ponta e fora de ponta são fatores faturados aplicados aos consumidores do grupo A. O consumo de energia de ponta (ou horário de ponta) refere-se ao período do dia em que a tarifa de energia elétrica é mais alta. Este período costuma ocorrer durante as horas em que há maior atividade, tanto residencial quanto comercial, em Manaus este horário está definido entre às 20 e 23 horas. O horário fora ponta é estabelecido no restante do dia em que é demandada uma menor quantidade de energia pelos consumidores. Como no horário de ponta a tarifação é mais alta, as concessionárias de energia incentivam os consumidores a buscarem formas mais eficientes de uso da energia elétrica.

O grupo B é composto por unidades consumidoras com tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV. Sua tarifação é monômica, ou seja, as tarifas são aplicadas unicamente ao consumo de energia elétrica, não sendo necessário contratar o valor de demanda. Sua classificação é a seguinte:

- B1 – classe residencial;
- B2 – classe rural;
- B3 – demais classes;
- B4 – iluminação pública;

Outros fatores que são relevantes nas faturas de energia são as multas por atraso, correção monetária IPCA/IGPM que são índices de medições da inflação que mostram como está o custo de vida da população diante das variações nos preços de produtos e

serviços, e juros de mora ou monetários, que são taxas aplicadas sobre o atraso no pagamento de uma conta.

Com a análise dos parâmetros listados acima, é possível realizar um estudo nas faturas de energia, identificando principalmente os custos gerenciáveis e os custos evitáveis da Escola Superior de Tecnologia.

2.2 MEDIÇÃO EM CAMPO

As medições em campo consistem em visitas técnicas para inspeção e medição nas instalações elétricas da EST, com o objetivo de obter dados e informações do atual cenário do sistema elétrico da instituição, visto que não existe esquema ou planta elétrica das edificações que compõem a unidade. No decorrer das visitas, além das inspeções visuais, serão realizadas medições de grandezas elétricas nas instalações, como tensão, corrente, potência ativa e fator de potência de equipamentos e quadros de distribuição de baixa tensão, além de grandezas na área de iluminação. Com isso, busca-se realizar um estudo preliminar das condições dessas instalações elétricas, assim como realizar o levantamento de cargas, quando possível, e identificação de alguns problemas elétricos.

2.2.1 TENSÃO ELÉTRICA

A tensão elétrica é uma medida da energia elétrica potencial por unidade de carga entre dois pontos em um circuito e representa a força que impulsiona os elétrons a se moverem através de um condutor. A unidade de medida da tensão elétrica é o volt (V), nomeada em homenagem ao físico italiano Alessandro Volta.

Existem diversas formas de calcular a tensão elétrica, mas destacam-se duas: primeira lei de Ohm (Equação 1) e a relação entre potência e corrente elétrica (Equação 2).

$$V = R \times I \quad (1)$$

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

V = Tensão;

I = Corrente;

R = Resistência;

P = Potência;

A tensão é fundamental para o funcionamento de qualquer circuito elétrico ou eletrônico, pois ela é o que faz a corrente elétrica fluir. Compreender a tensão é essencial

para trabalhar com eletricidade de maneira segura e eficaz, garantindo o funcionamento adequado dos dispositivos e equipamentos.

2.2.2 CORRENTE ELÉTRICA

A corrente elétrica é o fluxo ordenado de partículas carregadas, geralmente elétrons, através de um condutor. Este fluxo é impulsionado por uma diferença de potencial elétrico (ou tensão) entre dois pontos do condutor. A intensidade da corrente é a medida da quantidade de carga que passa por um ponto do condutor por unidade de tempo, sua unidade de medida é o ampère (A).

Existem dois tipos de corrente elétrica, a corrente elétrica contínua e a alternada. Na corrente contínua, o fluxo de elétrons é unidirecional, ou seja, eles se movem sempre no mesmo sentido, como por exemplo nas baterias e em células solares. Já na corrente alternada, o fluxo de elétrons muda de direção periodicamente, estando presente no fornecimento de energia elétrica das redes domésticas.

Assim como na tensão elétrica, a corrente pode ser calculada de diversas formas, porém também pela primeira lei de Ohm e a partir da relação potência e, agora, tensão.

As correntes elétricas podem ser perigosas, causando danos irreversíveis ao corpo humano a partir de choques elétricos, dependendo da intensidade pode levar à morte. Desta maneira, é extremamente importante compreender o funcionamento e o controle da corrente elétrica, com o objetivo de evitar acidentes e trabalhar de forma segura e eficiente.

2.2.3 POTÊNCIA E FATOR DE POTÊNCIA

A potência elétrica ativa é a quantidade de energia fornecida à um circuito elétrico durante um determinado intervalo de tempo, ou, a quantidade de energia que esse circuito converte em outras formas de energia, como calor e movimento. A sua unidade de medida, de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI), é o watt (W), equivalente a joules por segundo (J/s).

O cálculo da potência elétrica é feito para a corrente contínua e para corrente alternada, na corrente contínua pode-se obter a partir da relação entre tensão e corrente (Equação 3):

$$P = V \times I \tag{3}$$

P = Potência;

V = Tensão;

I = Corrente;

Já na corrente alternada existem três tipos de potência, a potência ativa, potência reativa e potência aparente. A potência ativa (P) é a potência real consumida pela carga para realizar o trabalho útil, sua unidade de medida é o Watt (W) e pode ser calculada a partir das Equações 4, 5 e 6 a seguir:

$$P = R \times I^2 \quad (4)$$

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (5)$$

$$P = V \times I \times \cos(\varphi) \quad (6)$$

P = Potência ativa;

R = Resistência;

$\cos(\varphi)$ = fator de potência (Fp);

A potência reativa (Q) é a potência aplicada para as cargas capacitivas e indutivas, não realiza trabalho efetivo. Sua unidade de medida é o Volt Ampère reativo (VAr) e pode ser calculada conforme a Equação 7:

$$Q = P \times \tan(\varphi) \quad (7)$$

Onde o ângulo φ pode ser calculado pela Equação 8:

$$\arccos(Fp) \quad (8)$$

Já a potência aparente (S) é a potência total entregue à carga, sendo composta pela combinação da potência ativa e potência reativa. Sua unidade de medida é o Volt-Ampère (VA) e é calculada de acordo com a Equação 9:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (9)$$

O fator de potência (Fp) é a razão entre a potência ativa (P) e a potência aparente (S) e indica a eficiência com que a energia elétrica é convertida em trabalho útil. Pode variar entre -1 e 1, sendo indutivo na parte negativa e capacitivo na parte positiva. A Resolução Normativa N° 1000, de 7 de dezembro de 2021 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), define que o fator de potência deve ter no mínimo 0,92 e caso esteja abaixo desse valor o consumidor está sujeito a multas pela concessionária. Um fator de potência próximo de 1 indica que a maior parte da energia fornecida está sendo usada efetivamente para realizar trabalho útil, enquanto um fator de potência baixo indica que uma quantidade significativa de energia está sendo "desperdiçada" em formas de potência reativa. A Equação 10 representa o cálculo do Fp:

$$Fp = \cos(\varphi) = \frac{P}{S} \quad (10)$$

Para realizar a correção do fator de potência podem ser utilizados capacitores ou bancos de capacitores em paralelo com as cargas indutivas, reduzindo a quantidade de potência reativa e, conseqüentemente, melhorando o fator de potência.

A potência elétrica e o fator de potência são conceitos fundamentais em sistemas elétricos, impactando a eficiência, o custo e o dimensionamento de sistemas de energia. Portanto, a compreensão e o gerenciamento desses parâmetros são de extrema importância para a operação eficiente e econômica de sistemas elétricos, tanto em ambientes residenciais quanto industriais.

2.2.4 ILUMINAMENTO

O iluminamento, também conhecido como iluminância, é a medida da quantidade de luz que incide sobre uma superfície ou área, é comumente utilizado em projetos de iluminação para calcular a quantidade de luz que precisa ser fornecida por uma fonte (luminária) para atingir um certo nível de claridade em um ambiente. A unidade de medida de iluminamento é o lux (lx), que equivale a 1 lúmen por metro quadrado (lm/m²), e o aparelho utilizado para medir o iluminamento é o luxímetro, que absorve e calcula a luminosidade de um local.

Outro fator levado em consideração na área da iluminação é a luminância, que é uma medida que descreve o quão "brilhante" uma superfície parece para o observador, ela mede a intensidade de luz refletida ou emitida em uma determinada direção a partir de uma superfície visível. Essa grandeza é importante em estudos de percepção visual, pois é a luminância que o olho humano capta diretamente, refletindo a sensação de brilho que a superfície aparenta ter. Sua unidade de medida é a candela por metro quadrado (cd/m²).

2.2.5 LEVANTAMENTO DE CARGAS

O levantamento de cargas refere-se ao processo de identificar, medir e analisar as cargas elétricas em uma instalação ou sistema. Isso envolve determinar a quantidade de energia consumida por cada dispositivo ou equipamento elétrico e entender como esses dispositivos impactam o desempenho geral do sistema elétrico.

Este procedimento será realizado através de medições de tensão, corrente e inspeção visual dos equipamentos e suas especificações. Os dados serão organizados em tabelas com divisões de grupos de equipamentos, como climatização, iluminação, motores e equipamentos diversos, além de subdivisões das especificações dos

equipamentos, como tensão, corrente, potência, marca, modelo e quantidade de equipamentos.

A realização do levantamento de cargas é de extrema importância pois possui os objetivos de:

- Dimensionamento do sistema elétrico: garantir que a capacidade do sistema elétrico seja adequada para suportar todas as cargas conectadas, evitando sobrecargas e garantindo a segurança;
- Eficiência energética: identificar oportunidades para melhorar a eficiência energética, reduzindo o consumo de energia e os custos operacionais;
- Planejamento e expansão: fornecer informações precisas para o planejamento de expansões ou modificações na instalação elétrica, garantindo que novas cargas possam ser acomodadas sem problemas;
- Conformidade regulatória: assegurar que a instalação esteja em conformidade com os códigos e normas elétricas relevantes, o que é essencial para a segurança e a legalidade da operação;
- Identificação de problemas: detectar cargas problemáticas ou desbalanceadas que possam causar interrupções, mau funcionamento de equipamentos ou outros problemas no sistema elétrico.

Para iniciar o estudo sobre eficiência energética de uma determinada edificação faz-se necessário o levantamento das cargas instaladas para conhecer que tipos de equipamentos estão em funcionamento no prédio, a quantidade de horas e o horário que são utilizados, além da potência consumida de cada equipamento que determina a parcela de consumo a qual cada um possui no consumo total de energia elétrica da edificação (BARROSO BRITO DE LIMA, 2016, p.32).

Desta maneira, pode-se observar que o levantamento de cargas é uma prática essencial para a gestão eficiente e segura de sistemas elétricos em diversas aplicações, fornecendo uma visão detalhada do consumo de energia, permitindo uma melhor tomada de decisão em termos de design, operação e manutenção de instalações elétricas.

2.3 NORMAS E RESOLUÇÕES

Para que o desenvolvimento do pré-diagnóstico energético fosse conduzido de forma eficiente, confiável e padronizada, o uso de normas específicas (NBR – Norma Brasileira Regulamentadora) desempenhou um papel fundamental, pois as normas fornecem diretrizes claras sobre como realizar as medições, análises e relatórios,

garantindo que o pré-diagnóstico alcance resultados de maneira consistente, permitindo comparações entre diferentes instalações ou ao longo do tempo. A padronização também facilita a replicação de boas práticas e a interpretação dos resultados por diferentes profissionais.

Com normas bem estabelecidas, o pré-diagnóstico energético torna-se mais abrangente e eficaz em identificar desperdícios de energia e propor soluções. Elas orientam na avaliação de equipamentos, processos e sistemas, ajudando a priorizar intervenções de maior impacto e retorno financeiro.

2.3.1 NBR ISO 50001

A NBR 50001 é a norma brasileira que adota integralmente a ISO 50001, fornecendo diretrizes para estabelecer, implementar, manter e melhorar sistemas de gestão de energia. Possui como objetivo principal ajudar organizações a otimizar o uso de energia, reduzir custos e minimizar impactos ambientais, promovendo a eficiência energética.

Esta norma segue o modelo de gestão baseado no ciclo PDCA (*Plan, Do, Check and Act*), traduzindo para o português: Planejar, Fazer, Checar e Agir. Planejar a consolidação de uma política energética, fazer planos de ação e programas para melhorar o desempenho energético, checar, monitorar, medir e analisar o consumo de energia e os resultados, e por último agir, implementando ações corretivas e de melhoria contínua.

É uma norma muito versátil, uma vez que pode ser aplicada em qualquer organização, independentemente do tamanho ou setor, desde que tenha o desejo de melhorar o seu desempenho energético de forma contínua.

2.3.2 NBR 15575-1

A NBR 15575-1 (Edificações Habitacionais – Desempenho), é a primeira parte de uma norma brasileira composta por seis partes, que estabelece requisitos mínimos para o desempenho de edificações habitacionais. Foi publicada pela ABNT buscando garantir qualidade, segurança, conforto e durabilidade nas construções, definindo os critérios gerais de desempenho e os requisitos para as demais partes da norma, servindo também como base para avaliar o comportamento da edificação em diferentes aspectos, como segurança, habitabilidade e sustentabilidade.

É uma norma aplicada à residências unifamiliares e multifamiliares e leva em consideração o ciclo de vida da construção, desde a concepção do projeto até o seu uso e manutenção.

A NBR 15575-1, assim como outras normas, estabelece padrões claros, melhorando a qualidade das construções e garantindo conforto e segurança aos moradores. Mesmo que a EST não seja uma residência e sim uma instituição de ensino, é possível utilizar muitos conceitos presentes na norma para melhorar as instalações da instituição.

2.3.3 NBR 5410

A NBR 5410 (Instalações elétricas de baixa tensão), pode ser considerada a norma mais importante deste pré-diagnóstico energético, pois estabelece as diretrizes para o projeto, execução, manutenção e inspeção de instalações elétricas de baixa tensão no Brasil, visando garantir segurança, funcionalidade e eficiência no uso de sistemas elétricos, protegendo pessoas, animais e patrimônio contra riscos elétricos.

Esta norma também foi publicada pela ABNT e é aplicada em instalações de baixa tensão em edificações residenciais, comerciais, industriais e públicas, considerando circuitos com tensão até 1.000 V em corrente alternada e 1.500 V em corrente contínua. Possui como objetivos principais a prevenção contra acidentes como choques elétricos, incêndios e explosões, e também busca proporcionar um funcionamento eficiente e seguro dos sistemas elétricos.



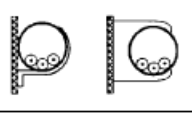
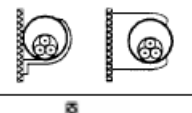
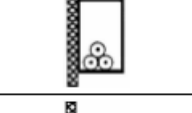
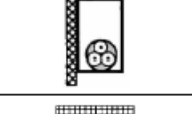
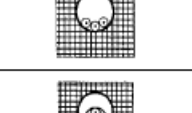
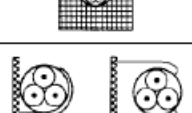
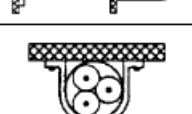

Dentre os principais requisitos presentes na norma, destacam-se o dimensionamento e proteção de circuitos, associado ao cálculo correto dos condutores, disjuntores e aterramento, além da isolação e dispositivos de proteção contra sobretensões e descargas elétricas. Além de determinar padrões para o desenvolvimento e execução dos projetos, a norma também estabelece critérios para verificar a conformidade das instalações ao longo do tempo, sendo importantíssima na manutenção e inspeção.

O dimensionamento de condutores, a partir dos critérios econômico, técnico e ambiental, utiliza prescrições contidas na NBR 5410, sem estas prescrições não é possível realizar corretamente o dimensionamento dos condutores. Apesar de ser uma norma muito extensa, é possível destacar os tópicos que são de extrema relevância para o desenvolvimento deste estudo.

2.3.3.1 TIPOS DE LINHAS ELÉTRICAS

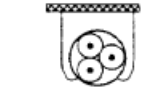
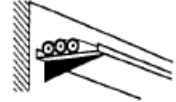

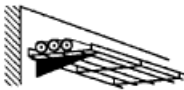
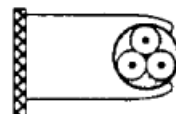
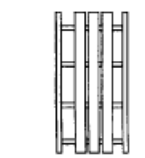


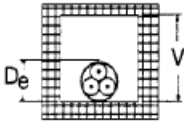
As linhas elétricas são estruturas utilizadas para realizar o transporte de energia elétrica, são formadas por um ou mais condutores e sua infraestrutura de suporte. A NBR 5410 disponibiliza os tipos de linhas elétricas, indicados nas Figuras 1 a 6, conforme consta na norma.

Figura 1 – Tipos de linhas elétricas.

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1	 Face interna	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A1
2	 Face interna	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou 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

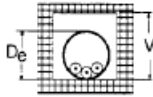
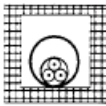
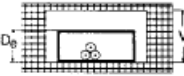
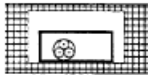
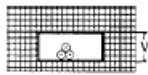
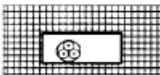
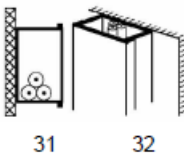
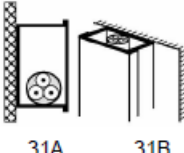
Fonte: Norma NBR 5410.

Figura 2 – Tipos de linhas elétricas (continuação).

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
11B		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
12		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não-perfurada, perfilado ou prateleira ³⁾	C
13		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical ⁴⁾	E (multipolar) F (unipolares)
14		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre suportes horizontais, eletrocalha aramada ou tela	E (multipolar) F (unipolares)
15		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado(s) da parede mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	E (multipolar) F (unipolares)
16		Cabos unipolares ou cabo multipolar em leito	E (multipolar) F (unipolares)
17		Cabos unipolares ou cabo multipolar suspenso(s) por cabo de suporte, incorporado ou não	E (multipolar) F (unipolares)
18		Condutores nus ou isolados sobre isoladores	G
21		Cabos unipolares ou cabos multipolares em espaço de construção ⁵⁾ , sejam eles lançados diretamente sobre a superfície do espaço de construção, sejam instalados em suportes ou condutos abertos (bandeja, prateleira, tela ou leito) dispostos no espaço de construção ⁵⁾⁶⁾	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1

Fonte: Norma NBR 5410.

Figura 3 – Tipos de linhas elétricas (continuação).

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

Fonte: Norma NBR 5410.

Figura 4 – Tipos de linhas elétricas (continuação).

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
33		Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta fechada embutida no piso	B1
34		Cabo multipolar em canaleta fechada embutida no piso	B2
35		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha ou perfilado suspensa(o)	B1
36		Cabo multipolar em eletrocalha ou perfilado suspensa(o)	B2
41		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular contido em canaleta fechada com percurso horizontal ou vertical ⁷⁾	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
42		Condutores isolados em eletroduto de seção circular contido em canaleta ventilada embutida no piso	B1
43		Cabos unipolares ou cabo multipolar em canaleta ventilada embutida no piso	B1
51		Cabo multipolar embutido diretamente em parede termicamente isolante ²⁾	A1


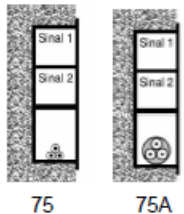
Fonte: Norma NBR 5410.

Figura 5 – Tipos de linhas elétricas (continuação).

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
52		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria sem proteção mecânica adicional	C
53		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria com proteção mecânica adicional	C
61		Cabo multipolar em eletroduto (de seção circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a)	D
61A		Cabos unipolares em eletroduto (de seção não-circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a) ⁸⁾	D
63		Cabos unipolares ou cabo multipolar diretamente enterrado(s), com proteção mecânica adicional ⁹⁾	D
71		Condutores isolados ou cabos unipolares em moldura	A1
72 72A		72 - Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta provida de separações sobre parede 72A - Cabo multipolar em canaleta provida de separações sobre parede	B1 B2
73		Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de porta	A1

Fonte: Norma NBR 5410.

Figura 6 – Tipos de linhas elétricas (continuação).

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
74		Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de janela	A1
75 75A		75 - Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta embutida em parede 75A - Cabo multipolar em canaleta embutida em parede	B1 B2
<p>1) Método de referência a ser utilizado na determinação da capacidade de condução de corrente. Ver 6.2.5.1.2.</p> <p>2) Assume-se que a face interna da parede apresenta uma condutância térmica não inferior a 10 W/m².K.</p> <p>3) Admitem-se também condutores isolados em perfilado, desde que nas condições definidas na nota de 6.2.11.4.1.</p> <p>4) A capacidade de condução de corrente para bandeja perfurada foi determinada considerando-se que os furos ocupassem no mínimo 30% da área da bandeja. Se os furos ocuparem menos de 30% da área da bandeja, ela deve ser considerada como "não-perfurada".</p> <p>5) Conforme a ABNT NBR IEC 60050 (826), os poços, as galerias, os pisos técnicos, os condutos formados por blocos alveolados, os forros falsos, os pisos elevados e os espaços internos existentes em certos tipos de divisórias (como, por exemplo, as paredes de gesso acartonado) são considerados espaços de construção.</p> <p>6) De é o diâmetro externo do cabo, no caso de cabo multipolar. No caso de cabos unipolares ou condutores isolados, distinguem-se duas situações:</p> <ul style="list-style-type: none"> – três cabos unipolares (ou condutores isolados) dispostos em trifólio: De deve ser tomado igual a 2,2 vezes o diâmetro do cabo unipolar ou condutor isolado; – três cabos unipolares (ou condutores isolados) agrupados num mesmo plano: De deve ser tomado igual a 3 vezes o diâmetro do cabo unipolar ou condutor isolado. <p>7) De é o diâmetro externo do eletroduto, quando de seção circular, ou altura/profundidade do eletroduto de seção não-circular ou da eletrocalha.</p> <p>8) Admite-se também o uso de condutores isolados, desde que nas condições definidas na nota de 6.2.11.6.1.</p> <p>9) Admitem-se cabos diretamente enterrados sem proteção mecânica adicional, desde que esses cabos sejam providos de armação (ver 6.2.11.6). Deve-se notar, porém, que esta Norma não fornece valores de capacidade de condução de corrente para cabos armados. Tais capacidades devem ser determinadas como indicado na ABNT NBR 11301.</p> <p>NOTA Em linhas ou trechos verticais, quando a ventilação for restrita, deve-se atentar para risco de aumento considerável da temperatura ambiente no topo do trecho vertical.</p>			

Fonte: Norma NBR 5410.

2.3.3.2 CAPACIDADES DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

Esta subseção da NBR 5410 busca garantir mais durabilidade, segurança e funcionalidade aos condutores e isolamentos, durante o seu funcionamento e submissão à efeitos decorrentes da circulação de corrente elétrica e fatores externos. Considera-se na determinação da seção dos condutores, proteção contra choques elétricos, proteção contra efeitos térmicos, proteção contra sobrecorrentes, proteção contra queda de tensão e também as temperaturas máximas admissíveis pelos terminais dos componentes de instalação aos quais os condutores são ligados.

Os métodos de referência são métodos importantíssimos para a determinação de um condutor, de acordo com a NBR 5410, os métodos de referência são os métodos de

instalação, indicados na IEC (*International Electrotechnical Commission*) 60364-5-52, para os quais a capacidade de condução de corrente foi determinada por ensaio ou por cálculo. A seguir estão listados alguns exemplos:

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

A corrente transportada pelo condutor, durante determinado período de funcionamento, deve ser tal que a temperatura máxima para serviço contínuo dada na Figura 7 (tabela presente na norma) não seja ultrapassada.

Figura 7 - Temperaturas características dos condutores.

Tipo de isolação	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) °C	Temperatura limite de sobrecarga (condutor) °C	Temperatura limite de curto-circuito (condutor) °C
Policloreto de vinila (PVC) até 300 mm ²	70	100	160
Policloreto de vinila (PVC) maior que 300 mm ²	70	100	140
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

Fonte: Norma NBR 5410.

As Figuras 8 a 13, são tabelas da própria norma e fornecem as capacidades de condução de corrente para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C, D, E, F e G.

Figura 8 – Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D (Condutores: cobre e alumínio; Isolação: PVC; Temperatura no condutor: 70°C; Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)).

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

Fonte: Norma NBR 5410.

Figura 9 - 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	1 020	952	837	1 311	1 074	811	679
1 000	1 014	908	923	826	1 332	1 173	1 088	957	1 515	1 237	916	767
Alumínio												
16	64	58	60	55	79	71	72	64	84	76	73	61
25	84	76	78	71	105	93	94	84	101	90	93	78
35	103	94	96	87	130	116	115	103	126	112	112	94
50	125	113	115	104	157	140	138	124	154	136	132	112
70	158	142	145	131	200	179	175	156	198	174	163	138
95	191	171	175	157	242	217	210	188	241	211	193	164
120	220	197	201	180	281	251	242	216	280	245	220	186
150	253	226	230	206	323	289	277	248	324	283	249	210
185	288	256	262	233	368	330	314	281	371	323	279	236
240	338	300	307	273	433	389	368	329	439	382	322	272
300	387	344	352	313	499	447	421	377	508	440	364	308
400	462	409	421	372	597	536	500	448	612	529	426	361
500	530	468	483	426	687	617	573	513	707	610	482	408
630	611	538	556	490	794	714	658	590	821	707	547	464
800	708	622	644	566	922	830	760	682	958	824	624	529
1 000	812	712	739	648	1 061	955	870	780	1 108	950	706	598

Fonte: Norma NBR 5410.

Figura 10 - Capacidades de condução de corrente, em amperes, para os métodos de referência E, F e G
(Condutores: cobre e alumínio; Isolação: PVC; Temperatura no condutor: 70°C; Temperaturas de referência do ambiente: 30°C).

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

Fonte: Norma NBR 5410.

Figura 11 – Continuação da Figura 10.

Seções nominais dos condutores mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
	Método E	Método E	Método F	Método F	Justapostos	Espaçados	
Método F					Método G	Método G	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Alumínio							
300	439	381	497	434	455	557	519
400	528	458	600	526	552	671	629
500	608	528	694	610	640	775	730
630	705	613	808	711	640	775	730
800	822	714	944	832	875	1050	1000
1 000	948	823	1 092	965	1 015	1 213	1 161

¹⁾ Ou, ainda, condutores isolados, quando o método de instalação permitir.

Fonte: Norma NBR 5410.

Figura 12 - 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; Temperaturas de referência do ambiente: 30°C).

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

Fonte: Norma NBR 5410.

Figura 13 – Continuação da Figura 12.

Seções nominais dos condutores mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
	Método E	Método E	Método F	Método F	Justapostos	Espaçados	
					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
Alumínio							
16	91	77	90	76	79	103	90
25	108	97	121	103	107	138	122
35	135	120	150	129	135	172	153
50	164	146	184	159	165	210	188
70	211	187	237	206	215	271	244
95	257	227	289	253	264	332	300
120	300	263	337	296	308	387	351
150	346	304	389	343	358	448	408
185	397	347	447	395	413	515	470
240	470	409	530	471	492	611	561
300	543	471	613	547	571	708	652
400	654	566	740	663	694	856	792
500	756	652	856	770	806	991	921
630	879	755	996	899	942	1 154	1 077
800	1 026	879	1 164	1 056	1 106	1 351	1 266
1 000	1 186	1 012	1 347	1 226	1 285	1 565	1 472

¹⁾ Ou, ainda, condutores isolados, quando o método de instalação permitir.

Fonte: Norma NBR 5410.

2.3.3.3 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES (CRITÉRIO TÉCNICO).

- Critério 1: Seção mínima dos condutores (S_{C1}).

A seção dos condutores de fase, em circuitos de corrente alternada, e dos condutores vivos, em circuitos de corrente contínua, não deve ser inferior ao valor pertinente dado na Figura 14 (tabela presente na norma).

Figura 14 – Seção mínima dos condutores.

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm ² - material
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força ²⁾	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu ³⁾
	Condutores nus	Circuitos de força	10Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu
Linhas flexíveis com cabos isolados		Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
		Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu ⁴⁾
		Circuitos a extra baixa tensão para aplicações especiais	0,75 Cu
¹⁾ Seções mínimas ditadas por razões mecânicas ²⁾ Os circuitos de tomadas de corrente são considerados circuitos de força. ³⁾ Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos é admitida uma seção mínima de 0,1 mm ² . ⁴⁾ Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias é admitida uma seção mínima de 0,1 mm ² .			

Fonte: Norma NBR 5410.

- Critério 2: Capacidade de condução de corrente (Sc_2).

$$\text{Corrente de curto – circuito } (I_{cs}) = \frac{S_t}{\sqrt{3} \times V_L \times Z_t\%} \quad (11)$$

Onde:

S_t é a potência instalada aparente do transformador (VA);

V_L é a tensão de linha;

$Z_t\%$ é a impedância percentual do transformador.

$$\text{Corrente de entrada } (I_e) = \frac{S_{dg}}{\sqrt{3} \times V_n} \quad (12)$$

Onde:

S_{dg} é a potência demandada aparente do transformador;

V_n é a tensão nominal.

$$\text{Corrente de projeto } (I_B) = \frac{I_e}{\Delta V_R} \quad (13)$$

Onde:

ΔV_R é a variação de tensão admitida.

$$\text{Corrente de projeto corrigida } (I'_B) = \frac{I_B}{F_{cg}} \quad (14)$$

Onde:

F_{cg} é o fator de correção global (0,75).

A partir do cálculo da corrente de projeto corrigida, analisa-se as Figuras 8 a 13 para identificar a seção do condutor (Sc_2), de acordo com as suas especificações e corrente calculada.

- Critério 3: Queda de tensão (Sc_3).

$$\text{Seção do condutor pelo critério 3 } (Sc_3) = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times I_B \times L_c}{\Delta V_R \times V_L} \text{ (mm}^2\text{)} \quad (15)$$

Onde:

ρ é a resistividade do cobre em 20°C;

L_c é o comprimento do trecho do circuito.

- Critério 4: Proteção contra corrente de sobrecarga (Sc_4).

Para o dimensionamento do condutor levando em consideração o critério de proteção contra corrente de sobrecarga, é necessário fazer o dimensionamento do disjuntor. A condição mínima que indica qual deve ser disjuntor correto é a seguinte:

$$I_N \geq I_B \quad (16)$$

Onde:

I_N é a corrente do disjuntor.

E outro fator importante na escolha do disjuntor é a curva de operação do disjuntor (Figura 16), encontrada a partir da relação M (múltiplos da corrente nominal):

$$M = \frac{I_{cs}}{I_N} \quad (17)$$

Onde:

Curva B: $3 \leq M < 5$

Curva C: $5 \leq M < 10$

Curva D: $10 \leq M < \infty$.

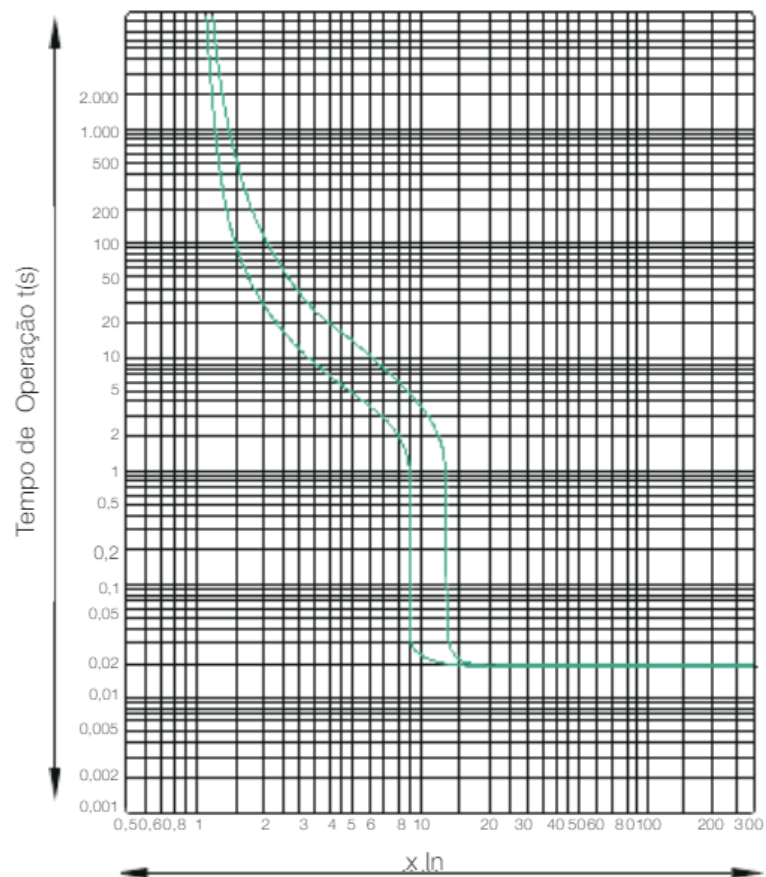
A partir destas condições, utilizando um catálogo de fabricantes de disjuntores (Figura 15), é possível escolher o disjuntor mais adequado para o projeto.

Figura 15 – Disjuntores caixa moldada WEG.

Referência	Corrente nominal (A)	Capacidade de interrupção máxima de curto-circuito I_{cc} (kA)		Código WEG
		220 V _{CA}	380/400 V _{CA}	
DWP63L-16-3	16	25	15	14256721
DWP63L-20-3	20	25	15	14256722
DWP63L-25-3	25	25	15	14256723
DWP63L-32-3	32	25	15	14256724
DWP63L-40-3	40	25	15	14256725
DWP63L-50-3	50	25	15	14256726
DWP63L-63-3	63	25	15	14256727
DWP125L-70-3	70	30	20	14256828
DWP125L-80-3	80	30	20	14256829
DWP125L-90-3	90	30	20	14256831
DWP125L-100-3	100	30	20	14256832
DWP125L-125-3	125	30	20	14256833
DWP250L-100-3	100	35	20	14883757
DWP250L-125-3	125	35	20	14883828
DWP250L-150-3	150	35	20	14256834
DWP250L-160-3	160	35	20	14256835
DWP250L-175-3	175	35	20	14256836
DWP250L-200-3	200	35	20	14256837
DWP250L-225-3	225	35	20	14256838
DWP250L-250-3	250	35	20	14256839
DWP400L-300-3	300	50	35	14256840
DWP400L-350-3	350	50	35	14256842
DWP400L-400-3	400	50	35	14256843
DWP630L-450-3	450	50	35	14256844
DWP630L-500-3	500	50	35	14256845
DWP630L-600-3	600	50	35	14569189
DWP630L-630-3	630	50	35	14256846
DWP800L-700-3	700	50	35	14256847
DWP800L-800-3	800	50	35	14256868

Fonte: Catálogo de disjuntores caixa moldada DWP WEG.

Figura 16 – Curva de operação de disjuntor caixa moldada.



Fonte: Catálogo de disjuntores caixa moldada DWP WEG.

Determinado o disjuntor, observa-se para o cumprimento das seguintes condições:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad (18)$$

$$I_2 \leq 1,45I_Z \quad (19)$$

Onde:

I_Z é a capacidade de condução de corrente do condutor nas condições de referência;

I_2 é a corrente convencional de atuação em sobrecarga ($I_2 = F_s \times I_N$, onde $F_s = 1,45$ para minidisjuntores e 1,30 para disjuntor caixa moldada).

Para minidisjuntores, basta aplicar a condição acima. Porém, para disjuntores caixa moldada é necessário fazer uma reformulação da seguinte forma:

$$I_B \leq I_N \leq I'_Z \quad (20)$$

$$I_N \leq I'_Z \quad (21)$$

Onde:

I'_Z é a capacidade de condução de corrente do condutor nas condições de instalação ($I'_Z = I_Z \times F_{cg}$).

- Critério 5: Proteção contra corrente de curto-circuito (Sc_5).

Neste critério, a solicitação térmica (integral de Joule) é a seguinte:

$$I_{cs}^2 \times t \leq K^2 \times S^2 \quad (22)$$

Onde:

t é o tempo de duração do curto-circuito;

$K = 115$;

S é a seção nominal do condutor.

- Seção do Condutor Neutro (S_N):

Pode-se utilizar para seção do condutor neutro a mesma seção dos condutores de fase (S_F), em mm^2 :

$$S_N = S_F \quad (23)$$

- Seção do condutor de proteção (S_{PE}):

$$S_{PE}(mm^2) = \frac{\sqrt{I_{cs}^2 \times t}}{k} \quad (24)$$

Onde:

k é o fator de função do material do condutor (visto nas Figuras 17 a 21, encontradas na NBR 5410).

Figura 17 – Fator k para condutor de proteção isolado não incorporado a cabo multipolar e não enfeixado com outros cabos.

Material do condutor	Isolação	
	PVC ^(*)	EPR ou XLPE
Cobre	143/133	176
Alumínio	95/88	116
Aço	52/49	64

(*) O valor mais baixo aplica-se a condutores com seção maior que 300 mm².

NOTAS

- 1 A temperatura inicial considerada é de 30°C.
- 2 A temperatura final considerada é:
 - PVC até 300 mm²: 160°C;
 - PVC maior que 300 mm²: 140°C;
 - EPR e XLPE: 250°C.

Fonte: Norma NBR 5410.

Figura 18 – Fator k para condutor de proteção nu em contato com a cobertura de cabo, mas não enfeixado com outros cabos.

Material do condutor	Cobertura do cabo	
	PVC	Polietileno
Cobre	159	138
Alumínio	105	91
Aço	58	50

NOTAS

- 1 A temperatura inicial considerada é de 30°C.
- 2 A temperatura final considerada é de 200°C para o PVC e 150°C para o polietileno.

Fonte: Norma NBR 5410.

Figura 19 – Fator k para condutor de proteção constituído por veia de cabo multipolar ou enfeixado com outros cabos ou condutores isolados.

Material do condutor	Isolação	
	PVC ^(*)	EPR ou XLPE
Cobre	115/103	143
Alumínio	76/68	94
Aço	42/37	52

(*) O valor mais baixo aplica-se a condutores com seção maior que 300 mm².

NOTAS

- 1 A temperatura inicial considerada é de 70°C para o PVC e 90°C para o EPR e o XLPE.
- 2 A temperatura final considerada é:
 - PVC até 300 mm²: 160°C;
 - PVC maior que 300 mm²: 140°C;
 - EPR e XLPE: 250°C.

Fonte: Norma NBR 5410

Figura 20 – Fator k para condutor de proteção constituído pela armação, capa metálica ou condutor concêntrico de um cabo.

Material do condutor	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Cobre	141	128
Alumínio	93	85
Chumbo	26	23
Aço	51	46

NOTAS

- 1 A temperatura inicial considerada é de 60°C para o PVC e 80°C para o EPR e o XLPE.
- 2 A temperatura final considerada é de 200°C para o PVC, EPR e XLPE.

Fonte: Norma NBR 5410.

Figura 21 – Fator k para condutor de proteção nu onde não houver risco de que as temperaturas indicadas possam danificar qualquer material adjacente.

Condições	Temperatura inicial °C	Material do condutor					
		Cobre		Alumínio		Aço	
		Fator k	Temperatura máxima °C	Fator k	Temperatura máxima °C	Fator k	Temperatura máxima °C
Visível e em áreas restritas	30	228	500	125	300	82	500
Condições normais	30	159	200	105	200	58	200
Risco de incêndio	30	138	150	91	150	50	150

Fonte: Norma NBR 5410.

Em alternativa ao método anterior indicado na equação 24, a Figura 22, que é uma tabela da norma, é válida apenas se o condutor de proteção for constituído do mesmo metal que os condutores de fase, caso contrário, não a utilizar.

Figura 22 – Seção mínima do condutor de proteção.

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

Fonte: Norma NBR 5410.

A partir desses critérios e métodos, é possível realizar o dimensionamento técnico dos condutores de fase, neutro e proteção.

2.3.4 NBR 15920 (DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO)

A NBR 15920 (Cabos elétricos — Cálculo da corrente nominal — Condições de operação — Otimização econômica das seções dos cabos de potência) é uma norma que

foi publicada pela ABNT em 2011 e trata da escolha econômica de seções de condutores com base em perdas por efeito joule.

É uma norma extremamente técnica, que envolve diversos cálculos com fatores específicos de projeto, dos cabos e econômicos, como por exemplo taxa de capitalização. A seguir serão apresentados os cálculos e métodos utilizados para a determinação dos condutores a partir do critério econômico baseado em perdas por efeito joule, ou, critério econômico com fatores térmicos.

A Figura 23 é uma tabela presente na NBR 15920 que representa os tipos de cabos e as tensões do sistema que os métodos descritos na norma são aplicados.

Figura 23 – Tipos de cabos x Tensões do sistema.

Tipo de cabo	Tensão do sistema, U_0 kV
Cabos isolados com papel impregnado	
Tipo sólido	38
Preenchidos com óleo e gás pressurizado	63,5
Cabos com outros tipos de isolação	
Borracha butílica	18
EPR	63,5
PVC	6
PE (HD e LD)	127
XLPE (não preenchido)	127
XLPE (preenchido) ^a	63,5
^a XLPE preenchido é aquele que possui cargas minerais ou negro-de-fumo na sua composição.	

Fonte: Norma NBR 15920.

- Custo total:

$$\text{Custo total} = CT = CI + CJ \quad (25)$$

Onde:

CI é o custo de um comprimento de cabo instalado, expresso em unidade de moeda

(\$);

CJ é o custo equivalente na data em que a instalação foi adquirida, ou seja, o valor presente, das perdas em joules durante a vida econômica de N anos, expresso em unidade de moeda (\$).

- Perda de energia durante o primeiro ano (*PE1*):

$$PE1 = (I_{max}^2 \cdot R \cdot l \cdot N_p \cdot N_c) \cdot T \quad (W \cdot h) \quad (26)$$

Onde:

I_{max} é a carga máxima no cabo durante o primeiro ano, expressa em ampères (A);

l é o comprimento do cabo, expresso em metros (m);

R é a resistência c.a. aparente do condutor por unidade de comprimento, levando em conta os efeitos pelicular e de proximidade (*y_s*, *y_p*) e as perdas em blindagens metálicas e armações (*λ₁*, *λ₂*), expressa em ohms por metro (Ω/m).

- Custo das perdas de energia durante o primeiro ano (*CJ1*):

$$CJ1 = (I_{max}^2 \cdot R \cdot l \cdot N_p \cdot N_c) \cdot T \cdot P \quad ($) \quad (27)$$

Onde:

T é tempo de operação com perda máxima em joules, expresso em horas por ano (h/ano), durante o qual flui a corrente máxima *I_{max}* para que se produza a mesma perda anual total de energia que a produzida pela corrente real e variável da carga;

N_p é o número de condutores de fase por circuito;

N_c é o número de circuitos que conduzem o mesmo tipo e valor de carga;

P é o custo de um watt-hora de energia na tensão apropriada, expresso em unidades de moeda por watt-hora (\$/W.h).

- Custo da capacidade adicional (*CCA*):

$$CCA = (I_{max}^2 \cdot R \cdot l \cdot N_p \cdot N_c) \cdot D \quad ($/ano) \quad (28)$$

Onde:

D é a variação anual da demanda, expressa em unidade de moeda por watt-ano (\$/W.ano). O custo total das perdas no primeiro ano (*CT1*) é, portanto, calculado pela equação:

$$CT1 = (I_{max}^2 \cdot R \cdot l \cdot N_p \cdot N_c) \cdot (T \cdot P + D) \quad ($) \quad (29)$$

Se os custos forem pagos no final do ano, então o valor presente da instalação (*VPI*) na data da compra é calculado pela equação:

$$VPI = \frac{\left((I_{max}^2 \cdot R \cdot l \cdot N_p \cdot N_c) \cdot (T \cdot P + D) \right)}{\left(1 + \frac{i}{100} \right)} \quad ($) \quad (30)$$

Onde:

i é a taxa de capitalização sem incluir efeitos inflacionários, expressa em porcentagem (%).

De forma semelhante, o valor presente do custo de energia durante N anos de operação, capitalizado na data da compra, é calculado pela equação:

$$CJ = \frac{\left((I_{max}^2 \cdot R \cdot I \cdot N_p \cdot N_c) \cdot (T \cdot P + D) \right) \cdot (Q)}{\left(1 + \frac{i}{100} \right)} \quad (\$) \quad (31)$$

Onde:

Q é um coeficiente que leva em conta o aumento da carga, o aumento no custo da energia durante N anos e a taxa de capitalização.

$$\sum_{n=1}^N (r^{n-1}) = \frac{1 - r^N}{1 - r} \quad (32)$$

$$r = \frac{\left(1 + \frac{a}{100} \right)^2 \cdot \left(1 + \frac{b}{100} \right)}{\left(1 + \frac{i}{100} \right)} \quad (33)$$

Onde:

a é o aumento anual da carga, expresso em porcentagem (%);

b é o aumento anual do custo da energia, sem incluir efeitos da inflação, expresso em porcentagem (%).

Onde forem requeridos vários cálculos que envolvam diferentes seções de condutores, é vantajoso expressar todos os parâmetros, com exceção da corrente e resistência do condutor, em um coeficiente F , onde o custo total é dado por:

$$F = N_p \cdot N_c \cdot (T \cdot P + D) \cdot \frac{Q}{\left(1 + \frac{i}{100} \right)} \quad (34)$$

O custo total é dado por:

$$CT = CI + I_{max}^2 \cdot R \cdot I \cdot F \quad (35)$$

- Faixa econômica de correntes para cada condutor de uma série de seções:

$$\text{Limite inferior de } I_{max} = \sqrt{\frac{CI - CI_1}{F \cdot I \cdot (R_1 - R)}} \quad (A) \quad (36)$$

$$\text{Limite superior de } I_{max} = \sqrt{\frac{CI_2 - CI}{F \cdot I \cdot (R - R_2)}} \quad (A) \quad (37)$$

Onde:

CI é o custo do comprimento de cabo instalado cuja seção está sendo considerada, expresso em unidade de moeda (\$);

R é a resistência CA. por unidade de comprimento da seção do condutor que está sendo considerada, expressa em ohms por metro (Ω/m);

$CI1$ é o custo de instalação da próxima menor seção nominal de condutor, expresso em unidade de moeda (\$);

$R1$ é a resistência CA. por unidade de comprimento da próxima menor seção nominal de condutor, expressa em ohms por metro (Ω/m);

$CI2$ é o custo de instalação da próxima maior seção nominal de condutor, expresso em unidade de moeda (\$);

$R2$ é a resistência CA. por unidade de comprimento da próxima maior seção nominal de condutor, expressa em ohms por metro (Ω/m).

- Seção econômica de um condutor para uma dada carga:

$$CT(S) = CI(S) + I_{max}^2 \cdot \frac{R(S)}{F} \quad (\$) \quad (38)$$

Onde:

$CI(S)$ e $R(S)$ são expressos como funções da seção transversal S do condutor.

De acordo com a IEC (*International Electrotechnical Commission*) 60287-1-1, a resistência aparente de um condutor pode ser expressa como uma função da seção transversal por:

$$R(S) = \frac{\rho_{20} \cdot B [1 + \alpha_{20} \cdot (\theta_m - 20)]}{S} \cdot 10^6 \quad (\Omega/m) \quad (39)$$

$$B = (1 + y_p + y_s) \cdot (1 + \lambda_1 + \lambda_2) \quad (40)$$

Onde:

ρ_{20} é a resistividade CC. do condutor, expressa em ohms por metro (Ω/m).

NOTA É improvável que a seção econômica do condutor seja idêntica à seção nominal padronizada, sendo assim necessário fornecer uma relação contínua entre seção e resistência. Isto é feito assumindo-se um valor de resistividade para cada material condutor. Os valores recomendados aqui para ρ_{20} são: $18,35 \cdot 10^{-9}$ para cobre e $30,3 \cdot 10^{-9}$ para alumínio. Estes valores não são os valores reais destes materiais, mas valores de compromisso escolhidos para que as resistências dos condutores possam ser calculadas diretamente da seção nominal do condutor, em lugar de usar as áreas reais efetivas da seção transversal.

γ_p, γ_s são os fatores devidos aos efeitos de proximidade e pelicular; ver IEC 60287-1-1;

λ_1, λ_2 são os fatores de perda da cobertura e da armação; ver IEC 60287-1-1;

ρ_{20} é o coeficiente de temperatura da resistividade para um dado material de condutor a 20 °C, expresso em (K-1);

θ_m é a temperatura do condutor, expressa em graus Celsius (°C);

B é o valor auxiliar definido pela Equação (40), que pode ser calculado a partir da IEC 60287-1-1, assumindo-se um valor provável para a seção econômica de condutor;

S é a área da seção transversal do cabo condutor, expressa em milímetros quadrados (mm²).

- Função linear do custo de cabos:

$$CI(S) = I \cdot (A \cdot S + C) \quad (41)$$

Onde:

A é a componente variável do custo, relacionada à seção do condutor, expressa em unidade de moeda por metro vezes milímetros quadrados (\$/m.mm²);

C é a componente constante do custo, não afetada pela seção do condutor, expressa em unidade de moeda por metro (\$/m);

l é o comprimento do cabo, expresso em metros (m).

Então, a seção econômica ótima, Sec (mm²), pode ser obtida igualando a zero a derivada da Equação (38) em relação a S , obtendo-se:

$$S_{ec} = 1000 \cdot \left[\frac{I_{max}^2 \cdot F \cdot \rho_{20} \cdot B \cdot [1 + \alpha_{20}((\theta_m - 20))]^{0,5}}{A} \right]^{0,5} \quad (42)$$

2.3.5 DIMENSIONAMENTO DO CONDUTOR NEUTRO E ANÁLISE AMBIENTAL

O livro “Cabos elétricos de baixa tensão, conforme NBR 5410”, escrito pelo professor Hilton Moreno e publicado pela empresa Cobrecom, é um livro focado em cabos elétricos, baseado em diversos requisitos de normas técnicas que envolvem o mundo dos condutores elétricos. Foi publicado em 2014 e possui o objetivo de contribuir de maneira significativa na formação, atualização e aperfeiçoamento dos profissionais da área da elétrica.

A Cobrecom Fios e Cabos Elétricos é uma empresa brasileira especializada na fabricação de fios e cabos elétricos para uso residencial, comercial e industrial. Foi

fundada em 1998 e é reconhecida por oferecer produtos de alta qualidade e segurança, com certificações que atendem às normas técnicas brasileiras.

Hilton Moreno é engenheiro eletricista formado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, professor universitário, membro de comissões de estudo da ABNT (NBR 5410; NBR 14039; NBR 15920), autor de livros, palestrante, consultor técnico de empresas da área elétrica como a Cobrecom e em 2014 recebeu do CREA-SP o Diploma de Mérito da Engenharia, Arquitetura e Agronomia Paulista.

2.3.5.1 DIMENSIONAMENTO DO CONDUTOR NEUTRO

No item 6.2.6.2 da NBR 5410 são feitas considerações sobre o dimensionamento do condutor neutro pelo critério de capacidade de corrente em função da taxa de terceira harmônica (THD3) e suas múltiplas no circuito.

A taxa de terceira harmônica refere-se a um componente específico das harmônicas presentes em sistemas elétricos, em específico nas redes de energia que alimentam equipamentos não lineares (componentes de um circuito elétrico que distorcem a forma de onda da tensão ou da corrente, como microcomputadores e fontes chaveadas). As harmônicas são sinais de corrente ou tensão cuja frequência é um múltiplo inteiro da frequência fundamental (60 Hz no Brasil), e a terceira harmônica tem frequência três vezes maior que a fundamental.

- THD3 e múltiplas < 15% - Condutor neutro pode ser menor que o condutor de fase.

O item 6.2.6.2.6 da NBR 5410 admite que num circuito trifásico com condutor neutro, onde os condutores de condutor de fase tenham seção maior que 25 mm², a seção do condutor neutro pode ser menor que a do condutor de fase, limitada aos valores da Figura 24 (Tabela 48 da NBR 5410), desde que: o circuito seja equilibrado, a taxa de 3^a harmônica e suas múltiplas seja menor que 15% e que o condutor neutro seja protegido contra sobrecorrentes.

Figura 24 – Seção reduzida do condutor neutro.

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

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

Fonte: Norma NBR 5410.

- THD3 \geq 15% e múltiplas \leq 33% - Condutor neutro pode ser igual ao condutor de fase.

Nos itens 6.2.6.2.3 e 6.2.6.4 da NBR 5410, admite-se que, respectivamente, num circuito trifásico com condutor neutro e num circuito de duas fases com condutor neutro, a seção do condutor neutro pode ser igual à seção do condutor de fase desde que a taxa de terceira harmônica (e suas múltiplas) presentes no circuito seja maior ou igual a 15% e menor ou igual a 33%.

- THD3 e múltiplas $>$ 33% - Condutor neutro pode ser maior que o condutor de fase.

O item 6.2.6.2.5, admite que num circuito trifásico com condutor neutro ou num circuito com duas fases com condutor neutro, a seção do condutor neutro pode ser maior que a seção do condutor de fase desde que a taxa de terceira harmônica e as suas múltiplas presentes no circuito sejam maiores ou iguais a 33%. Estas taxas são comuns em circuitos que alimentam aparelhos relacionados a tecnologia e informação, como computadores.

De acordo com o Anexo F da norma NBR 5410, a seção do condutor neutro, nestas condições, pode ser determinada calculando a corrente da seguinte forma:

$$I_n = f_H I_B \quad (43)$$

Onde:

I_n é corrente no condutor neutro considerando a presença das harmônicas de 3^a ordem e suas múltiplas;

f_H é o fator obtido na Figura 25 (tabela 17 do livro);

I_B é a corrente de projeto.

O professor Hilton Moreno destaca uma observação presente na NBR 5410 que recomenda na falta de estimativa mais precisa da taxa de 3ª harmônica, a adoção dos maiores fatores da tabela, ou seja, 1,73 e 1,41, respectivamente, para circuitos trifásicos e com duas fases.

Figura 25 – Fator para a determinação da corrente no neutro.

Taxa de 3ª harmônica	f_n	
	Circuito trifásico com neutro	Circuito com duas fases e neutro
33% a 35%	1,15	1,15
36% a 40%	1,19	1,19
41% a 45%	1,24	1,23
46% a 50%	1,35	1,27
51% a 55%	1,45	1,30
56% a 60%	1,55	1,34
61% a 65%	1,64	1,38
≥ 66%	1,73	1,41

Fonte: Livro Cabos Elétricos de Baixa Tensão, Cobrecom 2014.

2.3.5.2 ANÁLISE AMBIENTAL DA SEÇÃO DOS CONDUTORES

Durante o ciclo de vida dos cabos e sua utilização, ocorrem emissões de CO_2 devido a condução de energia elétrica pelos cabos. Essas emissões são produzidas pela geração extra de energia necessária para compensar as perdas por efeito joule no transporte de corrente elétrica pelo circuito. É possível reduzir essas perdas de energia e com isso reduzir também a emissão de CO_2 , aumentando a seção do condutor utilizando o método da seção econômica, desta maneira, haverá um ganho ambiental quando a emissão de CO_2 durante o período de utilização do condutor for menor que a emissão de CO_2 durante a sua fabricação.

- Redução das emissões de CO_2 na geração de energia pelo aumento da seção.

$$Z_1 = \sum [N_p \times N_c \times I^2 \times (R_1 - R_2) \times 10^{-3} \times T \times l \times K_1] \quad (44)$$

Onde:

Z_1 = quantidade anual de redução de emissões de CO_2 (kg- CO_2);

N_p = número de condutores de fase por circuito;

N_c = número de circuitos que levam o mesmo tipo e valor de carga;

I = corrente de projeto (A);

l = comprimento do cabo (km);

R_1 = resistência do condutor por unidade de comprimento dimensionado pelo critério técnico (Ω/km);

R_2 = resistência do condutor por unidade de comprimento dimensionado pelo critério econômico, (Ω/km);

T = tempo de operação por ano (h/ano);

K_1 = emissões de CO_2 no momento da geração por unidade de energia elétrica ($\text{kg-}CO_2/\text{kWh}$). Dado consultado na Agência Internacional de Energia.

- Aumento das emissões de CO_2 na fabricação de condutores pelo aumento da seção.

$$Z_2 = \sum [(W_2 - W_1) \times l \times K_2] \quad (45)$$

Onde:

Z_2 = quantidade anual de aumento de emissões de CO_2 ($\text{kg-}CO_2$);

W_1 = peso do condutor por unidade de comprimento dimensionado pelo critério técnico (menor seção), (kg/km) – ver Figura 26;

W_2 = peso do condutor por unidade de comprimento dimensionado pelo critério econômico (maior seção), (kg/km) – ver Figura 26;

l = comprimento do cabo (km);

K_2 = emissões de CO_2 no momento da produção do cobre por unidade de cobre ($\text{kg-}CO_2/\text{kg-Cu}$). Recomenda-se utilizar $K_2 = 4,09 \text{ kg-}CO_2/\text{kg-Cu}$ que é o valor correspondente à produção do catodo de cobre eletrolítico.

O resultado desta análise pode ser dado por:

$$Z_1 - Z_2 \quad (46)$$

E caso o valor desta diferença for maior do que zero, houve um ganho ambiental devido ao dimensionamento dos condutores.

Figura 26 – Peso de cabos de cobre (classe de encordoamento 2).

Seção nominal (mm ²)	Formação		Φ Ext. Cabo (mm)	Peso Total Aprox. (kg/km)
	Número de Fios	Φ Fio (mm)		
1,5	7	0,522	1,57	13,5
2,5	7	0,674	2,02	22,4
4,00	7	0,853	2,56	35,9
6,00	7	1,045	3,14	53,9
10,00	7	1,35	4,05	90,1
16,00	7	1,71	5,13	145
25,00	7	2,13	6,40	224
35,00	7	2,52	7,56	314
50,00	19	1,83	9,15	450
70,00	19	2,17	10,85	633
95,00	19	2,52	12,6	853
120,00	37	2,03	14,2	1,080
150,00	37	2,27	15,9	1,350
185,00	37	2,52	17,6	1,660
240,00	37	2,88	20,2	2,170
300,00	37	3,22	22,5	2,720
400,00	61	2,88	25,9	3,590
500,00	61	3,22	28,9	4,480

Fonte: Livro Cabos Elétricos de Baixa Tensão, Cobrecom 2014.

2.3.6 NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL (NH11)

A NH11 é a norma de higiene ocupacional que trata da avaliação dos níveis de iluminação em ambientes internos de trabalho. Possui como objetivo estabelecer critérios e procedimentos para avaliação dos níveis de iluminação em ambientes internos e indicar os principais parâmetros que interferem nos aspectos quantitativos e qualitativos relacionados à iluminação interna dos ambientes de trabalho.

O critério utilizado na norma para avaliar o nível de iluminação é a medição ponto a ponto nas diferentes tarefas e a comparação com os valores mínimos exigidos correspondentes ao valor da iluminância mínima E (lux) para as tarefas apresentadas nas Figuras 27 a 31 (Quadro 1 da norma), permitindo uma tolerância de 10% abaixo desse valor. Observação: O quadro presente na norma apresenta diversas áreas de edificações, porém para este estudo da EST, englobam-se apenas algumas áreas específicas que serão abordadas nas Figuras 27 a 31.

Figura 27 – Níveis mínimos de iluminamento E (lux) em função do tipo de ambiente, tarefa ou atividade.

<i>Tipo de ambiente, tarefa ou atividade</i>	<i>E (lux)</i>	<i>IRC/Ra*</i>	<i>Observações</i>
1. Áreas gerais da edificação			
Saguão de entrada	100	60	
Sala de espera	200	80	
Área de circulação e corredor	100	40	– Nas entradas e saídas, estabelecer uma zona de transição para evitar mudanças bruscas.
Escada, escada rolante e esteira rolante	150	40	
Rampa de carregamento	150	40	
Refeitório e cantina	200	80	
Sala de descanso	100	80	
Sala para exercícios físicos	300	80	
Vestiário, banheiro e toalete	200	80	
Enfermaria	500	80	
Sala para atendimento médico	500	90	– Tcp mínimo de 4.000 K.

Fonte: NH11.

Figura 28 – Níveis mínimos de iluminação E (lux) em função do tipo de ambiente, tarefa ou atividade
(Continuação).

<i>Tipo de ambiente, tarefa ou atividade</i>	<i>E (lux)</i>	<i>IRC/Ra*</i>	<i>Observações</i>
Estufa e sala dos disjuntores	200	60	
Correios e quadro de distribuição	500	80	
Depósito, estoque e câmara fria	100	60	– 200 lux se forem continuamente ocupados.
Expedição	300	60	
Estação de controle	150	60	– 200 lux se forem continuamente ocupados.

Fonte: NH11.

Figura 29 – Níveis mínimos de iluminação E (lux) em função do tipo de ambiente, tarefa ou atividade
(Continuação).

28. Construções educacionais			
Brinquedoteca	300	80	
Berçário	300	80	
Sala dos profissionais do berçário	300	80	
Sala de aulas e sala de aulas particulares	300	80	– Recomenda-se que a iluminação seja controlável.

Fonte: NH11.

Figura 30 – Níveis mínimos de iluminação E (lux) em função do tipo de ambiente, tarefa ou atividade
(Continuação).

<i>Tipo de ambiente, tarefa ou atividade</i>	<i>E (lux)</i>	<i>IRC/Ra*</i>	<i>Observações</i>
Sala de aulas noturnas, classes e educação de adultos	500	80	
Sala de leitura	500	80	– Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Quadro negro	500	80	– Prevenir reflexões especulares.
Mesa de demonstração	500	80	– Em salas de leitura, 750 lux.
Sala de arte em artesanato	500	80	
Sala de arte em escolas de arte	750	90	– T _{cp} > 5.000 K.
Sala de desenho técnico	750	80	
Sala de aplicação e laboratórios	500	80	
Oficina de ensino	500	80	
Sala de ensino de música	300	80	
Sala de ensino de computador	500	80	– Vide nota 2.
Laboratório linguístico	300	80	
Sala de preparação e oficinas	500	80	
Sala comum de estudantes e sala de reunião	200	80	
Sala dos professores	300	80	

Fonte: NH11.

Figura 31 – Níveis mínimos de iluminamento E (lux) em função do tipo de ambiente, tarefa ou atividade
(Continuação).

<i>Tipo de ambiente, tarefa ou atividade</i>	<i>E (lux)</i>	<i>IRC/Ra*</i>	<i>Observações</i>
Sala de esportes, ginásio e piscina	300	80	– Para as instalações do acesso público, ver CIE 58, de 1983, e CIE 62, de 1984.

Fonte: NH11.

- Procedimentos para determinação da iluminância média.

As medições devem ser realizadas de modo que a superfície da fotocélula (luxímetro) fique posicionada em um plano horizontal, a uma distância de 0,75 m do piso. Como na universidade existem atividades noturnas, a norma exige que as medições sejam feitas no período da noite.

- Cálculo da iluminação média.

As instalações da EST apresentam salas com ambiente de trabalho de área retangular, iluminado com fontes de iluminação com padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras (Figura 32). As medições e os cálculos devem ser feitos seguindo os seguintes passos:

Passo 1: Efetuar as medições na área central, nos pontos r1 a r4 e nos pontos r5 a r8, conforme a Figura A1. Calcular a média aritmética das oito medições (R).

Passo 2: Efetuar as medições nos pontos q1, q2, q3 e q4, localizados em lados opostos do ambiente de trabalho, conforme a Figura A1. Calcular a média aritmética das quatro leituras (Q).

Passo 3: Efetuar as medições nos pontos t1, t2, t3 e t4, localizados em lados opostos do ambiente de trabalho, conforme a Figura A1. Calcular a média aritmética das quatro leituras (T).

Passo 4: Efetuar as medições em dois cantos opostos do ambiente de trabalho, nos pontos p1 e p2, conforme a Figura A1. Calcular a média aritmética das duas leituras (P).

A iluminância média (\bar{I}) deste ambiente de trabalho é dada por:

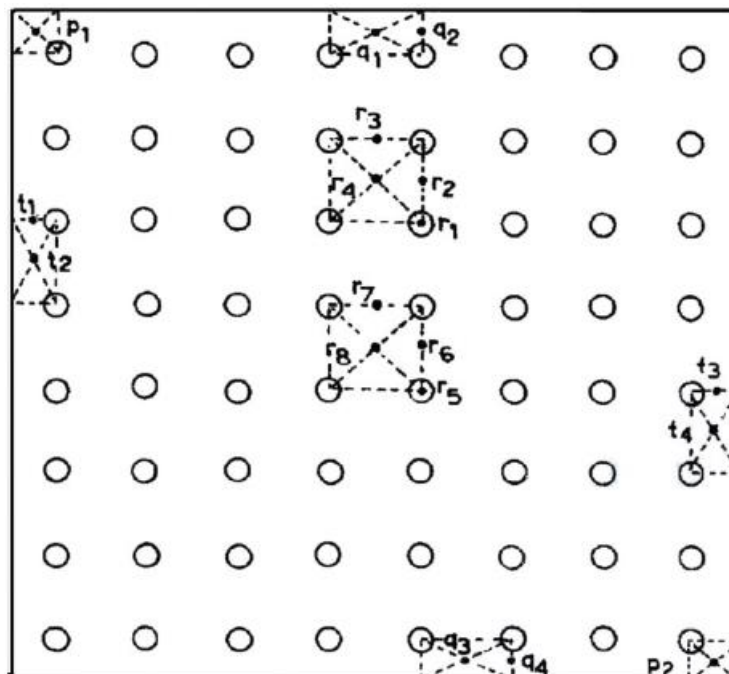
$$\bar{I} = \frac{R(N - 1)(M - 1) + Q(N - 1) + T(M - 1) + P}{NM} \quad (47)$$

Onde:

N = quantidade de luminárias por fila;

M = número de filas.

Figura 32 – Ambiente de trabalho de área retangular, iluminado com fontes de iluminação com padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras.



Fonte: NH11.

2.4 DESENVOLVIMENTO DO PRÉ-DIAGNÓSTICO

O pré-diagnóstico energético reunirá todas as informações adquiridas na análise das faturas de energia e nas inspeções e medições em campo, organizando os dados tabelas e gráficos para melhor análise e visualização, o que facilita a conclusão e sugestões de soluções dos problemas encontrados nas instalações elétricas, bem como das possíveis expansões, oportunidades de melhoria e itens de *retrofit*. Em suma, busca-se realizar uma avaliação preliminar das condições energéticas da EST.

De acordo com a NBR 15575-1, define-se *retrofit* como a remodelação ou atualização do edifício ou de sistemas, através da incorporação de novas tecnologias e conceitos, normalmente visando à valorização do imóvel, mudança de uso, aumento da vida útil e eficiência operacional e energética

O pré-diagnóstico energético torna-se, assim, um documento valioso para iniciar a busca por maior eficiência energética, permitindo uma avaliação rápida e econômica das condições energéticas da instalação, identificando oportunidades de melhoria que podem ser exploradas ao longo da realização do diagnóstico energético mais detalhado.

Nessa auditoria energética que deve ser realizada após o pré-diagnóstico, será possível obter dados e informações detalhadas da situação energética da EST, englobando não apenas instalações, mas as instalações hidráulicas, ambientais, obras civis prediais, dentre outros itens. A partir do diagnóstico energético detalhado, a gestão da UEA/EST poderá tomar medidas gerais e concretas para a gestão energética, buscando a conservação, controle e redução do consumo de energia, demanda de potência, os custos operacionais, econômicos e ambientais, o que aumenta a confiabilidade do uso eficiente da energia e o empenho da gestão administrativa.

3. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO.

3.1 MATERIAIS

Para a realização das medições dos parâmetros elétricos nos equipamentos e nos quadros de distribuição, será utilizado o alicate wattímetro ET-4080 da Minipa, cedido pela própria EST para o desenvolvimento do trabalho. Na Figura 33 pode-se visualizar a caixa do equipamento com informações.

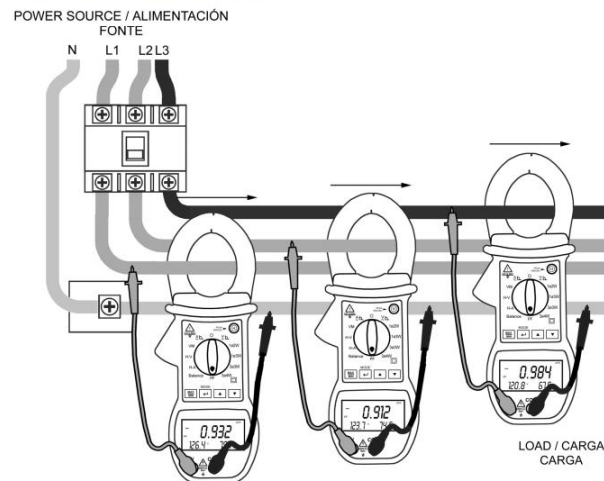
Figura 33 – ET-4080.



Fonte: Autoria própria.

Este equipamento possui diversas funções de medição, porém ao decorrer deste trabalho será utilizada a função de fator de potência, pois ao selecionar esta função, o display do equipamento fornece as informações de fator de potência, tensão e corrente medida. Uma vez que é possível medir a tensão e corrente, também é possível calcular a potência. As instruções para a medição do fator de potência estão presentes na Figura 34.

Figura 34 - Medição do fator de potência.

C. Medida de Fator de Potência

Posicione a chave rotativa em **PF** para medida de fator de potência.
Selecione a fase da qual deseja medir o fator de potência, e conecte o instrumento conforme indicado acima.

Fonte: Manual de instruções ET-4080 Minipa.

É importante destacar que este equipamento está de acordo com os requisitos para dupla isolamento da IEC61010-1, sendo da categoria de sobretensão III (Categoria III 600V CA e CC).

O equipamento responsável para medição de iluminação é o luxímetro, em específico o Luxímetro Digital Led da marca Metrins, como visto na Figura 35.

Figura 35 – Luxímetro Digital Led.



Fonte: <https://www.magazineluiza.com.br/luximetro-digital-para-led-200-000-lux-atende-nho-11-metrins/p/cfe8kckfgj/fs/lmto/>.

Para o desenvolvimento do pré-diagnóstico, elaboração de cálculos e gráficos, foi utilizado o notebook Samsung Expert X20 (Figura 36), que possui o sistema operacional

Windows e um processador Intel Core I5.

Figura 36 – Notebook Samsung Expert X20.



Fonte: <https://www.amazon.com.br/Notebook-Samsung-Expert-Intel-Windows/dp/B07T36SCF2>

3.2 METODOLOGIA

A seguir serão abordados os aspectos metodológicos da pesquisa realizada, escrevendo-se os procedimentos necessários para a elaboração do pré-diagnóstico do sistema energético da Escola Superior de Tecnologia. Esse estudo tem por finalidade realizar uma pesquisa de natureza aplicada e para alcançar os objetivos propostos e com melhor apreciação deste trabalho, utilizou-se uma abordagem quantitativa.

A primeira etapa de desenvolvimento deste projeto consiste na realização de pesquisa bibliográfica especializada sobre o tema proposto em artigos, revistas especializadas, dissertações, teses e demais trabalhos pertinentes, os quais serviram para o embasamento teórico e estudos de casos de eficiência energética em instituições de ensino e outras edificações para utilizar a energia elétrica de maneira racional, aplicando técnicas de análise, metodologias e ações que objetivam a melhoria da eficiência energética das instalações e economia financeira nas faturas de energia.

Inicialmente, foram solicitadas à distribuidora de energia elétrica, as faturas de energia entre anos de 2019 e 2023 para coleta e análise dos parâmetros e grandezas elétricas contratada, medida e faturadas. Os dados das faturas são importantes para se entender o perfil energético da instituição, considerando os consumos de energia ativa na

ponta e fora de ponta, bem como as potências ativa demandadas na ponta, fora de ponta e contratada. Além das grandezas elétricas é importante coletar os custos com energia elétrica, destacando-se dois grupos, os custos gerenciáveis e os custos evitáveis.

No grupo de custos gerenciáveis foram agrupadas as despesas com consumo de energia elétrica na ponta e fora de ponta, e potência demandada fora de ponta. O grupo de custos evitáveis é composto pelos valores de energia reativa excedente, demanda de ultrapassagem e pagamentos de juros e multa por atraso e correção monetária.

Após as atividades de organização, compilação e elaboração de tabelas dos dados de grandezas elétricas e financeiros das faturas de energia elétrica, serão apresentados gráficos utilizando o Matlab e Excel como ferramentas de desenvolvimento, os quais permitirão a observação numérica e visual dos diversos parâmetros técnicos e financeiros.

Outra etapa importante que compõe o relatório do pré-diagnóstico energético da EST é a de inspeção e medição, na qual foram realizadas visitas técnicas para inspeções e medições de algumas grandezas elétricas, bem como registradas as necessidades de manutenção corretiva e *retrofit* no sistema energético dos prédios, salas de aulas e administrativas, laboratórios, prédios, coordenações de cursos de graduação e pós-graduação, enfim as diversas edificações da instituição.

Como etapa conclusiva do relatório do pré-diagnóstico energético será realizado o estudo técnico-econômico de oportunidades de conservação de energia elétrica, as quais englobam melhorias e inovações da eficiência energética de todo o complexo eletroenergético da Escola Superior de Tecnologia.

É de extrema importância destacar que as medições e análises foram todas baseadas nas normas (NBR ISO 50001, NBR 15575-1, NBR 5410, NBR 15920 e NH11) e no livro Cabos elétricos de baixa tensão conforme NBR 5410).

4. DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo serão abordados as atividades e procedimentos realizados durante a etapa de desenvolvimento do projeto.

4.1 ANÁLISE DAS FATURAS

Solicitou-se juntamente com a reitoria da universidade as faturas de energia dos anos de 2019 até 2023, para que assim fossem feitas as análises das faturas, identificando os custos gerenciáveis e evitáveis, além de conseguir visualizar, por meio de gráficos, o aumento do consumo de energia elétrica da EST. A Figura 37 apresenta a fatura de energia do mês de março de 2023.

Figura 37 – Fatura de energia do mês de março.

AMAZONAS ENERGIA
AV DJALMA BATISTA, 4.400 - UNIDA FLORES, MANAUS - AM
CEP: 69.058-807
CNPJ: 02.341.467/0001-20
INSC. ESTADUAL: 42156092

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
AV DARCY VARGAS, 1200 - CHAPADA, AME 1200 -
ZONA CENTRO-SUL - CEP 69.050-020 - MANAUS - AM
CNPJ 04.280.196/0001-76

Documento Auxiliar da Nota Fiscal de Energia Elétrica Eletrônica
Nota Fiscal Nº 71 096487
Série 001 / Data de Emissão: 05/04/2023
Consulte pela Chave de Acesso em: <https://idfe-portal.svcs.rs.gov.br/NF3E/Consulta>
Chave de acesso: 1323 0402 3414 6700 0120 6600 1071 0964 8720 1096 4876
Protocolo de Autorização: EMITIDA EM CONTINGÊNCIA
Pendente de Autorização

A Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela Lei nº 10.438 de 26 de abril de 2002.

USAR PI DÉBITO AUTOMÁTICO

Código Único	Vencimento	Mês Faturado
0086055-7	28/04/2023	03/2023

Para atendimento, informe este número FD 0

Dados da Unidade Consumidora			
Grupo	Subgrupo	Classe	Subclasse
PODER PUBLICO	A4	PODER PUBLICO	POD.PUBLESTADUAL
Ligação	Número do Medidor	Faturamento	Modalidade
ALTA TENSÃO	11434331	NORMAL	HOROSAZONAL VERDE

Datas da Leitura			
Leitura anterior	Leitura atual	Próxima leitura	
28/02/2023	31/03/2023	30/04/2023	
Dias de consumo	Emissão	Apresentação	
31	05/04/2023	12/04/2023	

Dados da Leitura				
Desc. da Grandeza:	Leit. Atual	Leit. Anterior	Constante	Registrado
En Ativa Pta	455.61	435.31	700.00000	14210
En Ativa F-Pta	6375.66	6087.71	700.00000	201565
Dem Acum Pta	12961.20	12399.60	0.70000	393
Dem Acum F-Pta	28863.60	27793.19	0.70000	749
Ufer Pta	47.77	47.35	700.00000	294
Ufer F-Pta	310.15	307.26	700.00000	2023
Dmcr Acum Pta	12510.30	12001.49	0.70000	356
Dmcr Acum F-Pta	28327.49	27299.10	0.70000	719

Descrição da Conta		
Itens Faturados	Tar. sem Impostos	Valor (R\$)
Consumo Ponta 14.210 kWh a 2,161940	2,161940	30.721,16
Demanda 749 kW a 33,920000	33,920000	25.406,08
En R Exc Ponta 294 kWh a 0,288040	0,288040	84,68
Consumo F/Ponta 201.565 kWh a 0,455290	0,455290	91.770,52
En R Exc F/Ponta 2.023 kWh a 0,288040	0,288040	582,70
Dem Ultr 101 kW a 67,840000	67,840000	6.851,84
Correção Monetária Ipca/Igpm (3X)		7.000,19
Multa Por Atraso (3X)		9.505,72
Juros De Mora De Importe/Service (3X)		16.053,79

Total a pagar R\$ 187.976,68

Médias 12 meses: 177.904 kWh D. Cida Pta: 648 D. Cida F.Pta: 648 Reservado ao Fisco: 5948.D9CC.F266.1F9E.143B.8FC0.2D66.2C15

Fonte: Amazonas Energia.

Observando a fatura de energia da Figura 37 é possível observar os seguintes dados:

- A EST está classificada no subgrupo A4;
- Sua demanda contratada é de 648 kW;
- Consumo de Ponta de 14210 kWh com tarifa a 2,16194 resultando em R\$ 30721,16 (trinta mil setecentos e vinte um reais e dezesseis centavos);
- Demanda de 749 kW com tarifa a 33,92 resultando em R\$ 25406,08 (vinte e cinco mil quatrocentos e seis reais e oito centavos);
- Energia Reativa Excedente de Ponta de 294 kWh com tarifa a 0,28804 resultando em R\$ 84,68 (oitenta e quatro reais e sessenta e oito centavos);

- Consumo Fora de Ponta de 201565 kWh com tarifa a 0,45529 resultando em R\$ 91770,52 (noventa e um mil setecentos e setenta reais e cinquenta e dois centavos);
- Energia Reativa Excedente Fora de Ponta de 2023 kWh com tarifa a 0,28804 resultando em R\$ 582,70 (quinhentos e oitenta e dois reais e setenta centavos);
- Demanda de Ultrapassagem de 101 kW com tarifa a 67,84 resultando em R\$ 6851,84 (seis mil oitocentos e cinquenta e um reais e oitenta e quatro centavos);
- Multa por atraso resultando em R\$ 9505,72 (nove mil quinhentos e cinco reais e setenta e dois centavos);
- Correção monetária Ipcma/Igpm resultando em R\$ 7000,19 (sete mil reais e dezenove centavos);
- Juros de Mora de Importe/Serviço resultando em R\$ 16053,79 (dezesseis mil cinquenta e três reais e setenta e nove centavos).

Esta análise mais específica de identificação de todos os parâmetros que compõe a fatura de energia foi realizada em todas as faturas do ano de 2023 (mais atual), e nas demais faturas, dos anos de 2019 até 2022 foram realizadas análises com foco principal na demanda e consumo registrados, para que assim fosse possível observar o crescimento do consumo de energia da EST.

4.2 MEDIÇÃO EM CAMPO

Foram realizadas diversas medições em campo nas salas, quadros de distribuição, laboratórios e equipamentos presentes no campus da EST.

- Salas de aula e laboratórios.

As medições feitas nas salas de aula (salas de aula em maioria utilizadas pelos alunos do curso de engenharia elétrica), laboratórios (laboratórios de informática, de elétrica e de química) e nos prédios anexos (biblioteca e Callidus), como visto nas Figuras 38 a 41, foram medições da quantidade de tomadas, luminárias, equipamentos como projetores, ar condicionado e de usos específicos dos locais, e nível de iluminação. Esses fatores são de extrema importância para analisar os dados obtidos de acordo com as suas normas referentes, poder realizar o levantamento de cargas e identificar itens de *retrofit*.

Figura 38 – Sala de aula da EST.



Fonte: Autoria própria.

Figura 39 – Laboratório de informática.



Fonte: Autoria própria.

Figura 40 – Laboratório de química.



Fonte: Autoria própria.

Figura 41 – Medição do nível de iluminamento.



Fonte: Autoria própria.

- Quadros de distribuição.

As medições feitas nos quadros de distribuição (Figuras 42 a 46) foram de temperatura, tensão, corrente e fator de potência, estes que são parâmetros essenciais para

dimensionamento de condutores e disjuntores. Estas medições foram realizadas nos dois principais quadros de distribuição no bloco A da EST, prédio da Stem e na biblioteca.

Figura 42 – Medição em quadro de distribuição.



Fonte: Autoria própria.

Figura 43 – Medição em quadro elétrico de distribuição.



Fonte: Autoria própria.

Figura 44 – Medição em quadro elétrico de distribuição.



Fonte: Autoria própria.

Figura 45 – Medição em quadro elétrico de distribuição.



Fonte: Autoria própria.

Figura 46 – Medição em quadro elétrico de distribuição.

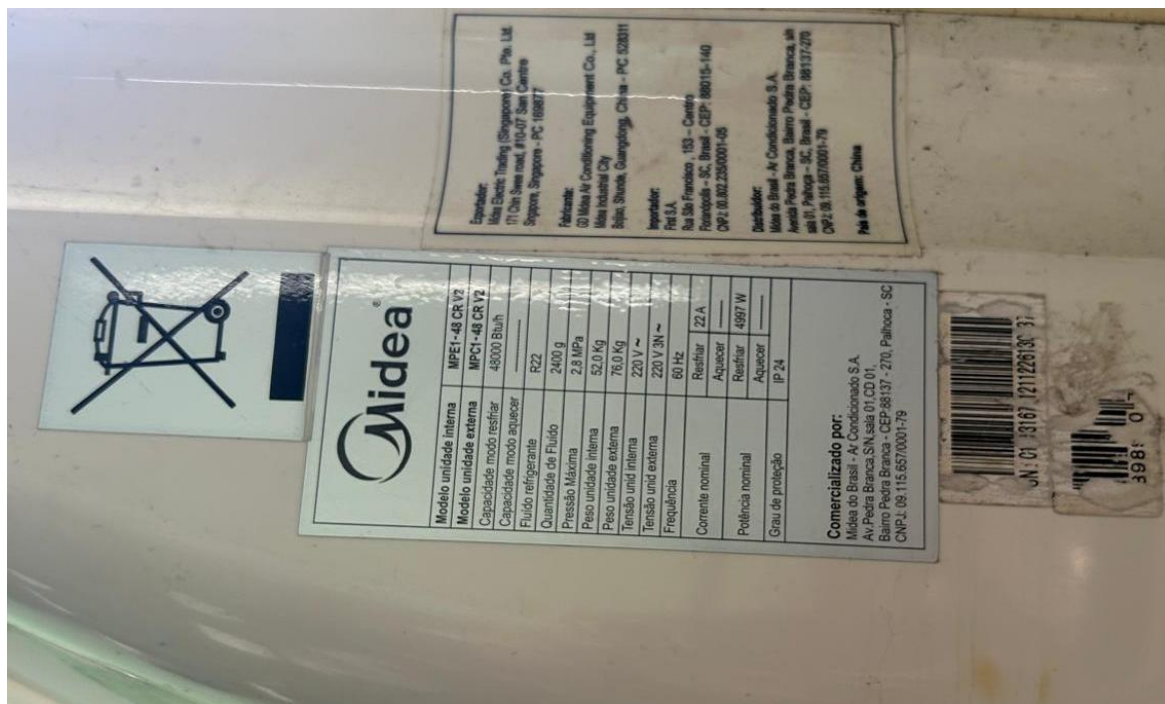


Fonte: Autoria própria.

- Equipamentos.

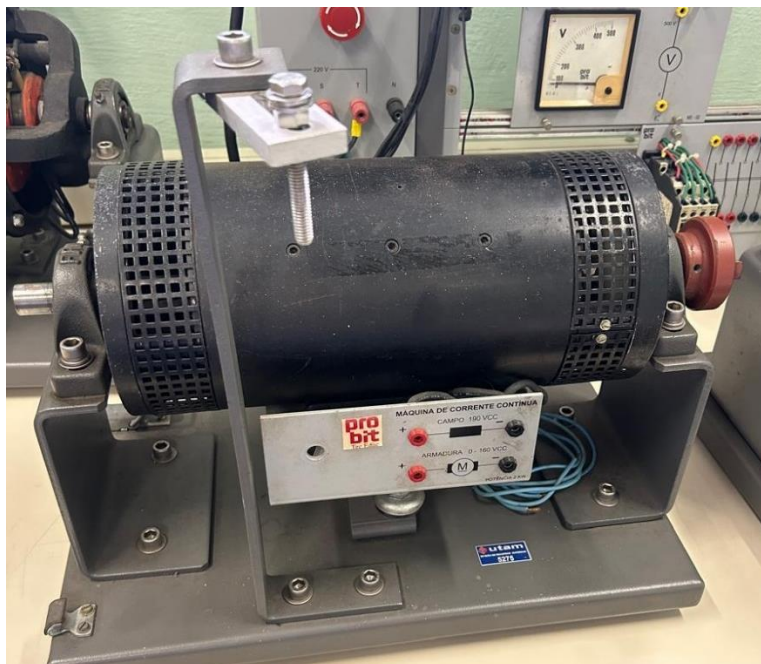
Durante as visitas para medições, foram encontrados diversos equipamentos de usos específicos (Figuras 47 a 49). Necessitou-se realizar inspeções nos equipamentos para que fosse possível encontrar os seus parâmetros elétricos, de maneira que fosse possível adiciona-los no levantamento de cargas.

Figura 47 – Ar condicionado em sala de aula.



Fonte: Autoria própria.

Figura 48 – Motor no laboratório de elétrica.



Fonte: Autoria própria.

Figura 49 – Destilador de nitrogênio no laboratório de química.



Fonte: Autoria própria.

- Observações durante as atividades em campo.

No decorrer das atividades em campo foi possível observar alguns pontos sobre as instalações da EST:

Observação 1: não existe uma planta que apresente as dimensões das instalações da universidade (altura, comprimento e largura de salas e laboratórios), nem dos pontos elétricos (tomadas, disjuntores e luminárias).

Observação 2: os quadros de distribuição não estão organizados, com ausência de identificação de cada disjuntor, ou seja, não se sabe quais equipamentos estão conectados nos disjuntores.

Observação 3: existem quadros de distribuição que estão mal dimensionados, sofrendo com acionamento de disjuntores por sobrecarga.

Observação 4: alguns condutores estão superaquecendo e gerando o mal funcionamento de equipamentos.

Observação 5: existem salas de aula que estão com lâmpadas de luminárias apresentando mal funcionamento.

Estas são algumas observações realizadas durante as medições, os resultados obtidos analisarão os dados conforme as normas e assim será possível apresentar propostas de solução para os problemas enfrentados.

4.3 LEVANTAMENTO DE CARGAS E APLICAÇÃO DAS NORMAS

O levantamento de cargas será apresentado no Anexo A formado pelos dados obtidos nas medições das instalações da EST, em específico salas utilizadas pelo curso de elétrica, laboratórios de informática e química, biblioteca e prédios do campus, como Callidus.

O resultado das aplicações das normas também será apresentado no capítulo resultados obtidos, com a aplicação realizada da seguinte maneira:

- Dimensionamento de condutores: Critério técnico (NBR 5410), Critério econômico (NBR 15920), Critério ambiental e seção de condutor neutro (Livro Cobrecom).
- Nível de iluminação: NH11.

5. RESULTADOS OBTIDOS

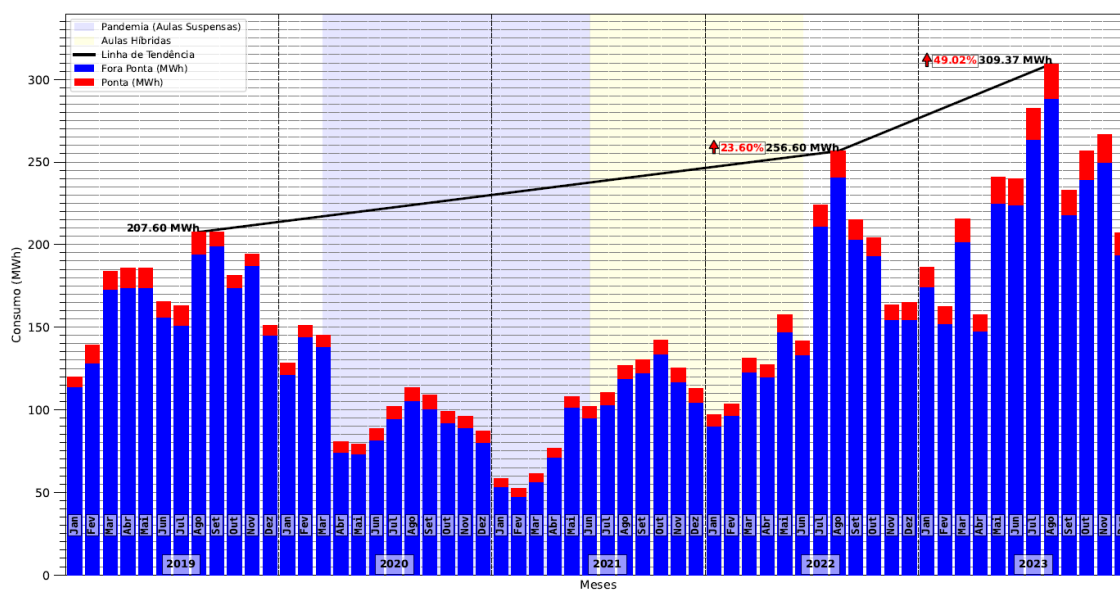
5.1 ANÁLISE DAS FATURAS DE ENERGIA

Como informado anteriormente, foi-se realizado duas análises das faturas, uma no período de 2019 até 2023 com o objetivo de visualizar o crescimento do consumo de energia, e outra específica do ano de 2023 com o objetivo de identificar os fatores que compõe as faturas, dividindo os custos em gerenciáveis e evitáveis.

- Faturas de 2019 a 2023.

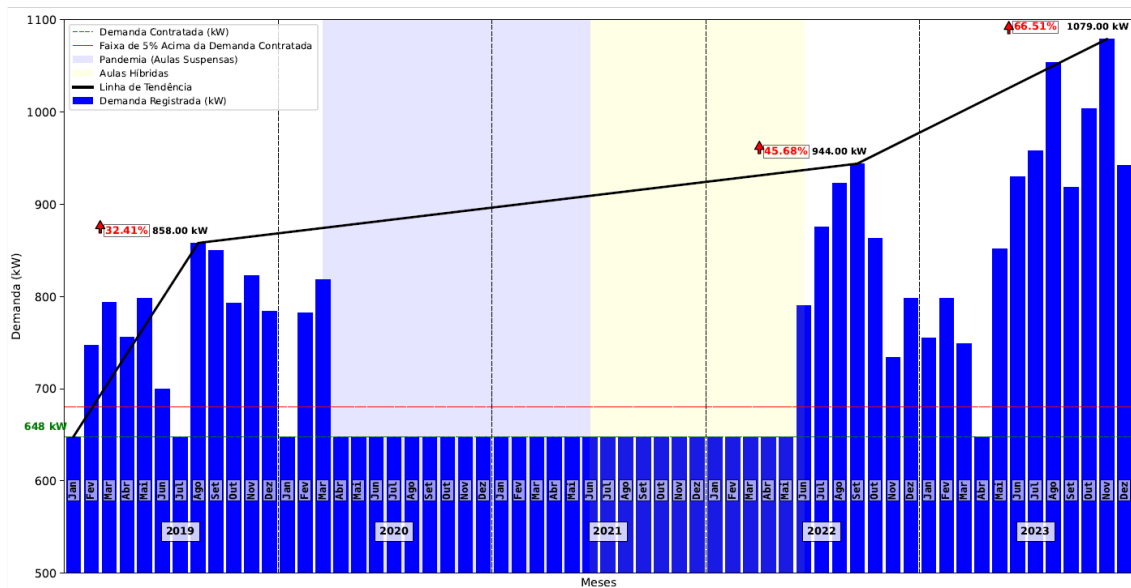
Observando os Gráficos 1 e 2, que apresentam a relação entre consumo (MWh) pelos meses e a demanda (kW) pelos meses, observa-se o crescimento tanto do consumo quanto da demanda de energia pela unidade consumidora. Nota-se também que em praticamente todos os meses, exceto períodos de pandemia e aulas híbridas, a demanda de energia utilizada ultrapassou a demanda contratada, ou seja, foram cobradas nas faturas as taxas de ultrapassagem.

Gráfico 1 – Consumo de energia pelos meses.



Fonte: Autoria própria.

Gráfico 2 – Demanda de energia pelos meses.

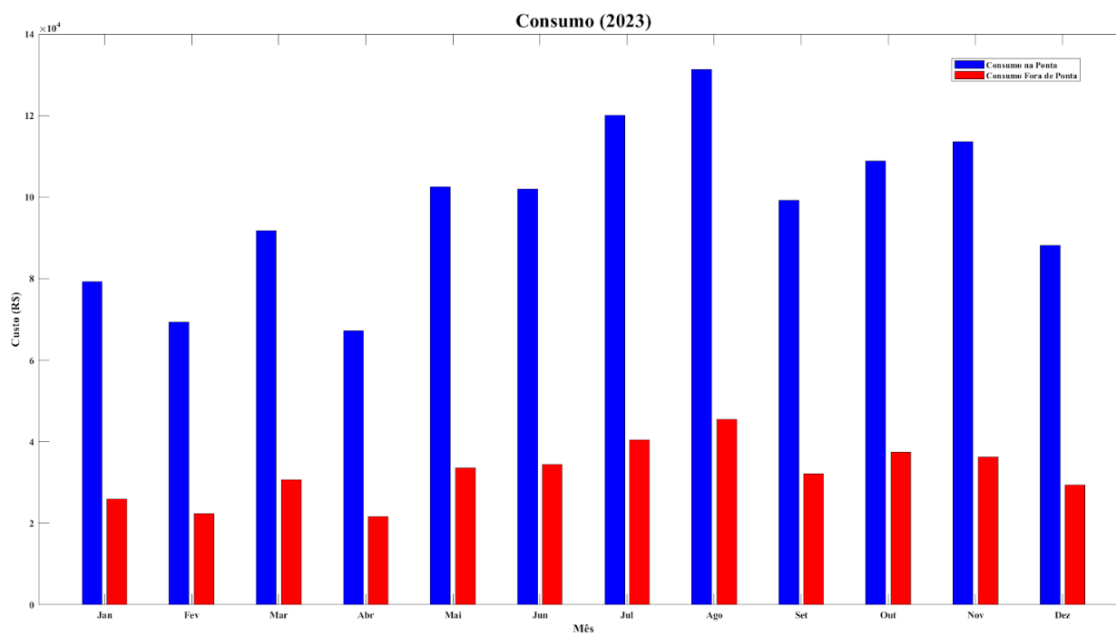


Fonte: Autoria própria.

- Faturas de 2023.

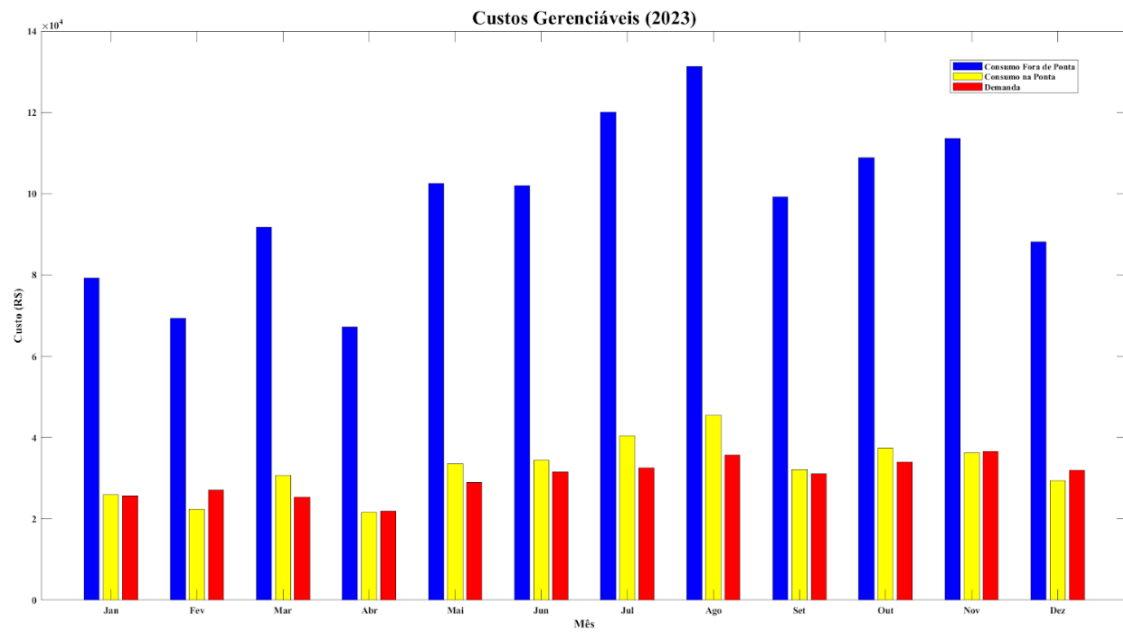
A análise das faturas do ano de 2023 foram realizadas observando o custo do consumo de energia nos horários de ponta e fora de ponta (Gráfico 3), custos gerenciáveis (Gráfico 4) e custos evitáveis (Gráfico 5), todos em relação aos meses do ano. Os Gráficos 6 e 7 apresentam uma comparação entre os custos gerenciáveis e evitáveis com o valor total da fatura.

Gráfico 3 – Consumo nos horários de ponta e fora de ponta ao decorrer dos meses.



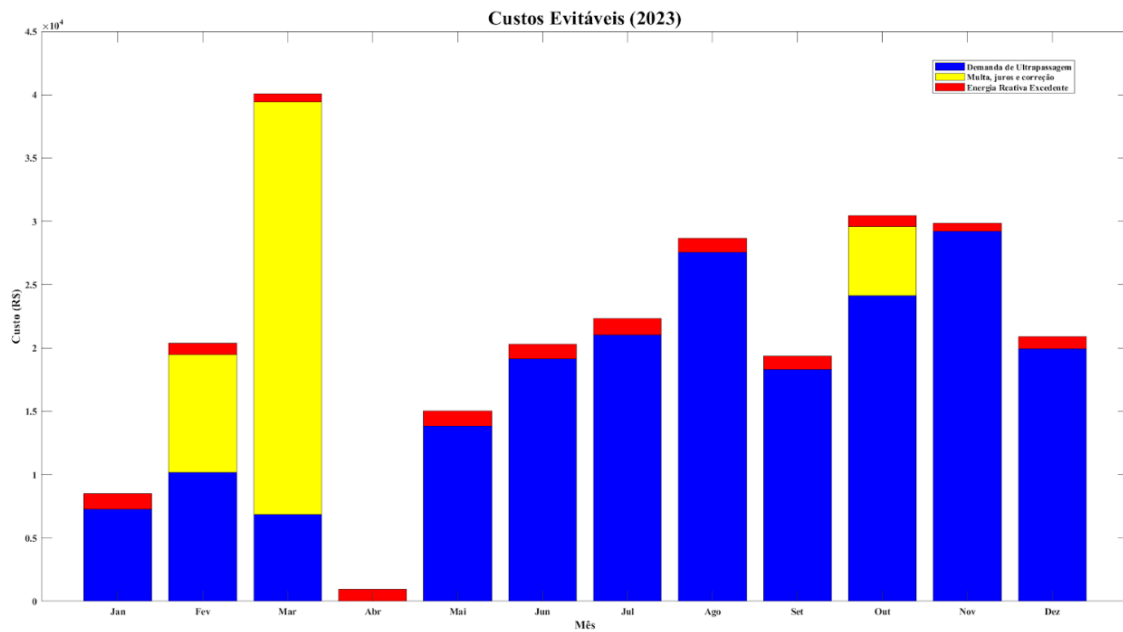
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 4 – Custos gerenciáveis ao decorrer dos meses.



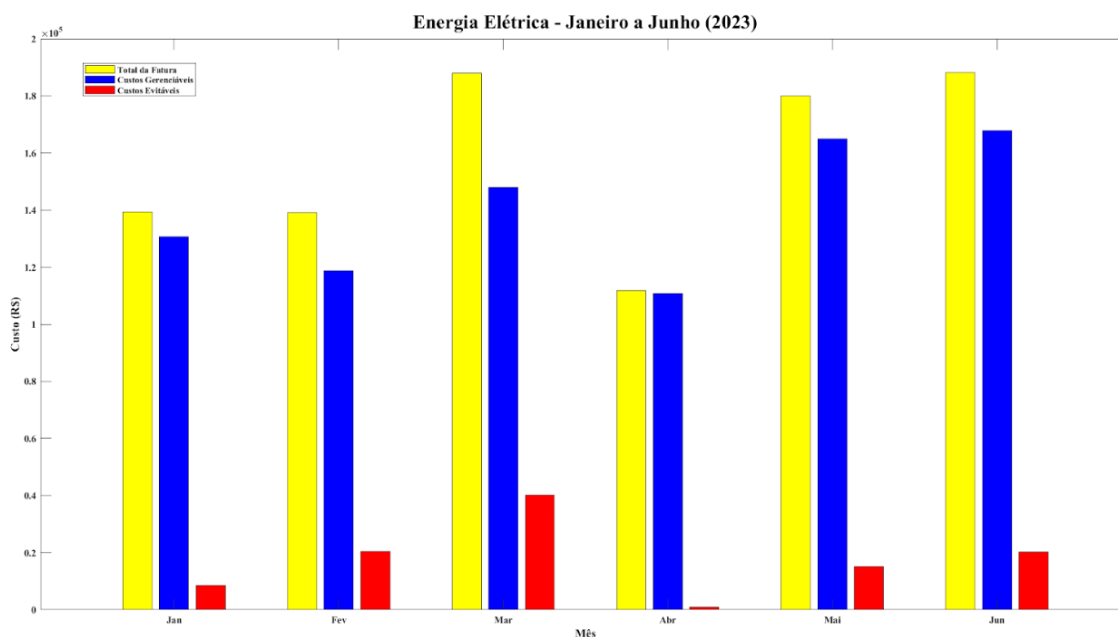
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 5 – Custos evitáveis ao decorrer dos meses.



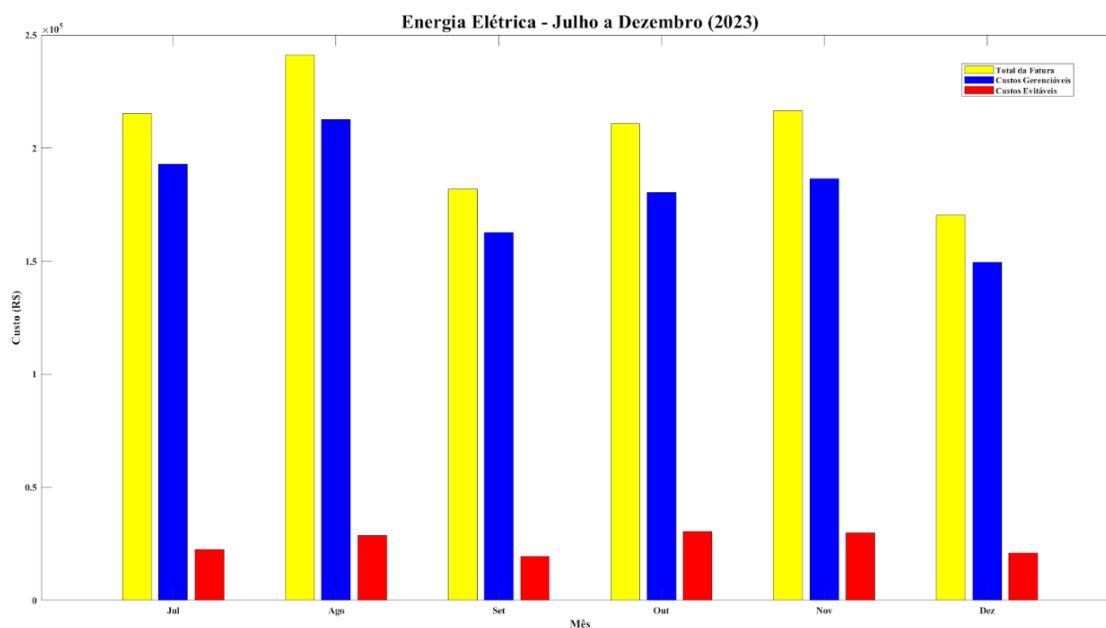
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 6 – Comparação dos custos com o total da fatura de janeiro a junho de 2023.



Fonte: Autoria própria.

Gráfico 7 – Comparação dos custos com o total da fatura de julho a dezembro de 2023.



Fonte: Autoria própria.

Somando todos os custos evitáveis (demanda de ultrapassagem, juros, correções, multas e energia reativa excedente) do ano de 2023, totaliza-se o valor de R\$ 256866,57 (duzentos e cinquenta e seis mil oitocentos e oitenta e seis reais e cinquenta e sete centavos). Este valor é formado por custos que poderiam ser evitados e o valor gasto nestes custos poderia ser convertido em melhorias e investimentos dentro da própria universidade.

5.2 NÍVEL DE ILUMINAMENTO

Aplicando os métodos e critérios apresentados na NH11, realizou-se medições de iluminação em três salas de aula da EST, salas: A3, A4 (reformada recentemente) e A14. Resultando nos seguintes resultados (Tabelas 1 a 3).

Tabela 1 – Iluminamento A3.

Ponto	Resultado (lux)	Média (lux)
p1	110	101,5
p2	93	
t1	150	140
t2	130	
t3	145	
t4	135	
q1	145	150
q2	125	
q3	180	
q4	150	
r1	160	182,5
r2	170	
r3	200	
r4	200	
r5	175	
r6	190	
r7	195	
r8	170	

Utilizando $M=2$ e $N=3$, calculou-se a iluminância média da sala A3 e se obteve o valor de 151 lux.

Tabela 2 – Iluminamento A4.

Ponto	Resultado (lux)	Média (lux)
p1	170	177,5
p2	185	
t1	210	218,75
t2	235	
t3	220	
t4	210	
q1	245	190
q2	190	
q3	155	
q4	170	
r1	200	241,25
r2	190	
r3	240	
r4	250	
r5	300	
r6	240	

r7	270	
r8	240	

Utilizando $M=2$ e $N=3$, calculou-se a iluminância média da sala A4 e se obteve o valor de 209,8 lux.

Tabela 3 – Iluminamento A14.

Ponto	Resultado (lux)	Média (lux)
p1	155	147,5
p2	140	
t1	115	140
t2	135	
t3	150	
t4	160	
q1	160	132,5
q2	145	
q3	100	
q4	125	
r1	190	181,875
r2	180	
r3	190	
r4	145	
r5	200	
r6	180	
r7	200	
r8	170	

Utilizando $M=4$ e $N=5$, calculou-se a iluminância média da sala A4 e se obteve o valor de 164 lux.

De acordo com a NH11, para salas de aula noturnas a iluminância média deve ser de 500 lux, portanto, nenhuma das três salas medidas atendem o requisito da norma.

5.3 PROPOSTAS DE MELHORIAS

5.3.1 DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES

Ao decorrer das visitas realizadas, observou-se um problema nos quadros elétricos, com aquecimento de condutores e acionamento de disjuntores. Desta maneira, propõe-se como solução um novo dimensionamento dos condutores utilizando as normas: NBR 5410 (critério técnico), NBR 15920 (critério econômico) e o livro de condutores da Cobrecom (critério ambiental e de seção do condutor neutro).

O quadro utilizado para realizar o dimensionamento foi o quadro localizado ao lado dos banheiros do bloco A da EST. Depois de realizar diversas medições foram adotadas as seguintes condições para dimensionamento:

“Considera-se um circuito em 220/127 V, 60 Hz, trifásico, constituído por cabo

unipolar com condutor de cobre (classe de encordoamento 2), isolamento em EPR (temperatura máxima de operação = 90°C) e cobertura em PVC, instalado em eletroduto de PVC rígido, embutido em solo/alvenaria. Não há outros circuitos no mesmo eletroduto. O circuito tem 123 metros de comprimento, a temperatura ambiente média é 45°C e a corrente de projeto máxima no primeiro ano é 115 A, taxa de crescimento de 1% ao ano. O fator de potência médio do circuito é 0,93 e a queda de tensão máxima admitida é 2%. Estima-se que o circuito permaneça em plena operação durante 1.408 horas por ano. O custo médio da tarifa é 0,45528 \$/kWh e o custo médio da tarifa da demanda é 33,92 \$/kW, ambos no primeiro ano. O aumento anual considerado para tarifa e demanda é 3% (sem considerar o efeito da inflação). Será adotado o valor médio de $A = 0,8788$ \$/m.mm². A análise financeira será feita para um período de 25 anos (vida econômica), considerando-se uma taxa de capitalização para cálculo do valor presente de 6% ao ano. ρ_{20} - Resistividade Cu20oC = $30,3 \times 10^{-9}$; α_{20} - Coef. = 0,00403”.

- NBR 5410 (critério técnico).

Dados calculados (Tabela 4):

Tabela 4 – Dados calculados.

Potência ativa (W)	23529
Potência reativa (VAr)	9301
Potência aparente (VA)	23829
Transformador (kVA)	30
Ics (A)	2250
Ie (A)	62,5
Ib (A)	63,8
Ib' (A)	85

A Tabela 5 apresenta o dimensionamento das seções dos condutores de acordo com critérios presentes na norma. Observação: dimensionou-se um disjuntor trifásico caixa moldada de 90 A curva D.

Tabela 5 – Dimensionamento dos condutores.

Sc_1 (mm ²)	2,5
Sc_2 (mm ²)	25
Sc_3 (mm ²)	70
Sc_4 (mm ²)	70
Sc_5 (mm ²)	70
Sc_N (mm ²)	70
S_{PE} (mm ²)	35
Sc_F (mm ²)	4#70 + 1#35 (3 fases e neutro + proteção)

- NBR 15920 (critério econômico).

Aplicando os métodos apresentados na NBR 15920, obtém-se os resultados mostrados na Tabela 6. E aplicando os métodos de *payback* simples e valor presente líquido obtém-se os resultados apresentados nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 6 – Resultados obtidos.

r	0,99123
Q	22,5375
B	1
F	43,0522
Sec (mm^2)	151
Cálculo de R(S) cabo 150 mm^2 (Ω)	$2,35 \times 10^{-4}$
Cálculo de R(S) cabo 185 mm^2 (Ω)	$1,90 \times 10^{-5}$
Ci 150 mm^2 (R\$)	47630,52
Cj 150 mm^2 (R\$)	16426,84
CT 150 mm^2 (R\$)	64057,36
Ci 185 mm^2 (R\$)	51537,00
Cj 185 mm^2 (R\$)	13319,06
CT 185 mm^2 (R\$)	64856,06
Seção econômica escolhida (mm^2)	150
Seção do cabo (mm^2) por condução de corrente.	70
I _{final} (A)	129,62
Capacidade de condução de corrente (A)	116,78
Cálculo de R(S) cabo 70 mm^2 (Ω)	$5,03 \times 10^{-4}$
Ci 70 mm^2 (R\$)	38535,90
Cj 70 mm^2 (R\$)	35200,38
CT 70 mm^2 (R\$)	73736,28

Tabela 7 – *Payback* simples e valor presente líquido.

Ci (eco/tec) (%)	128
Investimento inicial (R\$)	9094,62
Cj (eco/tec) (%)	47
Economia operacional (%)	43
CT (eco/tec) (%)	87
Economia Total (%)	13
Economia Total (R\$)	9678,92
Ganho anual (R\$)	750,94
TR-PBS (anos)	12,11
TR-VPL (anos)	22,26
FVP	12,78
VPL (R\$)	504,93

Tabela 8 – Valor presente líquido.

Ano	FC (R\$)	VP (R\$)	FCLA
0	-9.094,62	-9.094,62	-9094,62
1	750,94	708,44	-8386,18

2	750,94	668,34	-7717,85
3	750,94	630,50	-7087,34
4	750,94	594,82	-6492,53
5	750,94	561,15	-5931,38
6	750,94	529,38	-5402,00
7	750,94	499,42	-4902,58
8	750,94	471,15	-4431,43
9	750,94	444,48	-3986,95
10	750,94	419,32	-3567,63
11	750,94	395,59	-3172,04
12	750,94	373,19	-2798,84
13	750,94	352,07	-2446,77
14	750,94	332,14	-2114,63
15	750,94	313,34	-1801,29
16	750,94	295,61	-1505,68
17	750,94	278,87	-1226,81
18	750,94	263,09	-963,72
19	750,94	248,20	-715,53
20	750,94	234,15	-481,38
21	750,94	220,89	-260,49
22	750,94	208,39	-52,10
23	750,94	196,59	144,50
24	750,94	185,47	329,96
25	750,94	174,97	504,93

Condutor final escolhido (fase e neutro) = 150 mm^2 .

- Seção do condutor neutro e análise ambiental.

Dimensionando a seção do condutor neutro, levando em consideração que a THD3 e múltiplas são maiores que 33%, obteve-se os seguintes resultados (Tabela 9):

Tabela 9 – Condutor neutro.

In (A)	110,4
$Sc_N \text{ (mm}^2\text{)}$	35

Pelo critério ambiental, foram comparadas as seções escolhidas no critério econômico ($150 \text{ (mm}^2\text{)}$ e $70 \text{ (mm}^2\text{)}$), obtendo-se os resultados da Tabela 10.

Tabela 10 – Dimensionamento ambiental.

$Z_1 \text{ (kg.CO2)}$	3361,54
$Z_2 \text{ (kg.CO2)}$	1036,83
$Z_1-Z_2 \text{ (kg.CO2)}$	2324,71

Observa-se que pelo critério ambiental houve uma redução na emissão de CO₂

com o aumento da seção do condutor.

5.3.2 OUTRAS PROPOSTAS DE MELHORIAS

A seguir serão listadas outras propostas de melhorias para serem realizadas na EST, a fim de aumentar a eficiência energética da instituição. Estas propostas serão divididas em propostas de curto de longo prazo.

- Curto prazo.
 - Revisão do contrato de demanda de energia;
 - Organização dos quadros de distribuição, com identificação dos disjuntores;
 - Dimensionamento de disjuntores e condutores;
 - Instalação de novo transformador para alimentação de prédios do campus;
 - Projeto de nova subestação;
 - Retrofit*, ou seja, a troca de diversas lâmpadas e luminárias, que estão apresentando mal funcionamento ou não funcionam, por modelos mais atuais e eficazes.
- Longo prazo.
 - Investimento em energia solar fotovoltaica;
 - Desenvolvimento de salas automatizadas e inteligentes, com o uso de sensores e sistemas de automação, evitando o uso desnecessário de energia com ar condicionado e iluminação na ausência de aulas;
 - Troca dos aparelhos de climatização, investir em equipamentos mais novos e eficazes, que possuam, de preferência a tecnologia *inverter*, que consome menos energia que os aparelhos comuns;
 - Programas de conscientização para toda a comunidade acadêmica sobre economia e uso sustentável de energia elétrica.

Todas as propostas listadas acima são baseadas nas visitas realizadas durante o desenvolvimento deste projeto, observando diversas situações ocorridas e também devido a depoimentos de pessoas que trabalham ou estudam na EST.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou realizar um pré-diagnóstico energético da Escola Superior de Tecnologia (EST), unidade da Universidade do Estado do Amazonas (UEA) que engloba os cursos de engenharia, com o objetivo de identificar oportunidades para o uso mais eficiente dos recursos energéticos e propor soluções iniciais para a redução do consumo e custos associados. A análise revelou aspectos importantes relacionados ao perfil de consumo energético, à infraestrutura atual e às práticas institucionais, evidenciando pontos de melhoria e o potencial de implementação de ações concretas e eficientes.

Entre os principais resultados, destacam-se:

- a análise das faturas de energia constatando o desperdício de dinheiro em custos evitáveis, nas faturas de energia, que em 2023 somaram R\$ 256866,57 (duzentos e cinquenta e seis mil oitocentos e oitenta e seis reais e cinquenta e sete centavos) e poderiam ser revertidos em investimento na própria instituição;
- identificação de mal funcionamento de quadros de distribuição que apresentam acionamento de disjuntores e aquecimento de condutores por sobrecarga;
- identificação de lâmpadas e luminárias que estão apresentando problemas ou até mesmo não funcionam.

Esses fatores, somados à ausência de um sistema de monitoramento contínuo, demonstram a necessidade de um planejamento estratégico voltado à gestão energética.

Com base nas informações coletadas, foram sugeridas algumas propostas de melhorias, como por exemplo:

- a revisão do contrato de demanda de energia, visto que existe ultrapassagem na demanda contratada;
- troca de disjuntores e condutores dos quadros de distribuição, sendo realizado o dimensionamento técnico e econômico de condutor com análise ambiental, resultando em condutores de fase e neutro de 150 mm^2 e condutor de proteção de 35 mm^2 pelo critério econômico, com economia de R\$ 9678,92 (nove mil seiscentos e setenta e oito reais e noventa e dois centavos) em relação ao critério técnico (70 mm^2), e redução de 2324,71 kg.CO₂ pela análise ambiental;

- substituição de equipamentos obsoletos como as lâmpadas e luminárias;
- instalação de sensores e sistemas de automação nas salas de aula para evitar desperdício de energia na ausência de aulas;
- criação de programas de conscientização para a comunidade universitária, visando a adoção de práticas mais sustentáveis no uso de energia elétrica.

Essas ações têm o potencial de não apenas reduzir o consumo energético, mas também contribuir para a mitigação dos impactos ambientais e para o fortalecimento do compromisso da UEA com a sustentabilidade.

Nunes (2010) afirma que os setores públicos deveriam incentivar e servir de referência para todos os outros com o emprego massivo de programas de gestão de energia. Este trabalho mostra que a UEA pode se tornar uma grande referência na utilização de energia de forma sustentável e eficiente.

Por fim, recomenda-se a continuidade deste estudo em etapas futuras, aprofundando o diagnóstico energético com medições mais detalhadas e avaliando a viabilidade técnica e financeira de projetos de eficiência energética. Assim, espera-se que este trabalho sirva como ponto de partida para uma gestão mais sustentável dos recursos da UEA, promovendo benefícios econômicos, sociais e ambientais.

7. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa Nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021**. Brasília: ANEEL, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma NBR ISSO 50001**. Brasil: 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma NBR 15575-1**. Brasil: 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma NBR 5410**. Brasil: 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma NBR 15920**. Brasil: 2011.

BARROSO BRITO DE LIMA, Paulo Ricardo. **Estudo de viabilidade técnica e econômica para aumento de eficiência energética da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade do Estado do Amazonas. Manaus, 2016. 80 p.: il

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2022: Ano base 2021**. Brasil: EPE, 2012.

FUNDACENTRO. **NH-11: norma de higiene ocupacional. Avaliação dos níveis de iluminamento em ambientes internos de trabalho**. São Paulo: Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, 2018.

LEÃO, Juliana Marques. **Análise da eficiência energética do prédio da Escola Superior de Ciências da Saúde da UEA a partir do levantamento de cargas instaladas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Estadual do Amazonas. Manaus, 2021. 68 p.: il.

MAGALHÃES, A. S.; DOMINGUES, E. P. **Aumento da Eficiência Energética no Brasil: Uma Alternativa Para Uma Economia de Baixo Carbono?** In: Encontro Nacional de Engenharia de Economia. Anais do XLII Encontro Nacional de Economia, XLII Proceedings of the 42nd Brazilian Economics Meeting. – Rio de Janeiro, RJ: 2016. Disponível em https://www.anpec.org.br/encontro/2014/submissao/files_I/i11-299eb7d518ad4cdd4f63c33b29345c9a.pdf. Acesso em 24/05/2024.

MORENO, Hilton. **Cabos elétricos de baixa tensão conforme NBR 5410**. São Paulo: IFC Cobrecom Fios e Cabos Elétricos, 2014.

NUNES, Alexandre Leite Ribeiro. **Eficiência energética em prédios públicos**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia elétrica). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

PINTO, A. B. A. **A gestão da energia com a norma ISSO 50001**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Energia da UNIFEI. Itajubá, MG, 2014. Disponível em:

<https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/325/dissertacao_pinto_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SANTOS, Bruno Ramos Rufino dos. **Diagnóstico de eficiência energética em edifício público: estudo de caso.** / B. R. R. Santos, R. F. F. Lima – São Paulo, 2018. 100 p. Trabalho de Formatura – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

SILVA, Osvaldo A. V. de O. L. da; BARBOSA, Fábio, R.; SANTOS, Francisco F. P. dos S. **Viabilidade técnico-econômica da eficiência energética em edificações.** Curitiba: Editora Appris, 2019.

SILVA, Osvaldo A. V. de O. L. da; BARBOSA, Fábio, R.; SANTOS, Francisco F. P. dos S; LEITE, Cristiana de S. **Gestão do uso da energia elétrica baseada em protocolo internacional: Uma proposta para UFPI-Brasil.** Espacios, 2016. 26-39 p. v. 37.

SOLA, A. V. H.; XAVIER, A. A. de P.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE L. M. **Análise dos Fatores Determinantes Para Eficiência Energética.** Revista Produção On-Line, Florianópolis, ISSN 1676 – 1901. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v6i1.86>>. Acesso em 24/05/2024.

VIANA, Augusto N. C. V. et al. **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações.** Campinas, SP: ANEEL, 2012.

ANEXO A – LEVANTAMENTO DE CARGAS

Tabela 11 – Bloco A.

Local		Equipamento		Qtd	Potência (W)	Potência Total (W)			
A_01	Sala de aula	Condicionador de ar	48000	1	4997	4997			
		MIDEA	BTU						
		Projektor EPSON					1	345	345
		Lâmpadas tubulares		18	18	324			
A_02	Sala de aula	Condicionador de ar	48000	1	4997	4997			
		MIDEA	BTU						
		Projektor EPSON					1	345	345
		Lâmpadas tubulares		18	18	324			
A_03	Sala de aula	Condicionador de ar	48000	1	4997	4997			
		MIDEA	BTU						
		Projektor EPSON					1	345	345
		Lâmpadas tubulares		18	324	324			
A_04	Sala de aula	Condicionador de ar	48000	1	4037	4037			
		VG	BTU						
		Projektor EPSON					1	345	345
		Lâmpadas tubulares					36	18	648
		Tela de projeção elétrica		1	100	100			
A_05	Sala de aula	Condicionador de ar	48000	1	4037	4037			
		VG	BTU						
		Projektor OTPOMA					1	258	258
		Lâmpadas tubulares					18	18	324
		Tela de projeção elétrica		1	100	100			
A_06	Sala de aula	Condicionador de ar	48000	1	4037	4037			
		VG	BTU						
		Projektor OTPOMA					1	258	258
		Lâmpadas tubulares					18	18	324
		Tela de projeção elétrica		1	100	100			
A_07	Sala de aula	Condicionador de ar	48000	1	4037	4037			
		VG	BTU						
		Projektor OTPOMA					1	258	258
		Lâmpadas tubulares					18	18	324
		Tela de projeção elétrica		1	100	100			
A_08	Sala de aula	Condicionador de ar	48000	1	4037	4037			
		VG	BTU						
		Projektor OTPOMA		1	258	258			

		Lâmpadas tubulares	18	18	324
		Tela de projeção elétrica	1	100	100

Tabela 12 – Bloco A (Continuação).

A_12	Sala de aula	Condicionador de ar VG	60000 BTU	1	4037	4037
		Projektor EPSON		1	345	345
		Lâmpadas tubulares		30	18	540
A_13	Sala de aula	Condicionador de ar VG	60000 BTU	1	4037	4037
		Projektor EPSON		1	345	345
		Lâmpadas tubulares		30	18	540
A_14	Sala de aula	Condicionador de ar VG	60000 BTU	1	4037	4037
		Projektor EPSON		1	345	345
		Lâmpada fluorescente		30	18	540

Tabela 13 – Bloco A (Continuação).

A_16	Sala de aula	Condicionador de ar MIDEA	48000 BTU	1	4997	4997
		Projektor EPSON		1	345	345
		Lâmpada fluorescente		18	18	324
		Tela de projeção elétrica		1	100	100
A_17	Sala de aula	Condicionador de ar MIDEA	48000 BTU	1	4997	4997
		Projektor EPSON		1	345	345
		Lâmpada fluorescente		18	18	324
		Tela de projeção elétrica		1	100	100
A_18	Sala de aula	Condicionador de ar MIDEA	48000 BTU	1	4997	4997
		Projektor EPSON		1	345	345
		Lâmpada fluorescente		18	18	324
		Tela de projeção elétrica		1	100	100
A_19	Sala de aula	Condicionador de ar MIDEA	48000 BTU	1	4997	4997
		Projektor EPSON		1	345	345
		Lâmpada fluorescente		18	18	324
		Tela de projeção elétrica		1	100	100

Tabela 14 – Bloco A (Continuação).

A_23	Lab de Informática	Condicionador de ar	60000	1	4037	4037
------	--------------------	---------------------	-------	---	------	------

		VG	BTU			
		Lâmpada fluorescente		24	18	432
		Computador		26	200	5200
A_24	Lab de Informática	Condicionador de ar MIDEA	60000 BTU	1	4997	4997
		Projeto EPSON		1	345	345
		Lâmpada fluorescente		24	18	432
		Computador		31	200	6200

Tabela 15 – Bloco A (Continuação).

A_28	Lab de Elétrica	Condicionador de ar VG	48000 BTU	1	4037	4037
		Projeto EPSON		1	345	345
		Lâmpada fluorescente		24	18	432
		Tela Samsung Display Touchscreen		1	165	165
		Motor de Indução Trifásico		4	588	2352
		Motor de Indução Trifásico		3	550	1650
		Motor de Indução Trifásico		5	180	900
A_29	Lab de Elétrica	Condicionador de ar VG	60000 BTU	1	5750	5750
		Lâmpada fluorescente		18	18	324
		Motor de Indução Trifásico (1 cv)		3	735	2205
		Motor de Corrente Contínua		1	2000	2000

Tabela 16 – Bloco C.

Local		Equipamento		Qtd	Potência (W)	Potência Total (W)
C_12	Sala de aula	Condicionador de ar VG	48000 BTU	1	4037	4037
		Projeto EPSON		1	345	345
		Lâmpadas tubulares		18	18	324
C_13	Sala de aula	Condicionador de ar VG	48000 BTU	1	4037	4037
		Projeto EPSON		1	345	345
		Lâmpadas tubulares		18	18	324
C_14	Sala de aula	Condicionador de ar VG	48000 BTU	1	4037	4037
		Projeto EPSON		1	345	345
		Lâmpadas tubulares		18	18	324

C_15	Sala de aula	Condicionador de ar VG	48000 BTU	1	4037	4037
		Projektor EPSON		1	345	345
		Lâmpadas tubulares		18	18	324
C_16	Sala de aula	Condicionador de ar VG	48000 BTU	1	4037	4037
		Projektor EPSON		1	345	345
		Lâmpadas tubulares		18	18	324
C_17	Sala de aula	Condicionador de ar VG	48000 BTU	1	4037	4037
		Projektor EPSON		1	345	345
		Lâmpadas tubulares		18	18	324
C_18	Sala de aula	Condicionador de ar VG	48000 BTU	1	4037	4037
		Projektor EPSON		1	345	345
		Lâmpadas tubulares		18	18	324

Tabela 17 – Bloco C (Continuação).

C_22	Sala de aula	Condicionador de ar VG	48000 BTU	1	4037	4037
		Projektor EPSON		1	345	345
		Lâmpadas tubulares		18	18	324
C_23	Sala de aula	Condicionador de ar VG	48000 BTU	1	4037	4037
		Projektor EPSON		1	345	345
		Lâmpadas tubulares		18	18	324
C_24	Sala de aula	Condicionador de ar VG	48000 BTU	1	4037	4037
		Projektor EPSON		1	345	345
		Lâmpadas tubulares		18	18	324
C_25	Sala de aula	Condicionador de ar VG	48000 BTU	1	4037	4037
		Projektor EPSON		1	345	345
		Lâmpadas tubulares		18	18	324
C_26	Sala de aula	Condicionador de ar VG	48000 BTU	1	4037	4037
		Projektor EPSON		1	345	345
		Lâmpada tubular fluorescente		18	18	324

Tabela 18 – Bloco C (Continuação).

C_32	QAT	Condicionador de ar SPRINGER	48000 BTU	1	4640	4640	
		Condicionador de ar VG	48000 BTU	2	4037	8074	
		Geladeira Brastemp			1	110	110
		Computador HP Desktop			11	200	2200
		Gas Chromatograph SCHIMADZU GC-2010 Plus			3	2000	6000
		Gas Chromatograph SCHIMADZU Nexis- GC- 2030			2	2000	4000
		Gas Chromatograph SCHIMADZU GCMS- TQ8050 NX			1	2000	2000
		Gas Chromatograph SCHIMADZU GC- 8A			1	2000	2000
		Chiller SMC			1	2400	2400
		Digestor Amostra CEM MARSG			1	2070	2070
		Plasma Atomic Emission Spectrometer ICPE 9820			1	1600	1600
		Bomba de vácuo			1	135	135
		C_33	QAT (Sala de balanças)	Condicionador de ar SPRINGER	18000 BTU	1	4640
Balanças Analítica				10	4	40	
Plasma Atomic Emission Spectrometer				1	1600	1600	
C_35	QAT	Condicionador de ar VG de potência	60000 BTU	1	5750	5750	
		Estufa Dorja- MEDICATE MD 1.3		2	1100	2200	
		Estufa com circulação e renovação de ar TECNAL		1	1650	1650	
		Capela de exaustão de gases PACHANE		3	300	900	
		Lavador ultrassônico ULTRONIQUE Q21/25A		1	110	110	
		Autoclave AV-30		2	2000	4000	

Tabela 19 – Bloco C (Continuação).

		Autoclave AV-100		1	4000	4000
		Lâmpada LED ROMALUX 16 W		15	16	240
C_36	QAT	Condicionador de ar VG de potência	60000 BTU	1	5750	5750
		Freezer ELECTROLUX		3	140	420
		Freezer CONSUL		1	140	140
		Frigobar CONSUL		1	85	85
		Geladeira CONSUL		1	105	105
		Incubadora NOVATECNICA NT 705		2	400	800
		Incubadora BOD de iluminação		2	800	1600
		Incubadora TECNAL BOD- TE- 391		1	200	200
		Digestor DRY BLOCK- TECNAL- TE-021		3	450	1350
		Lâmpada Tubular LED ARTEK 18 W		12	18	216
C_37	QAT	Condicionador de ar VG	48000 BTU	1	4037	4037
		Incubadora TECNAL BOD- TE- 391		4	200	800
		Incubadora CIENLAB		1	600	600
		Capela de exaustão de gases PACHANE		2	300	600
		Lâmpada Tubular LED ARTEK 18 W		12	18	216
C_38	QAT	Condicionador de ar VG	48000 BTU	3	4037	12111
		Ultrapure water MILLI-Q		2	200	400
		Estufa com circulação e renovação de ar TECNAL		1	1650	1650
		Computador HP Desktop		4	200	800
		Geladeira ELECTROLUX		3	72	216
		Freezer ELECTROLUX		1	140	140
		Geladeira CONSUL		2	105	210
		Frigobar CONSUL		2	85	170
		Geladeira PANASONIC		1	180	180
		Bebedouro		1	97	97
		Bombas MARCONI		3	370	1110
		Banho ultratermostatizado Chiller MARCONI		3	1200	3600
		Destilador de nitrogênio MARCONI		4	1980	7920
Exaustor/ Neutralizador para gases		1	360	360		

		MARCONI			
		Lâmpada Tubular LED ARTEK 18 W	12	18	216

Tabela 20 – Bloco D.

Local		Equipamento		Qtd	Potência (W)	Potência Total (W)
D_01	Sala de aula	Condicionador de ar MIDEA de potência	48000 BTU	1	4997	4997
		Condicionador de ar VG de potência	60000 BTU	1	5750	5750
		Projektor Epson powerLite E20		1	345	345
		Equipamento para Projektor TEST		1	100	100
		Luminária (4 LEDs TRIAL de 10 W por luminária)		17	40	680
D_02	Sala de aula	Condicionador de ar KOMEKO de potência	48000 BTU	1	5674	5674
		Projektor Epson CO-W01		1	270	270
		Equipamento para Projektor TEST		1	100	100
		Switch TP-LINK		1	174	174
		Luminária (4 LEDs TRIAL de 10 W por luminária)		4	40	160
D_03	Sala de aula	Condicionador de ar MIDEA de potência	48000 BTU	1	4997	4997
		Projektor Epson PowerLite S27		1	284	284
		Equipamento para Projektor TEST		1	100	100
		Luminária (4 LEDs TRIAL de 10 W por luminária)		8	40	320
D_04	Sala de aula	Condicionador de ar MIDEA de potência	48000 BTU	1	4997	4997
		Projektor Acer X1123H		1	260	260
		Equipamento para Projektor TEST		1	100	100
		Luminária (4 LEDs TRIAL de 10 W por luminária)		8	40	320

		W por luminária)				
D_05	Sala de aula	Condicionador de ar	48000	1	4997	4997
		MIDEA de potência	BTU			
		Condicionador de ar	60000	1	5750	5750
		VG de potência	BTU			
		Projeto r Epson powerLite E20		1	345	345
		Equipamento para Projetor TEST		1	100	100
		Luminária (4 LEDs TRIAL de 10 W por luminária)		17	40	680
D_06	Sala de aula	Condicionador de ar	48000	1	4997	4997
		MIDEA de potência	BTU			
		Projeto r Epson PowerLite S31+		1	384	384
		Equipamento para Projetor TEST		1	100	100
		Luminária (4 LEDs TRIAL de 10 W por luminária)		9	40	360
D_07	Sala de aula	Condicionador de VG	48000	1	4037	4037
		de potência	BTU			
		Projeto r Acer X1123H		1	260	260
		Equipamento para Projetor TEST		1	100	100
		Luminária (4 LEDs TRIAL de 10 W por luminária)		8	40	320
D_08	Sala de aula	Condicionador de ar	48000	1	4997	4997
		MIDEA de potência	BTU			
		Projeto r Epson PowerLite S27		1	284	284
		Equipamento para Projetor TEST		1	100	100
		Luminária (4 LEDs TRIAL de 10 W por luminária)		8	40	320
D_09	Sala de aula	Condicionador de ar	48000	1	4997	4997
		MIDEA de potência	BTU			
		Projeto r Epson CO-W01		1	270	270
		Equipamento para Projetor TEST		1	100	100
		Luminária (4 LEDs TRIAL de 10 W por luminária)		8	40	320

Tabela 21 – Callidus.

Local		Equipamento		Qtd	Potência (W)	Potência Total (W)
1	Sala de aula	Condicionador de ar	30000 BTU	1	2900	2900
		SPRINGER				
		Televisão Samsung 42”		1	145	145
		Forno de refusão ZBRF830 Zhengbang		1	3500	3500
		Lâmpadas tubulares		10	20	200
2	Sala de aula	Condicionador de ar	30000 BTU	1	2900	2900
		SPRINGER				
		Televisão Samsung 42”		1	145	145
		Lâmpadas tubulares		10	20	200
3	Sala de aula	Condicionador de ar	30000 BTU	1	2900	2900
		SPRINGER				
		Projeto EPSON		1	345	345
		Lâmpadas tubulares		12	20	240
4	Sala de aula	Condicionador de ar	30000 BTU	1	2900	2900
		SPRINGER				
		Projeto EPSON		1	345	345
		Lâmpadas tubulares		12	20	240
5	Sala de aula	Condicionador de ar	30000 BTU	1	2900	2900
		SPRINGER				
		Projeto EPSON		1	345	345
		Lâmpadas tubulares		12	10	240
6	Sala de aula	Condicionador de ar	30000 BTU	1	2900	2900
		SPRINGER				
		Projeto EPSON		1	345	345
		Lâmpadas tubulares		12	20	240
7	Sala de aula	Condicionador de ar	30000 BTU	1	2900	2900
		SPRINGER				
		Projeto EPSON		1	345	345
		Lâmpadas tubulares		12	20	240
8	Sala de aula	Condicionador de ar	30000 BTU	1	2900	2900
		SPRINGER				
		Projeto EPSON		1	345	345
		Lâmpadas tubulares		12	20	240
9	Hall de entrada	Condicionador de ar	22000 BTU	1	1990	1990
		SPRINGER				
		Bebedouro IBBL		1	90	90

		Lâmpadas 60x60		12	48	576
		Lâmpadas spot		3	7	21
		Lâmpadas tubulares		4	20	80
10	Administração	Condicionador de ar SPRINGER	18000 BTU	6	1583	4037
		Computadores		50	500	25000
		Lâmpadas tubulares		30	20	600

Tabela 22 – Biblioteca.

Local	Equipamento		Qtd	Potência (W)	Potência Total (W)
Térreo	Condicionador de ar SPRINGER	60000 BTU	7	17574	123018
	Condicionador de ar SPRINGER	24000 BTU	3	7030	21088
	Condicionador de ar SPRINGER	18000	1	5272	5272
	Condicionador de ar Comfee	9000	1	2636	2636
	Bebedouro		1	97	97
	Lâmpadas tubulares		944	20	18880
	Microondas		1	1000	1000
	Computador deskzio		13	200	2600
	Câmeras		12	4,3	51,6