MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
ENGENHARIA ELÉTRICA

HIGOR LAZZAROTTI REIS DINIZ

IGOR TALLES AMORIM LIMA

REDIMENSIONAMENTO CORRETIVO E NORMATIVO PARA FUTURA APLICABILIDADE AO BLOCO - 09 DO IFTO – CAMPUS PALMAS, VISANDO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS AMBIENTES.

Palmas – TO

2021

HIGOR LAZZAROTTI REIS DINIZ

IGOR TALLES AMORIM LIMA

REDIMENSIONAMENTO CORRETIVO E NORMATIVO PARA FUTURA APLICABILIDADE AO BLOCO - 09 DO IFTO – CAMPUS PALMAS, VISANDO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS AMBIENTES.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Eletricista do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Orientador: Msc. Kaisson Teodoro de Souza

Palmas – TO

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

D585r Diniz, Higor Lazarrotti Reis

Redimensionamento corretivo e normativo para futura aplicabilidade ao bloco - 09 do IFTO – Campus Palmas, visando a eficiência energética dos ambientes. / Higor Lazarrotti Reis Diniz, Igor Talles Amorim Lima. – Palmas, TO, 2021.

80 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2021.

Orientador: Me. Kaisson Teodoro de Souza

1. Instalação elétrica. 2. Redimensionamento. 3. Normas regulamentadoras. I. Lima, Igor Talles Amorim. II. Souza, Kaisson Teodoro de III. , . IV. Título.

CDD 621

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.
Elaborado pelo sistema de geração automatica de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

HIGOR LAZZAROTTI REIS DINIZ

IGOR TALLES AMORIM LIMA

REDIMENSIONAMENTO CORRETIVO E NORMATIVO PARA FUTURA APLICABILIDADE AO BLOCO - 09 DO IFTO – CAMPUS PALMAS, VISANDO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS AMBIENTES.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – *Campus* Palmas, como exigência à obtenção do grau de Bacharelado em Engenharia Elétrica.

Aprovado em 25 de Junho de 2021.

BANCA AVALIADORA:

Prof. Me. Kaisson Teodoro de Souza
Orientador

Prof. Dr. Élcio Precioso de Paiva
Membro da Banca Avaliadora

Prof. Me. Humberto Rodrigues Macedo
Membro da Banca Avaliadora

RESUMO

A necessidade de um bom dimensionamento da instalação elétrica e luminotécnica, permite toda a confiabilidade, segurança, ergonomia e continuidade do sistema. Só em 2019 tivemos por volta de 1662 vítimas de acidentes elétricos, sejam eles em contato direto, com potenciais energizados, ou devido a incêndios, provocados por falhas destas estruturas. Por isso, se faz necessário o estudo para a reformulação corretiva e normativa das instalações antigas que apresentam danificações nos condutores, como também, dimensionamentos não adequados de componentes elétricos, para possíveis aumento de cargas, além de um ambiente que apresente condições ideais para suas aplicações. Este trabalho apresenta uma abordagem técnica para atualização do sistema elétrico e luminotécnico presente no Bloco 09 – Área da Indústria do Instituto Federal do Tocantins (IFTO), visando a melhor utilização do mesmo, tendo em vista que se trata de um bloco de salas laboratoriais, que por vezes apresentam falhas na instalação elétrica, como desarmes de disjuntores indevidamente e pouco fluxo luminoso. O estudo técnico presente neste trabalho terá como embasamento as recomendações das normas regulamentadoras, mais especificamente as NBR 5410:2004 e NBR ISO/CIE 8995-1:2013, para que seja necessário a adequação do redimensionamento dos condutores, tomadas, lâmpadas, disjuntores e sistemas de proteção e segurança, haja vista, que a iluminação dos ambientes não atende as normas já estabelecidas e após reestruturação houve um aumento considerável de lâmpadas e luminárias, porém o consumo de energia elétrica diminuiu. Na instalação elétrica em si também foi constatado condições abaixo do permitido em norma, até com carcaça de animais mortos entre os barramentos e por fim em consequência das análises um uso ineficiente da energia elétrica.

Palavras-chaves: Instalação Elétrica, redimensionamento, condutores, normas regulamentadoras, luminotécnica, eficiência energética.

ABSTRACT

The need for a good dimensioning of the electrical installation, allows all the reliability, safety and continuity of the system. In 2019 alone, we had around 1662 victims of electrical accidents, whether in direct contact with energized potentials or due to fires caused by faults in these structures. Therefore, it is necessary to study for the corrective and normative reformulation of old installations that present damage to the conductors, as well as inadequate dimensioning of electrical components for possible increase in loads. This work presents a technical approach to update the electrical system present in Block 09 - Industry Area of the Federal Institute of Tocantins (IFTO), aiming at the best use of it, considering that it is a block of laboratory rooms with failures in the electrical installation, which present problems such as undue circuit breakers trip and little luminous flux. The technical study present in this work will be based on the recommendations of the regulatory standards, but specifically the NBR 5410: 2004 and NBR ISO / CIE 8995-1: 2013, so that it is necessary to adapt the resizing of the conductors, sockets, lamps, circuit breakers and protection and security systems, given that the lighting of the environments does not meet the standards already established and after restructuring there was a considerable increase in lamps and lighting fixtures, but the consumption of electricity decreased. In the electrical installation itself, conditions below the standard allowed were also found, even with the carcass of dead animals between the dams and, finally, as a result of the analysis, an efficient use of electrical energy.

Keywords: Electrical installation, resizing, conductors, regulatory standards, luminometrically, energy efficiency.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Total de acidentes (Série histórica) 17
Figura 02 – Acidente envolvendo eletricidade em 2019 18
Figura 03 – Sensibilidade visual do olho humano 20
Figura 04 – Fator de utilização 24
Figura 05 – Tipos de tomadas 28
Figura 06 – Configuração de aterramento elétrico 29
Figura 07 – Esquema elétrico de aterramento IT 30
Figura 08 – Esquema elétrico de aterramento TT 31
Figura 09 – Esquema elétrico de aterramento TN-C 31
Figura 10 – Esquema elétrico de aterramento TN-S 32
Figura 11 – Esquema elétrico de aterramento TN-C-S 32
Figura 12 – Interface AutoCad 34
Figura 13 – Extensão PRÓ-Elétrica 34
Figura 14 – Interface WOCA 35
Figura 15 – Interface ReLux 36
Figura 16 – Interface DIALux 37
Figura 17 – Luxímetro MINIPA 39
Figura 18 – Malha de medição grupo I (Esquerda) e grupo II (Direita) 41
Figura 19 – Malha de medição grupo III (Esquerda) e sala 921-A (Direita) 42
Figura 20 – Diagrama de blocos (Método dos lúmens) 45
Figura 21 – Modelo das salas bloco 9 47
Figura 22 – Lâmpada tubular Led 47
Figura 23 – Disposição das luminárias grupo I (Esquerda superior), grupo II (Direita superior), grupo III (Esquerda inferior) e sala 921-A (Direita inferior) ... 50
Figura 24 – Quadro principal de entrada bloco 9 53
Figura 25 – Contatos e barramentos principais 54
Figura 26 – Oxidação dos contatos e barramentos 55
Figura 27 – Disjuntores e condutores 55
Figura 28 – Quadro auxiliar de distribuição bloco 9 56
Figura 29 – Disjuntor, DPS, barramentos e condutores 57
Figura 30 – Acumulo de dejetos no interior do quadro 57
Figura 31 – Disjuntor geral do bloco e barramento de neutro e proteção 58

Figura 32 – Acúmulos de corpos sólidos e estado de conservação dos contatos e condutores 59
Figura 33 – Condutores de neutro e proteção 59
Figura 34 – Tomadas de uso geral sala 904 60
Figura 35 – Modelos de tomadas das salas 910 e 912 61
Figura 36 – Ilustração do sistema de proteção estrutural modelo brasileiro 62
Figura 37 – Tomadas com “Ts” ou “benjamins” acoplados 62
Figura 38 – Tomadas de uso específico com diferentes tensões de fornecimento das salas 903 e 910 63
Figura 39 – Tomadas industriais 64
Figura 40 – Quadro de distribuição do laboratório 912 65
Figura 41 – Quadro interno da sala 903 apenas com disjuntores 66
Figura 42 – DPS do quadro interno da sala 916 67
Figura 43 – Sistema de climatização da sala 916 68

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Consequência da corrente elétrica no corpo humano 16
Tabela 02 – Índice de reprodução de cores 21
Tabela 03 – Refletância de acordo com a superfície 23
Tabela 04 – Fator de utilização/depreciação 24
Tabela 05 – Índice de determinação de pontos 40
Tabela 06 – Tabela de resultados índice K..... 40
Tabela 07 – Nível de luminância do grupo I 42
Tabela 08 – Nível de luminância do grupo II 43
Tabela 09 – Nível de luminância do grupo III 43
Tabela 10 – Nível de luminância sala 921-A 44
Tabela 11 – Índice K. 46
Tabela 12 – Fator de utilização..... 48
Tabela 13 – Resultado da interpolação. 49
Tabela 14 – Quantidade de luminárias. 49
Tabela 15 – Condições finais luminotécnica 51
Tabela 16 – Código de cores conforme a tensão nominal fornecida. 64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 11
2. JUSTIFICATIVA 13
3. OBJETIVO 14
3.1 OBJETIVO GERAL 14
3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 14
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 16
4.1 ACIDENTE ELÉTRICOS 16
4.2 LUMINOTÉCNICA 19
4.2.1 Método dos lúmens 22
4.3 INSTALAÇÃO ELÉTRICA 25
4.3.1 Aterramento 28
4.4 SOFTWARES 33
5. FUNDAMENTAÇÃO PRÁTICA 38
5.1 MEDIÇÃO LUMINOTÉCNICA 38
5.1.2 Procedimento para medição 39
5.1.3 Readequação luminotécnica 45
5.2 INSTALAÇÃO ELÉTRICA 52
5.2.1 Deterioração dos condutores 52
5.2.2 Analise de acordo com a norma ABNT NBR 5410:2004 53
5.2.2.1 Quadros de distribuição 53
5.2.2.2 Tomadas 60
5.2.2.3 Dispositivos de Proteção e Manobra 65
5.2.2.4 Dispositivos de proteção contra surtos 67
5.2.2.5 Sistema de climatização 68
5.2.2.6 Aterramento 69
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 70
REFERÊNCIA 72
ANEXOS 75
ANEXO A – Relação dos disjuntores Bloco 9 75
ANEXO B – Relação dos disjuntores Bloco 9-A 77

1 INTRODUÇÃO

O aprimoramento do uso da energia elétrica para instalações prediais e industriais, resultou em uma maior qualidade e confiabilidade, possibilitando o acesso à energia elétrica por um número maior de usuários. A correta estruturação das instalações elétricas é de fundamental importância, pois sendo empenhado por um profissional pertinente, traz diversos benefícios, tanto a construção quanto as pessoas e animais que utilizam, dentre os quais eficiência, segurança e economia. (CÂMARA, 2017). Entretanto, com a maior demanda de energia há também um maior risco ao utilizá-la, independentemente de serem trabalhadores da área elétrica ou leigos, até mesmo animais podem sofrer a consequência de um mau serviço.

Ano após ano, acidentes com eletricidade tornaram se mais comuns, resultado de instalações antigas, execuções por profissionais não habilitados, não obediência às normas técnicas, dimensionamento incorreto para futuros aumentos de cargas, danificação do sistema por animais ou intempéries, fiação desencapada e energização de elementos condutores expostos ao contato humano. Como consequência de tais problemas, alguns acidentes comuns à eletricidade de baixa tensão podem ocorrer mais assiduamente, como o contato com partes vivas ou energizadas, sobrecargas nos circuitos e/ou aparelhos, curtos circuitos e mal contato nas emendas ou conexões. Tais fatores podem provocar danos materiais, como a queima de equipamentos, avaria nos materiais elétricos, e em casos mais extremos incêndios, danos pessoais com lesões leves e graves, ou até mesmo o óbito (ABRACOPEL,2019).

A Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade – ABRACOPEL, é uma organização que apresenta análise estatística de todos os acidentes elétricos no ano. De acordo com o levantamento de 2019 os acidentes elétricos vitimaram 1662 pessoas, sendo que dessas 821 pessoas vieram a óbito, sejam elas em contato direto, ou por incêndios. Tendo em vista que tais problemas podem ocorrer de forma mais efetiva em instalações elétricas antigas, é necessário que haja uma análise e reestruturação, para que tais situações sejam sanadas.

Para a otimização das instalações elétricas é necessário levar em conta as características do local, com um estudo aprofundado das normas técnicas, e as peculiaridades de cada situação. Novas tecnologias e estudos são apresentados frequentemente para garantir maior segurança e confiabilidade dos sistemas elétricos

das casas, indústrias, comércios e escolas. Para tal, é feito uma análise aprofundada do que já existe no local, como os condutores, verificando a capa de isolação, dimensionamento correto, aquecimento, levantamento da carga instalada do estabelecimento, entre outros. Além dos mecanismos de proteção, tanto para surtos, como para fugas de energia e curtos-circuitos, e o aterramento dentro dos parâmetros estabelecidos em normas.

A elaboração de um bom projeto luminotécnico é um outro fator de extrema importância para a melhoria da qualidade e eficiência energética de uma instalação elétrica. Tal projeto tem como objetivo fomentar uma análise mais aprofundada dos ambientes, considerando suas características e uso, para então, através da norma ISO/CIE 8995-2013, que estabelece a luminância para cada ambiente de trabalho, e através de cálculos como o método de lúmens garantir um iluminamento apropriado para as atividades realizadas. Não obstante, um levantamento da atual condição luminotécnica do bloco 9, baseado na NBR 15215-4:2005, que designa um método de medição para verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações, se faz necessária para pontuar possíveis precariedades da iluminação do bloco.

2 JUSTIFICATIVA

No ano de 2020 o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, campus Palmas, completou 17 anos de fundação, onde ao longo dos anos ocorreram mudanças funcionais e estruturais dos ambientes que constituem os prédios da instituição. Além disso, durante este período ocorreram algumas atualizações de normas técnicas e de tecnologias relacionadas a utilização e segurança das instalações elétricas prediais.

Devemos destacar as alterações realizadas no bloco 09 onde salas de aulas foram transformadas em laboratórios, ou seja, houve uma mudança do ambiente para as condições de luminotécnica, tendo em vista que de acordo com a norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013 às características dos ambientes de trabalho influenciam no desempenho das tarefas visuais, eficiência e segurança. Da mesma forma novas cargas foram introduzidas nesses locais solicitando um novo redimensionamento dos circuitos elétricos dos ambientes.

Apesar de haver mudança da finalidade dessas salas, esses locais ainda devem fornecer uma segurança maior aos usuários, tendo em vista que agora são locais de aprendizagem prática, onde os discentes podem estar em contato direto com os equipamentos de estudo, e muitos deles energizados. Devido a isso, é importante manter um sistema de segurança confiável contra qualquer fuga de corrente, além de disjuntores e cabos dimensionados de forma correta para essas novas cargas, além de manter uma condição mínima de luminância para os usuários.

Após análise do projeto elétrico original, datado de 2002, foi verificado que o mesmo não foi feito atualizações e, portanto, a necessidade de um estudo para a melhoria do mesmo. Assim como a princípio, as salas não foram dimensionadas para condicionadores de ar, necessitando adaptações para que fossem instalados. Dessa forma, é necessário fazer um levantamento de carga para dimensioná-los da forma correta seguindo as normas atuais vigentes.

3 OBJETIVO

3.1 OBJETIVO GERAL

Com o intuito de melhorar a qualidade e eficiência das instalações elétricas, bem como garantir a integridade e segurança dos equipamentos, em especial dos usuários, contra acidentes de origem elétrica. E adequar os índices de luminância das salas para as atividades específicas desenvolvidas em cada ambiente. Este trabalho propõe realizar uma avaliação das condições atuais das instalações elétricas e iluminação das salas do bloco 09 do IFTO – Campus Palmas, bem como, propor alterações e adequações destes ambientes de acordo com sua utilização e normas técnicas vigentes.

3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Para que possa ser avaliada a instalação elétrica já existente no bloco 09 e com isso propor adequações da mesma, o trabalho pretende atuar nos seguintes temas:

- Obter os projetos elétricos originais do bloco 09;
- Realizar o levantamento *in loco* das instalações elétricas existentes;
- Investigar as condições das instalações elétricas atuais;
- Verificar se a instalação elétrica existente atende às normas técnicas vigentes;
- Avaliar a demanda elétrica atual;
- Investigar a situação dos dispositivos de proteção e segurança das instalações elétricas;
- Propor adequações às instalações elétricas de acordo com as demandas de cada ambiente e normas técnicas atuais;
- Avaliar as condições e demandas de cada ambiente em relação ao sistema de iluminação;
- Elaborar um projeto de iluminação para cada ambiente de acordo com a sua atividade específica, seguindo as normas técnicas atuais;
- Idealizar as adequações das instalações elétricas e luminotécnica visando sempre a eficiência energética;

- Levantar e analisar alguns softwares específicos, que auxiliam na elaboração de projetos elétricos, em especial softwares gratuitos.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 ACIDENTES ELÉTRICOS

Devido ao crescente uso da energia elétrica, os riscos de acidentes envolvendo a eletricidade têm aumentado consideravelmente. A principal forma desses acidentes é através do choque elétrico, onde a corrente elétrica usa o corpo do indivíduo como condutor se dissipando na massa (Terra), ou em outro ponto de contato onde a eletricidade encontra menos resistência. As correntes provenientes de fontes externas quando fluem através dos diversos órgãos vitais do corpo humano, podem causar danos biológicos ou ainda a morte (DURAN, 2003), para que isso não ocorra a NR10 é o pilar das normas regulamentadoras de segurança do trabalho, e que regulamenta as instalações e serviços com eletricidade. Na tabela 1 podemos observar as consequências em um ser humano, de acordo com o nível de corrente que é conduzido pelo corpo.

Tabela 01 – Consequência da corrente elétrica no corpo humano.

CORRENTE	CONSEQUÊNCIA
1 mA - 10 mA	Dor e contração muscular.
10 mA - 20 mA	Sensação de dor e contração intensa.
20 mA - 100 mA	Parada respiratória.
100 mA - 3 A	Fibrilação ventricular, podendo ser fatal.
Acima de 3 A	Queimaduras e paradas cardíacas.

Fonte: DURÁN, 2003.

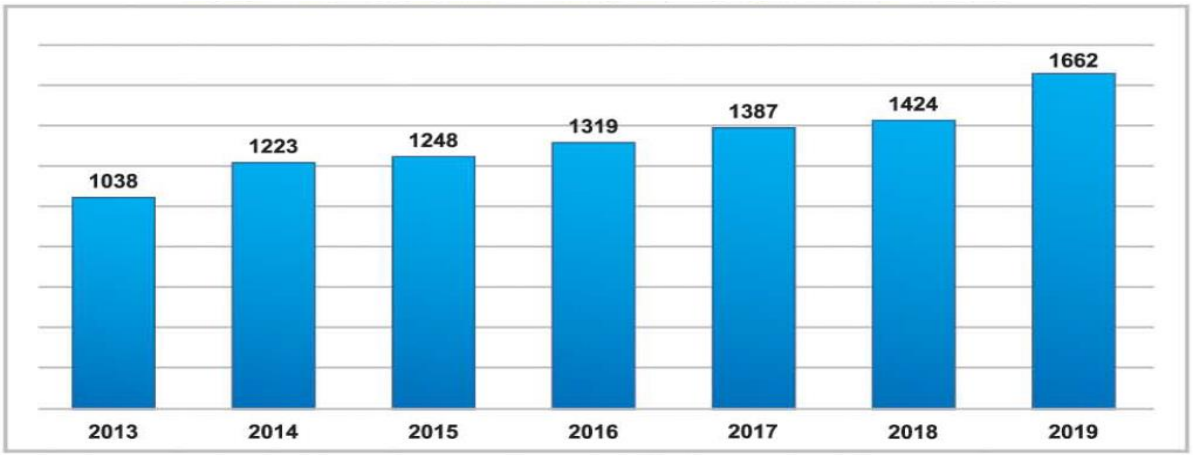
Quando um corpo é exposto a uma fonte de energia externa, podemos estimar a corrente através deste indivíduo considerando a resistência da parte do corpo que será analisada, podendo a pele estar seca (alta resistência) ou molhada (baixa resistência), logo, a corrente que flui dentro do corpo terá uma dependência crítica com a condição da pele nos pontos de contato com a fonte externa (DURAN, 2003).

Um corpo humano possui uma resistência elétrica em torno de 100 KΩ, entretanto quando o mesmo corpo se encontra em condições, que esteja molhado, o valor da resistência diminui significativamente a um valor entre 500 e 1 KΩ. Dessa forma, usando a lei de Ohm, Equação 1, podemos definir o valor da corrente que percorre o corpo humano em estado seco ou molhado.

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

O choque elétrico é apenas um dos riscos encontrados em instalações elétricas. Incêndios, queimas de aparelhos, e os curtos-circuitos também podem ocorrer em residências, comércios, escolas e hospitais. Para isso a NR10 estabelece as condições mínimas com medidas de controle e sistemas preventivos para os trabalhadores da área elétrica, entretanto muitos desses acidentes ocorrem com pessoas leigas que tentam “ajeitar” a parte a elétrica do local, ou simplesmente, por essa parte elétrica se encontrar em situação de total desleixo, podendo qualquer pessoa ser vítima da instalação elétrica malfeita.

Figura 01 – Total de acidentes (Série histórica).



Fonte: ABRACOPEL, 2020.

A ABRACOPEL – Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos em Eletricidade, apresenta dados relacionados à análise de acidentes de origem elétrica no país. No último anuário estatístico apresentado no ano de 2020 levando em consideração o ano de 2019, foi relatado 1662 casos de acidentes

envolvendo eletricidade, na Figura 1, apresenta-se o crescimento dos acidentes entre 2013 e 2019.

A série histórica mostra um nível crescente de acidentes de origem elétrica no país, com aumento de 60% em 2019 com relação a 2013, ano de início da pesquisa (ABRACOPEL, 2019, p. 52). Dentre os casos ocorridos destacamos 821 vítimas fatais das mais diversas áreas envolvendo a energia elétrica, sejam elas provocadas por descargas atmosféricas, incêndios devido à sobrecarga de energia através de curtos-circuitos ou sobreaquecimento, e por fim o choque elétrico de fato, assim como mostra na imagem a seguir:

Figura 02 – Acidentes envolvendo eletricidade em 2019.



Fonte: ABRACOPEL, 2020

De acordo com a Figura 2, é notório o alto índice de acidentes relacionados a eletricidade nas mais diversas esferas, envolvem choque elétrico e incêndios por sobrecarga, o que representa 90% dos casos totais dos acidentes. Portanto devemos questionar sobre quais os fatores que mais influenciam para que isso ocorra, sendo que de acordo com o Corpo de Bombeiros Militar do estado do Pará, relatórios apontam como as possíveis causas de incêndios por sobrecarga o péssimo dimensionamento da estrutura elétrica dos imóveis e as ligações clandestinas (SILVA, 2011, p. 548). Além disso, estruturas elétricas muito antigas que não passaram por

reformas para se adequarem às novas cargas instaladas também resultam em possíveis sobrecargas, e, portanto, devem ser analisadas de tempos em tempos.

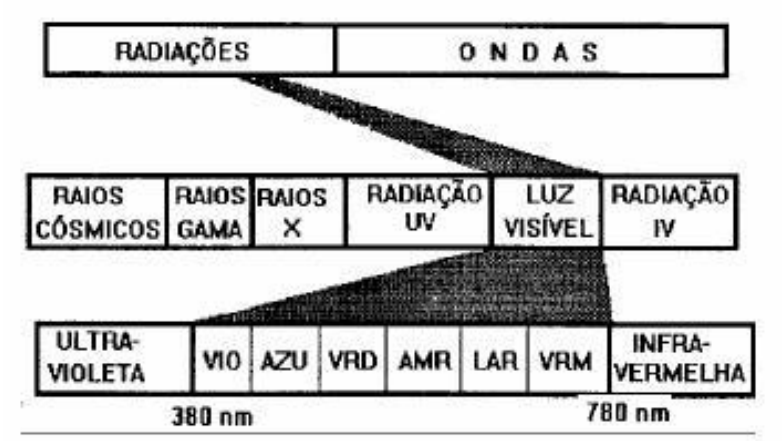
4.2 LUMINOTÉCNICA

Em um ambiente de trabalho onde há uma iluminação inadequada é exigido um esforço maior da visão do indivíduo. A legislação brasileira, por meio das normas de ergonomia, mais precisamente pela norma regulamentadora NR-17 estabelece que todos os locais de trabalho devem garantir uma iluminação adequada às atividades ali desempenhadas. Os efeitos imediatos que poderão ocorrer dessa agressão à visão são fadiga visual, dores de cabeça, além de ardência nos olhos. Caso um indivíduo permaneça nesse ambiente desfavorável, com o decorrer do tempo a prática do trabalho irá ocasionar a diminuição da sua capacidade visual (REGIS FILHO e SELL, 2000). Uma iluminação ineficaz interfere nos níveis de desempenho do indivíduo em decorrência da diminuição do ritmo de trabalho, menor percepção de detalhes, aumento de erros ao executar determinados trabalhos ou atividades e elevação dos índices de acidentes do trabalho (TAVARES, 2006).

Destarte, a ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), indica que o nível de iluminância para salas de aula deve estar compreendido próximo dos 500 lux. O estudo da luminotécnica nos ambientes internos e externos colaboraram para uma maior performance dos indivíduos que ali se encontram, garantindo uma melhor saúde visual, visto que cada ambiente necessita de uma iluminação compatível com o trabalho ali realizado. Dessa forma para compreender o estudo luminotécnico é necessário alguns conceitos básicos que serão descritos a seguir:

- Luz: É o espectro magnético visível ao olho humano, é a modalidade da energia radiante caracterizada, consoante a CREDER (2000), pela sensação visual de claridade, onde só pode ser detectada pelo olho humano na faixa de 380nm e 780 nm (1 nanometro = 10^{-9} metro). Em um dos extremos esse espectro é limitado pelas radiações infravermelhas com maior comprimento de ondas, e no outro extremo, pelas radiações ultravioletas de menor comprimento de onda.

Figura 03 – Sensibilidade visual do olho humano.



Fonte: FINOCCHIO, 2014.

As radiações infravermelhas e ultravioletas são espectros de ondas que atuam de forma específica em determinadas áreas. A infravermelha caracterizada pelo forte efeito calorífico, é usada principalmente na medicina para tratamento de luxações e ativamento das circulações, também é usada na indústria como forma de secagem de tintas, enrolamentos de motores e transformadores, além da secagem de grãos como o milho e café. As radiações ultravioleta é caracterizada pela sua alta ação química, normalmente são subdivididas em 3:

UV-A (Ultravioleta próxima ou luz negra) compreende das radiações ultravioleta da luz solar, não afeta nocivamente a visão humana nem possui atividade de pigmentação e eritemáticas (vermelhidão) na pele.

UV-B (Ultravioleta intermediário) possui elevada atividade de pigmentação e eritemática, agente ativo para a produção de vitamina D no corpo humano e normalmente são usados para fins terapêuticos.

UV-C (Ultravioleta remoto ou germicida) nocivo aos olhos humanos causando irritação, amplamente usado para o combate de germes e fungos.

- Fluxo luminoso (Φ): O fluxo luminoso é toda a radiação que uma fonte luminosa pode emitir em todas as direções, ou seja, é toda a potência da energia luminosa que os olhos humanos podem detectar e a sua unidade de medida é o lúmen (lm). De forma genérica podem ser expressa de acordo com as lâmpadas, tais como:

- Lâmpada tubular Led 32 Watts: 1850 lm
- Lâmpada incandescente 100 Watts: 1000 lm;
- Lâmpada fluorescente 40 Watts: 1700 a 3250 lm;
- Lâmpada vapor de mercúrio 250 Watts: 12.700 lm;

- Intensidade luminosa (I): A intensidade luminosa é toda potência da radiação luminosa em uma determinada direção, isto significa que é a concentração de luz em uma direção, e sua unidade de medida é a Candela (cd).
- Iluminância ou Iluminamento (E): O iluminamento é todo fluxo luminoso que incide sobre uma superfície a uma determinada distância, em outras palavras, é o fluxo luminoso por área, e sua unidade de medida é o lux.
- Eficiência luminosa (ɳ): A eficiência luminosa é simplesmente a relação entre o fluxo luminoso e a potência consumida, sua unidade é o lúmen por watts (lm/w). Podendo ser representado das seguintes formas:

- Lâmpada tubular Led 32 Watts: 57,8 lm/W.
- Lâmpada incandescente 100 Watts: 10 lm/W.
- Lâmpada fluorescente 40 Watts: 42,5 lm/W a 81,5 lm/W.
- Lâmpada vapor de mercúrio 250 Watts: 50 lm/W.

- Índice de reprodução de cor (IRC): O IRC é a capacidade que uma fonte luminosa consegue reproduzir as cores, em outros termos, é uma tentativa de mensurar a percepção de cor avaliada pelo cérebro. Consiste na avaliação das cores padrões quando submetidos a luz da fonte a ser analisada, e sob a luz de uma fonte de referência, corpo negro com radiação integral que apresenta o valor de 100%. Como a sensibilidade a luz varia de indivíduo. O IRC nem sempre corresponde à realidade de forma ampla, podemos afirmar que um IRC em torno de 60 podem ser considerável aceitável, 80 bom, e acima de 90 excelente, o que significa maior nitidez e qualidade as cores submetidas a determinada fonte de luz, alguns exemplos de lâmpadas podem ser vistos na Tabela 2.

Tabela 02 – Índice de reprodução de cores.

NÍVEL	CLASSIFICAÇÃO	REPRODUÇÃO	APLICAÇÕES
1	90<IRC<100 80<IRC<90	Excelente, muito boa.	Teste de cor, floricultura, lojas, shoppings, residências.
2	70<IRC<80 60<IRC<70	Boa, razoável.	Escritórios, ginásios, fabricas, oficinas.
3	40<IRC< 60	Regular.	Depósitos, postos de gasolina, pátios.
4	20<IRC< 40	Insuficiente.	Ruas, canteiro de obras, estacionamentos.

Fonte: MOREIRA, 1999, página 22 (adaptado).

4.2.1 Método dos lúmens

Para a realização de um sistema luminotécnico de qualidade nos ambientes, é necessário realizar métodos que condizem com as situações encontradas e respeitando as recomendações das normas. Devido a isso um dos métodos mais utilizados na área de luminotécnica é o método dos lúmens. Isso ocorre por apresentar uma dinâmica mais simples e mostrar o resultado numérico único da luminância a ser obtida em função das características do ambiente.

Nos cálculos, é necessário fazer um levantamento *in loco* das instalações, como por exemplo, as características construtivas da instalação, a dimensão do local, a altura das luminárias, e a classificação do ambiente em relação a luminância conforme a ISO/CIE 8995-2013. A refletância das superfícies como teto, paredes e pisos, assim como a frequência de limpeza e manutenção do local ou o fator de perdas luminosas, também são dados essenciais para realização do cálculo.

As etapas fundamentais do método dos lúmens consistem de antemão a determinação do índice local (K), que é uma constante definida pela relação entre as dimensões do ambiente, podendo ser de forma direta onde a luz incide diretamente no plano de trabalho, ou de forma indireta onde há a reflexão da luz por uma superfície para só então incidir sobre a área de trabalho, sendo encontrada através das Equações 2 e 3.

$$K = \frac{C * L}{H * (C + L)} \tag{2}$$

$$K_1 = \frac{3 * C * L}{2 * H' * (C + L)} \tag{3}$$

Onde:

K – Índice local direto;

K_1 – Índice local indireto;

C – Comprimento do ambiente[m];

L – Largura do ambiente[m];

H – Altura do plano de trabalho até a lâmpada[m].

Esse índice local é uma constante utilizada no procedimento de aferição da luminância para definir a quantidade mínima de pontos de medição recomendado pela norma NBR 15215-4:2005, que estabelece um método de como realizar o levantamento de luminância nos ambientes, e no procedimento do método dos lúmens para elucidar as características de refletância levando em consideração o fator de utilização, que é baseado conforme a Tabela 3, que demonstra as características do ambiente devido às superfícies da parede, teto e piso, variando de muito claro 70%, até preto 0%. Cada fabricante disponibiliza, com base nos parâmetros de fator de refletância da superfície e o índice K, um fator de utilização.

A reflectância caracterizada pela variação da porcentagem em relação a condição da superfície é disposta na Tabela de fator de utilização de forma que 70% é representado pelo numeral 7, 50% pelo numeral 5 e assim sucessivamente.

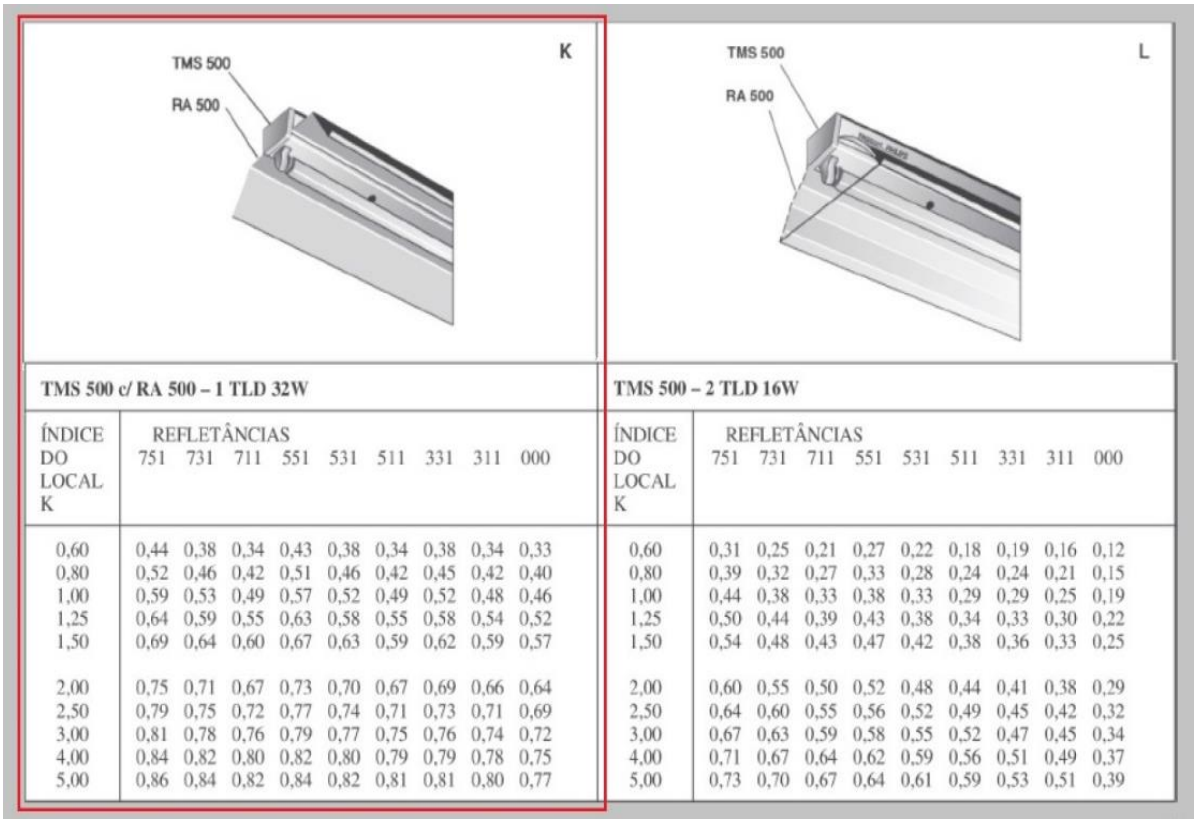
Tabela 03 – Refletância de acordo com a superfície.

SUPERFÍCIE	REFLETÂNCIA
Muito clara	70%
Clara	50%
Média	30%
Escura	10%
Preta	0%

Fonte: (Adaptado)IWASHITA, 2013.

O valor do fator de utilização é definido de acordo com o tipo de lâmpada e luminária utilizada. Por exemplo, em um ambiente onde o teto possui uma característica muito clara, uma parede de refletância média e um piso escuro, de acordo com a Tabela 3 apresenta refletância de 70%, 30% e 10% sucessivamente o que corresponde aos índices 7 3 1. Dessa forma, para consultar a Figura 4, com as características apresentadas e sendo usada lâmpada tubular de 32 Watts com luminária TMS 500 c/RA 500 e com índice local 1.25 o valor do fator de utilização seria 0.59 como demonstrado na Figura 4.

Figura 04 – Fator de utilização.



TMS 500 c/ RA 500 – 1 TLD 32W

ÍNDICE DO LOCAL K	REFLETÂNCIAS 751	731	711	551	531	511	331	311	000
0,60	0,44	0,38	0,34	0,43	0,38	0,34	0,38	0,34	0,33
0,80	0,52	0,46	0,42	0,51	0,46	0,42	0,45	0,42	0,40
1,00	0,59	0,53	0,49	0,57	0,52	0,49	0,52	0,48	0,46
1,25	0,64	0,59	0,55	0,63	0,58	0,55	0,58	0,54	0,52
1,50	0,69	0,64	0,60	0,67	0,63	0,59	0,62	0,59	0,57
2,00	0,75	0,71	0,67	0,73	0,70	0,67	0,69	0,66	0,64
2,50	0,79	0,75	0,72	0,77	0,74	0,71	0,73	0,71	0,69
3,00	0,81	0,78	0,76	0,79	0,77	0,75	0,76	0,74	0,72
4,00	0,84	0,82	0,80	0,82	0,80	0,79	0,79	0,78	0,75
5,00	0,86	0,84	0,82	0,84	0,82	0,81	0,81	0,80	0,77

TMS 500 – 2 TLD 16W

ÍNDICE DO LOCAL K	REFLETÂNCIAS 751	731	711	551	531	511	331	311	000
0,60	0,31	0,25	0,21	0,27	0,22	0,18	0,19	0,16	0,12
0,80	0,39	0,32	0,27	0,33	0,28	0,24	0,24	0,21	0,15
1,00	0,44	0,38	0,33	0,38	0,33	0,29	0,29	0,25	0,19
1,25	0,50	0,44	0,39	0,43	0,38	0,34	0,33	0,30	0,22
1,50	0,54	0,48	0,43	0,47	0,42	0,38	0,36	0,33	0,25
2,00	0,60	0,55	0,50	0,52	0,48	0,44	0,41	0,38	0,29
2,50	0,64	0,60	0,55	0,56	0,52	0,49	0,45	0,42	0,32
3,00	0,67	0,63	0,59	0,58	0,55	0,52	0,47	0,45	0,34
4,00	0,71	0,67	0,64	0,62	0,59	0,56	0,51	0,49	0,37
5,00	0,73	0,70	0,67	0,64	0,61	0,59	0,53	0,51	0,39

Fonte: PROCEL, 2003.

Durante o uso da fonte de iluminação, a tendência é que fatores externos como poeira, e internos como desgastes dos circuitos eletrônicos ou do próprio equipamento, e local, acabem influenciando na redução do fluxo luminoso do ambiente, e para tal, quando é dimensionado o sistema de iluminação tudo isso deve ser levado em consideração. Para tal efeito a tabela 4 estabelece os valores de acordo com a manutenção dos locais. Portanto, para que haja maior eficiência é necessária uma limpeza periódica.

Tabela 04 – Fator de utilização/depreciação.

AMBIENTE	2500HRS	5000HRS	7500HRS
Limpo	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,80
Sujo	0,80	0,66	0,57

Fonte: (Adaptado)IWASHITA, 2013.

Para que se possa calcular a quantidade de luminárias em um ambiente o uso da ISO/CIE 8995-2013 é fundamental, pois nela é estabelecida a iluminância média para cada local de trabalho, como construções educacionais, vários segmentos da indústria, escritórios entre outros. E de posse dessa luminância média (E_m) a Equação 4 pode ser satisfeita.

$$N = \frac{E_m * A}{n * \Phi_n * \mathrm{U} * \mathrm{FM} * \mathrm{FFL}} \quad (4)$$

Onde:

N – Número necessário de luminárias

E_m – Iluminância média [lux]

A –Área do ambiente [m^2]

N –Número de lâmpadas em cada luminária

Φ_n – Fluxo luminoso de cada lâmpada [lm]

U – Fator de utilização

FM – Fator de manutenção

FFL – Fator de fluxo luminoso

O fator de fluxo luminoso é encontrado nas características da lâmpada a ser utilizada. Após realizar todos esses procedimentos para atender os requisitos da norma NBR 15215-4: 2005, é fundamental uma distribuição uniforme e simétrica das luminárias no ambiente tentando conciliar o mais próximo possível os valores intrínsecos de cada fonte de luz. Recomenda-se que as distâncias “a” (Comprimento) e “b” (Largura) entre luminárias sejam o dobro da distância entre estas e as paredes laterais, e por fim sugere-se sempre o acréscimo de luminárias quando a quantidade resultante do cálculo não for compatível com a distribuição desejada, desde que, não interfira na simetria disposta.

4.3 INSTALAÇÃO ELÉTRICA

Segundo Joseph F. McPartland et al (2011), a tarefa de projetar um sistema elétrico pode ser dividida em três etapas básicas, a primeira consiste em selecionar os conceitos básicos de instalação elétrica e configurações que irão proporcionar o fornecimento de energia elétrica com as características desejadas a cada um dos

pontos de utilização. A segunda etapa consiste em implementar os circuitos planejados com condutores, aparelhos e acessórios, escolhendo os respectivos tipos, tamanhos, modelos, características, valores nominais e outras especificações necessárias. Por fim considerar a colocação do sistema elétrico global, determinado nas duas etapas anteriores, dentro das dimensões e da estrutura do prédio, mostrando tão claramente quanto possível as localizações dos equipamentos, os respectivos detalhes de montagem, percurso de eletrodutos, as ligações com as linhas principais de alimentação e quaisquer outros elementos que requeiram atenção especial.

Devido a facilidade de acesso à energia elétrica, às instalações elétricas de baixa tensão se tornou comum para pessoas dos grandes e pequenos centros urbanos e propriedades rurais. Com o perigo da má estruturação elétrica e negligência, houve a necessidade de normatizar essa área com ideias que pudessem auxiliar os trabalhadores, além de protegê-los. Para isso, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) normatizou os serviços e instalações elétricas de baixa tensão em 1997 e reeditou em 2004, com a designação NBR 5410. Nela são encontradas as mais diversas informações técnicas necessária para projeto e serviços com baixa tensão, segundo consta na mesma:

> "*Esta Norma estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens*. "

Contudo a NBR 5410 apenas normatiza as situações que envolvem as instalações e serviços de baixa tensão, portanto não é obrigatória a exigência dela para tais serviços, o que acarreta em pessoas não qualificadas executando serviços que podem apresentar alguma falha. Até mesmo serviços de procedência realizados por pessoas qualificadas, após certo tempo de uso não se dá a devida importância à possíveis manutenções, corroborando com instalações com mais de 20 anos sem nenhuma análise de mudança de carga, das condições dos cabos e eletrodutos, e segurança através de disjuntores e dispositivos de proteção como DR e DPS.

A aplicação da NBR 5410 de 2004 engloba todas as instalações elétricas com tensão nominal igual ou inferior a 1000 volts em corrente alternada e com

frequências inferiores a 400 Hz ou a 1500 volts em corrente contínua, ou seja, instalações elétricas de baixas tensões como casas, comércios, escolas, entre outros.

Fazendo uma análise da norma citada no item 4.2 no que diz respeito a alimentação e estrutura, ela determina que para a potência de alimentação da edificação deve-se fazer um estudo e prever os equipamentos que por ventura serão utilizados, além de suas respectivas potências e simultaneidade de funcionamento, bem como possíveis crescimentos, garantindo assim, capacidade de reserva para futuras ampliações. De tal forma que na previsão de carga será dotada de características fornecidas pelo fabricante como a potência nominal absorvida do equipamento. A iluminação será analisada através da ISO/CIE 8995-2013 no que consiste na iluminância de interiores. Por fim as tomadas de uso específico e uso geral serão determinados de acordo com a norma vigente da NBR 5410 de 2004 que determina o número de tomadas de uso geral a ser instalada de acordo com o ambiente, onde afirma que:

> *"Nos demais cômodos e dependências, se a área for igual ou inferior a 6 m², pelo menos uma tomada; se a área for superior a 6 m², pelo menos uma tomada para cada 5m, ou fração de perímetro, espaçadas tão uniformemente quanto possível; "*

As tomadas de uso específico devem ser atribuídas valores de potência igual a potência nominal dos equipamentos (NBR 5410, 2004). Entretanto, existe a possibilidade de não saber à potência do equipamento, para isso é necessário estabelecer alguns padrões, como dimensionar a devida tomada como sendo do equipamento que possui a maior potência do local com possibilidade de ser ligado, ou determinar a potência com a corrente nominal da tomada e a respectiva tensão no circuito.

A padronização das tomadas trouxeram mais confiança aos usuários tanto na questão de segurança quanto na usualidade, tendo em vista que antigamente havia vários tipos de tomadas, variando de fabricante para fabricante, então era comum comprar um eletrodoméstico em uma loja e ao chegar em casa o plug do eletrodoméstico não ser compatível com a tomada ali instalada.

Devido a esses problemas por falta de padronização a ABNT junto ao INMETRO apresentou a NBR14136, e nela estabeleceu critérios a serem adotadas

pelas fabricantes para que houvesse um padrão usual e de segurança para as tomadas brasileiras, desde então é usado o modelo 2P + T, com rebaixamento para encaixe, evitando assim o contato direto com a parte energizada e com a presença do condutor terra, para possíveis fugas de energia.

Figura 05 – Tipos de tomadas.



Fonte: ABRACOPEL, 2020.

Os quadros de distribuição também seguem normas estabelecidas pela NBR 5410 de 2004, as principais características pertinentes aos quadros de distribuição são que eles devem estar em locais de fácil acesso caso seja necessário realizar alguma manobra de segurança, eles também devem ser identificados externamente da mesma forma que os dispositivos internos. Dependendo da quantidade de circuitos no quadro de distribuição existe a necessidade de uma capacidade de reserva para possíveis ampliações, e por fim, um grau de proteção adequado a classificação das influências externas.

4.3.1 Aterramento

Os dados apresentados no tópico 4.1 demonstram dados alarmantes e reforçam a necessidade de se ter uma proteção adequada contra choques elétricos nas instalações prediais, e consequentemente, uma adequada instalação do aterramento. A continuidade de um trabalho condizente com a funcionalidade e

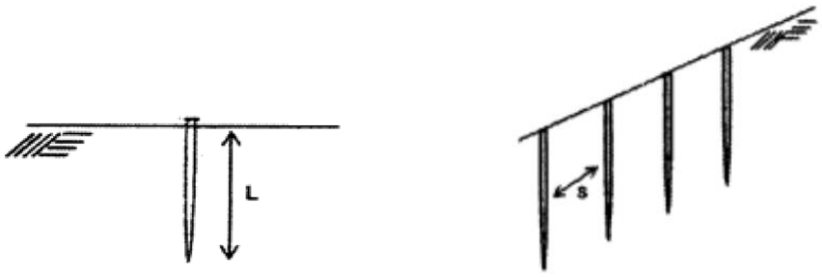
segurança dos dispositivos de proteção para um sistema de energia elétrica, pede uma real importância, quando falamos de Aterramento.

De forma simples o aterramento consiste na ligação intencional e de baixa impedância de uma estrutura ou instalação à terra (solo). Essa ligação faz com que o solo se torne referência do sistema elétrico (ponto com potencial zero volts) e proporciona um caminho seguro para a dispersão de uma possível corrente elétrica.
O aterramento consiste basicamente em três componentes para que haja uma eficácia considerável do sistema.

1. As conexões elétricas que ligam a massa do sistema elétrico e um ponto em comum com os eletrodos.
2. Os corpos metálicos conectados ao solo, que comumente chamamos de eletrodos de aterramento.
3. A própria Terra, no que diz respeito ao solo, é responsável por acondicionar os eletrodos.

O aterramento de maneira construtiva pode ser feito de várias formas, sendo que se pode aterrar o sistema elétrico com configurações que vão de simples hastes fincadas ao solo, como também estruturas de placas condutoras e cabos enterrados no solo. Normalmente são hastes cravadas no solo podendo variar a quantidade e o arranjo geométrico para determinar a menor impedância

Figura 06 – Configuração de Aterramento Elétrico.



Fonte: Alexandre Capelli, 2005.

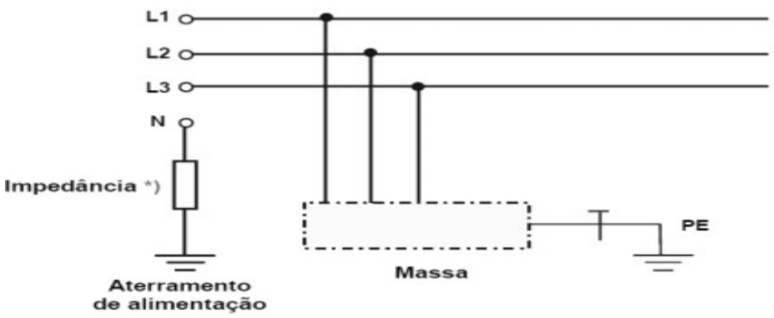
A NBR (Norma Técnica Brasileira) 5410:2004, apresenta no item 4.2.2.2 os tipos de esquemas de aterramento em sistemas trifásicos. Então antes de se escolher qual tipo de sistema serve para tal propósito, deve-se conhecer qual o tipo de conexão do sistema será feito ao solo. Basicamente, tem três tipos:

- **Sistema sólido aterrado –** Tem pontos diretos do sistema elétrico em comum com a terra, ou seja, ligado diretamente ao solo. A corrente de falta procura o melhor trecho com a menor impedância para escoar diretamente para a terra.
- **Sistema aterrado por impedância –** Entre a massa do sistema elétrico e o aterramento propriamente dito, é colocado convenientemente uma impedância com o objetivo de limitar a corrente de falta que escoa para o solo, sem barrar a conexão do sistema à terra.
- **Sistema isolado –** Não apresenta ligação de condução entre o sistema elétrico e a terra de maneira intencional, sendo que a mínima interação ocorre de forma a ionizar ar local, gerando um efeito capacitivo majoritário entre o sistema e o solo.

O aterramento funcional ocorre quando os condutores do sistema são conectados à terra com a intenção de proporcionar estabilidade das tensões e correntes, que normalmente devem ser equilibradas em um sistema elétrico trifásico. Comumente o condutor vivo que é aterrado para tal função é o condutor neutro. Por sua vez, o aterramento de proteção, como o próprio nome sugere, consiste na conexão entre as massas do sistema e o solo a fim de limitar os surtos de potenciais que ocorrem entre o sistema elétrico e a referência da terra valores aceitáveis de proteção.

A finalidade de cada sistema de aterramento diz muito a respeito dos esquemas de ligação dos mesmos. A norma NBR 5410 faz recomendações para cada tipo de aterramento conforme a necessidade e o ambiente em que será instalado. São basicamente 5 tipos recomendados IT, TT, TN-C, TN-C-S e TN-S. O IT é caracterizado por possuir o condutor neutro ser aterrado com uma impedância, ou seja, entre o sistema de aterramento e o neutro há uma impedância previamente calculada.

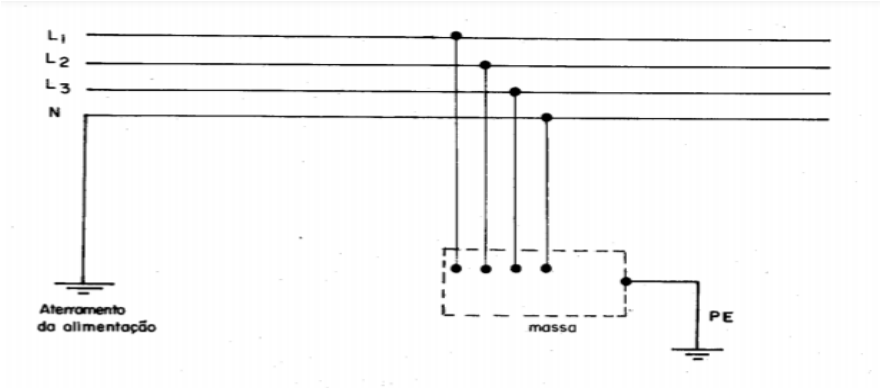
Figura 07 – Esquema elétrico de um aterramento IT.



Fonte: Geraldo Kindermann, 2005.

O aterramento tipo TT o condutor neutro normalmente é aterrado no padrão de entrada de energia da concessionária, no qual chamamos de aterramento funcional. O que diferencia este tipo de aterramento é a instalação de um aterramento de proteção (conectado a carga) separado do aterramento funcional no condutor Neutro.

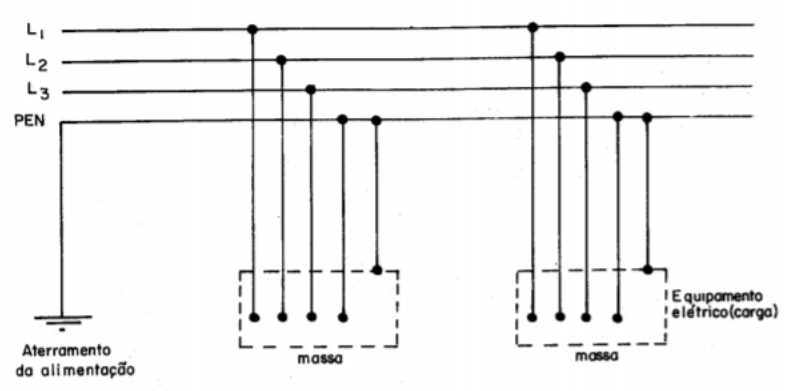
Figura 8 – Esquema elétrico de um aterramento TT.



Fonte: Geraldo Kindermann, 2005.

Levando em consideração novamente o aterramento do condutor Neutro, o sistema TN-C se difere dos demais por não ter um condutor separado para o aterramento, tendo em vista que o mesmo acumula a função de neutro e aterramento, sendo comumente conhecido como condutor PeN (proteção e neutro). Este tipo de sistemas não é recomendado para ambientes residenciais, sendo normalmente empregado em indústrias.

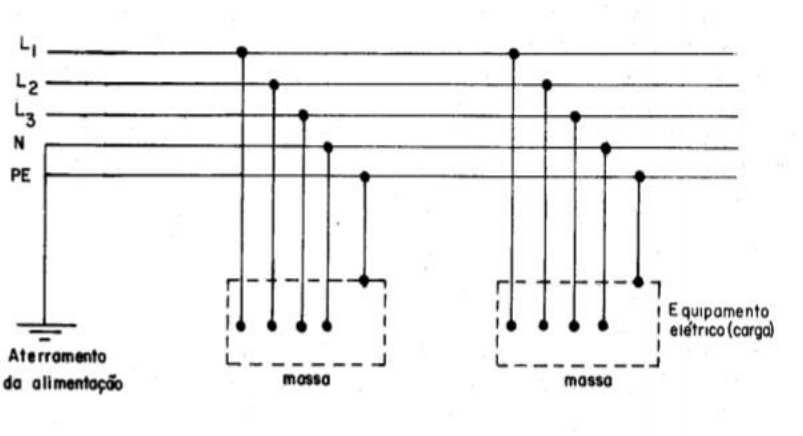
Figura 9 – Esquema elétrico de um aterramento TN-C.



Fonte: Geraldo Kindermann, 2005.

No sistema TN-S a carga é alimentada pelo sistema trifásico com neutro normalmente aterrado no padrão de entrada de energia ou no quadro de distribuição. O aterramento de proteção tem um ponto em comum com o neutro aterrado, mas permanece em um condutor separado até a massa de carga, diferente do TN-C.

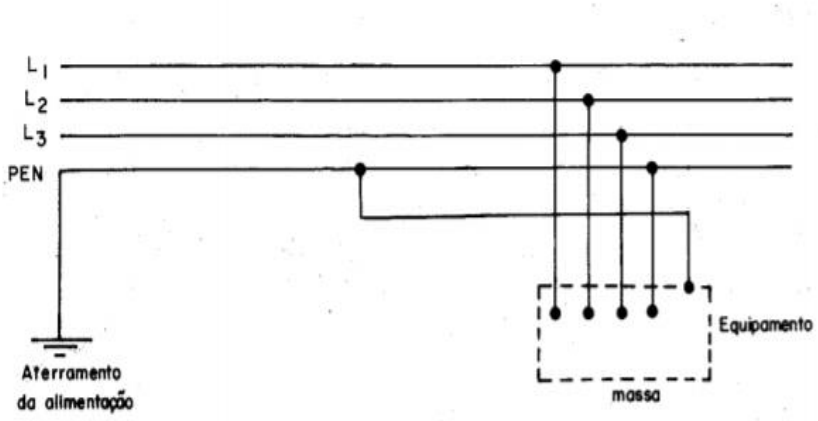
Figura 10 – Esquema elétrico de um aterramento TN-S.



Fonte: Geraldo Kindermann, 2005.

No sistema TN-C-S a grosso modo entende-se como a junção dos tipos TN-C e TN-S, sendo recomendado em alguns casos para instalações residenciais. O condutor neutro é aterrado funcionalmente saindo para a massa de carga com este aterramento, mas em determinado ponto da instalação ocorre a derivação do condutor Neutro com o aterramento de proteção, tendo em vista que a partir desse ponto o Neutro permanece realmente neutro.

Figura 11 – Esquema elétrico de um aterramento TN-C-S.



Fonte: Geraldo Kindermann, 2005.

4.4 SOFTWARES

O uso da tecnologia para elaboração de projetos no âmbito da engenharia amplia a qualidade e velocidade da execução do mesmo, além de criar um novo nicho de mercado visando a produtividade e profissionalismo. Devido à grande demanda de novas tecnologias e seu uso comum na esfera de projetos, alguns softwares serão abordados para representar esse bloco tão vasto de conhecimento. Devido ser um mercado em crescimento e que há custo para concepção dessas ferramentas em sua grande maioria existe um custo de operação para o cliente.

Para elaboração de um projeto de instalação elétrica é fundamental seguir uma série de procedimentos, como construir a planta baixa do imóvel; inserir os componentes; dimensionar a quantidade de cabos e eletrodutos; elaborar o diagrama unifilar ou multifilar; definir o quadro de cargas; especificar a lista de materiais utilizados e montar a legenda do projeto. No âmbito de instalações elétricas os softwares mais conhecidos no mercado são o AutoCad, PRO-elétrica, e de maneira mais simples, porém ainda com um certo grau de confiabilidade tem-se o WOCA elétrica, que é uma ferramenta online e gratuita, mas com possibilidade paga, de um upgrade.

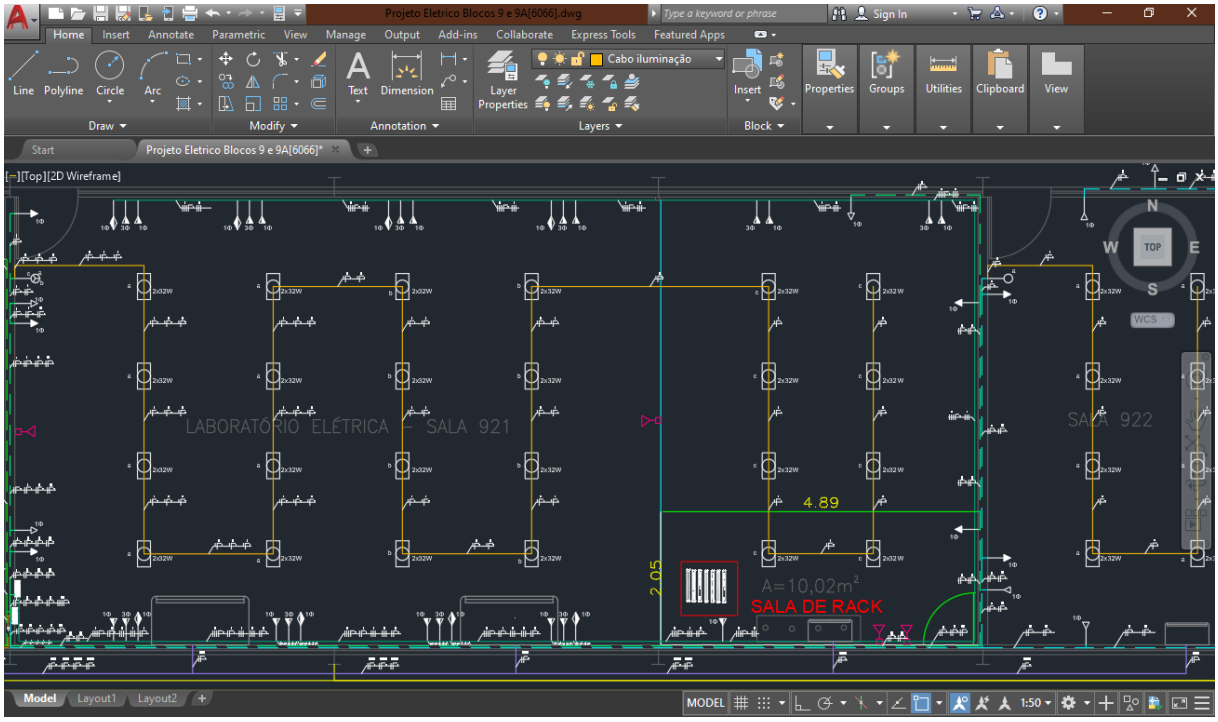
A empresa AutoDesk destaca-se pelo seu longo tempo de mercado e pelo fato de fornecer o AutoCad em uma versão grátis por um ano para estudantes. Além disso, o programa é amplamente utilizado pelos profissionais da área, como Engenheiros Eletricistas e Arquitetos, sendo eficaz e vantajoso o uso do mesmo, para que não haja a necessidade futura de converter um projeto elétrico para outro programa (COHN, 1993).

O AutoCad possui várias funções práticas que auxiliam a inserção de componentes elétricos, como: tomadas, interruptores e pontos de iluminação entre outros, além de ter uma vasta biblioteca disponibilizada na internet. A Figura 12 apresenta uma ideia simples do layout da interface do AutoCad.

Consoante a MUTIPLUS, empresa criadora do PRO-Elétrica, esse software para projetos elétricos detalha e dimensiona com as recomendações da NBR 5410 as instalações elétricas em baixa tensão, SPDA, instalação de placas fotovoltaicas On-Grid, cabeamento estruturado, loteamento com locação de postes e iluminação e automação residencial. Para utilizá-lo há a necessidade de uma licença do software

que após paga é permanente, o que resulta num custo-benefício bastante elevado, porém funciona como extensão da plataforma Cad.

Figura 12 – Interface AutoCad.



Fonte: Acervo próprio do autor,2021.

A ferramenta PRÓ-Elétrica possui um conjunto de funções especializadas no lançamento automático das tomadas, luminárias e eletrodutos. Já tem a possibilidade de realizar o cálculo luminotécnico seguindo as normas NBR-ISO-8995-1 e NBR-5413/92. Realiza o lançamento automático de fiação e lista de materiais o que garante uma economia de tempo ao projetista. A sua interface é análoga à plataforma AutoCad como apresentado na figura 13.

Figura 13 – Extensão PRÓ-Elétrica.



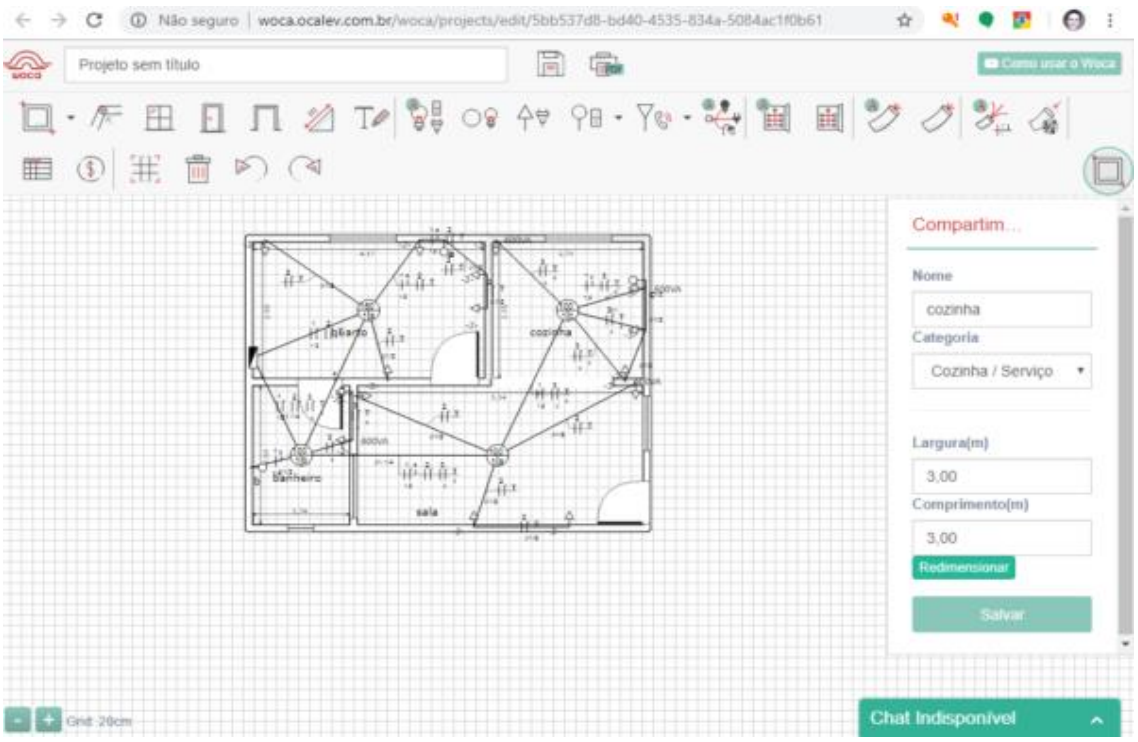
Fonte: Adaptado Multiplus, 2016.

Por fim o programa WOCA é uma plataforma online que apresenta funcionalidades didáticas e práticas interessantes para quem não é familiarizado com

as plataformas CAD e busca de forma rápida e dinâmica elaborar um projeto elétrico sem a necessidade de realizar um download. Além de apresentar uma versão grátis, que apesar de não ter todas as funcionalidades da versão paga, tem um ótimo desempenho para sua finalidade.

Há possibilidade de lançamento automático de pontos elétricos como tomadas, luminárias interruptores e eletroduto, além de ser capaz de calcular toda a fiação baseada nas recomendações da NBR 5410. Também por ser uma ferramenta de fácil uso e dinâmica para seus usuários, propõe uma facilidade de elaboração de projetos, devido a sua interface simples e de entendimento visual como mostrado na figura 14

Figura 14 – Interface WOCA**.**



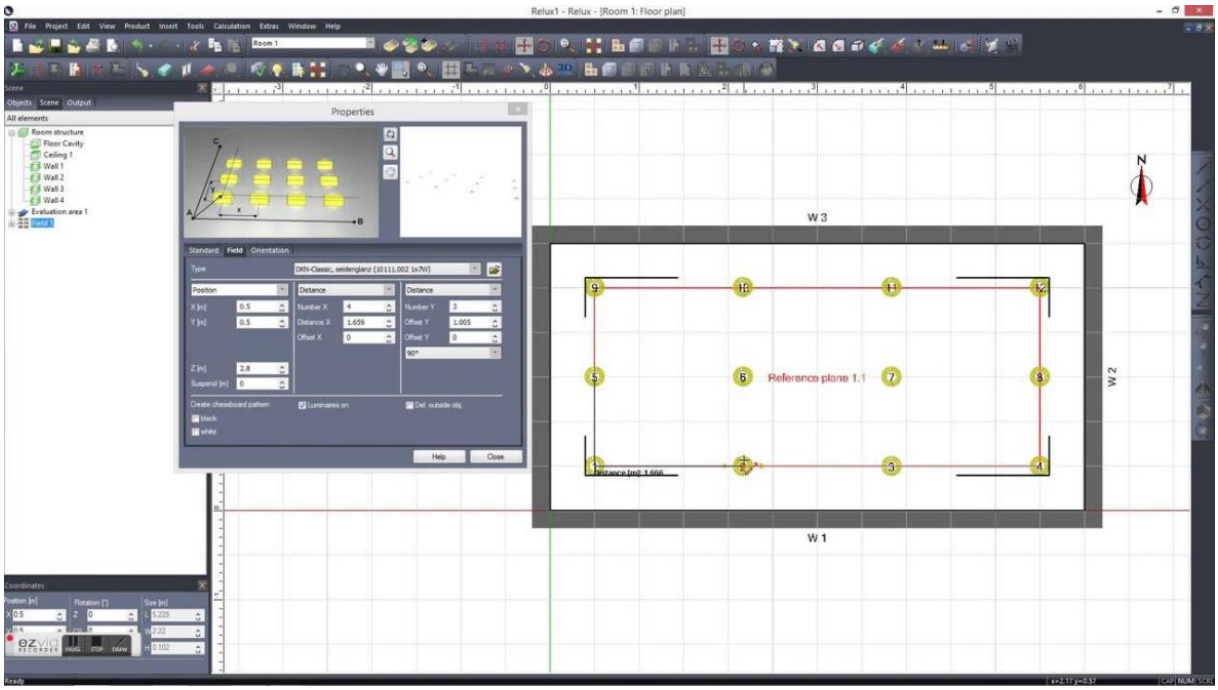
Fonte: Ocaleve, 2020.

O estudo luminotécnico também provém de softwares capazes de realizar os cálculos necessários para garantir um iluminamento médio dos ambientes, tais ferramentas são mais comuns no âmbito arquitetônico e elétrico. As ferramentas mais usadas são o Dialux e o Relux.

O Relux é um software de planejamento de iluminação gratuito que foi desenvolvido pela Relux Informatik AG, esta é uma das opções de software mais

populares no campo da iluminação. O Relux oferta todos os dados e ferramentas necessários para a criação do seu plano de iluminação, criando simulações de luz artificial para projetos externos e internos, exportar e importar funções para DWG, DXF e alguns outros formatos de arquivo, o que torna essa ferramenta muito útil.

Figura 15 – Interface Relux.

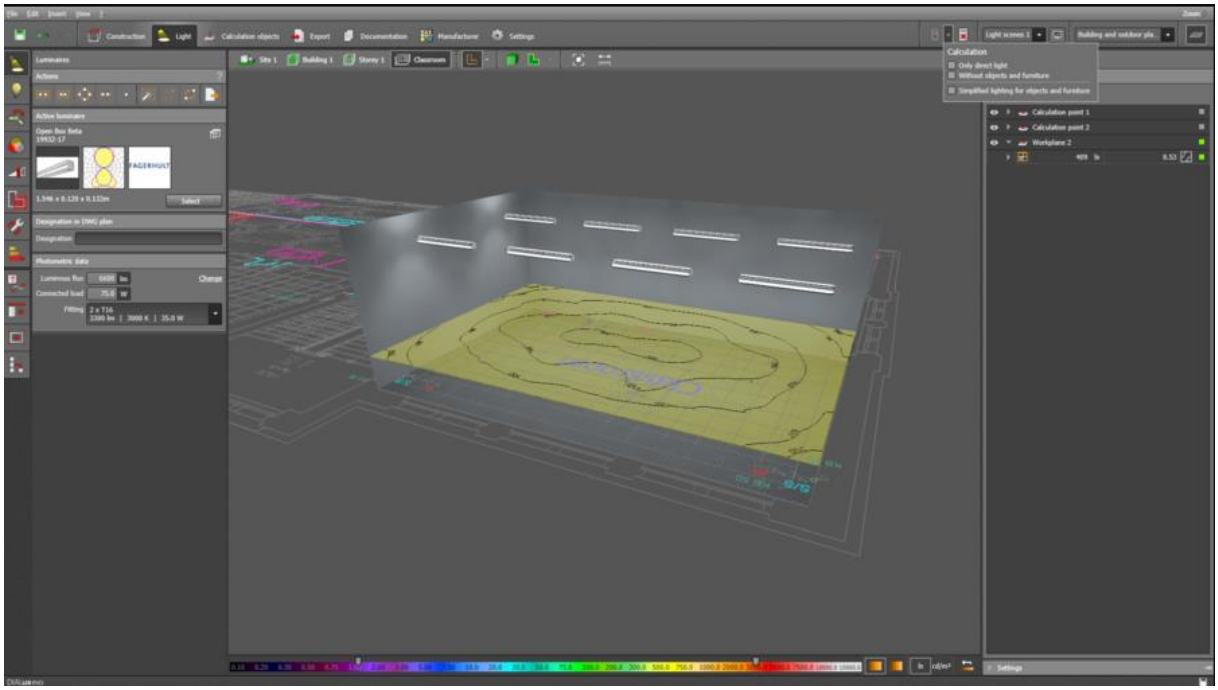


Fonte: Relux, 2019.

O DIAlux é um dos programas mais utilizados atualmente, foi criado em 1994, é um software gratuito de cálculo luminotécnico e foi financiada por um grupo com mais de 90 fabricantes de luminárias internacionais, inserindo assim suas luminárias nesta ferramenta, o que consolida esse software como uma das ferramentas com o mais completo banco de dados.

Por suportar os formatos de dados de todos os fabricantes de luminárias global, esta ferramenta é amplamente usada ao redor do mundo. Seus recursos incluem cálculos de iluminação natural, assistentes de iluminação de emergência e de rua, possui a função de importar e exportar de arquivos. DWG e DXF. Tal software está rapidamente ganhando notoriedade como o software mais econômico para todos os cálculos de iluminação, por não ter taxa de licença e ser aplicável para cálculos qualitativos complexos, bem como renderizações foto-realistas e os resultados podem ser impressos ou salvos como um PDF.

Figura 16 – Interface DIALux.



Fonte: Dialux, 2017.

5 FUNDAMENTAÇÃO PRÁTICA

Para elaboração prática dos fundamentos citados nesse trabalho, a proposta de reestruturação elétrica foi dividida em dois pontos principais, a parte luminotécnica, e a parte de instalação predial. A parte luminotécnica foi encabeçada pela medição de luminância dos ambientes do bloco 9 e 9-A, usados por alunos para fins didáticos. Sendo assim, locais como o almoxarifado, coordenação e o anfiteatro, não foram inspecionados. A instalação elétrica predial do bloco foi analisada em forma de inspeção visual e através de análise dos projetos elaborados e disponibilizados pela coordenação de infraestrutura do IFTO.

5.1 MEDIÇÃO LUMINOTÉCNICA

O processo desenvolvido para aferição dos ambientes de trabalho do bloco da área indústria no IFTO, leva em consideração as normas pertinentes já citadas na fundamentação teórica, e como base de avaliação, também foi adotado o procedimento de medição realizado pelo programa de recuperação de salas de aula da USP, para readequação luminotécnica.

Os resultados das medições caracterizam o uso dos ambientes de trabalho durante o período das 19:00 horas até as 23:00 horas, horário esse, que foram realizadas as medições, e que é necessário o uso de iluminação artificial sem o efeito da penumbra. É importante destacar também condições que corroboram para a influência dos resultados como: tempo de vida das lâmpadas, organização das salas, disposição de bancadas e mesas, reflexão ou obstrução de luz pelo corpo de quem está fazendo a aferição, entre outros fatores que podem mudar os ambientes de trabalho e os resultados no decorrer do tempo.

A medição da iluminância das salas foi realizada através do luxímetro da marca MINIPA, modelo MLM – 1020, indicada para tal finalidade pelo fabricante como consta abaixo:

> *“Instrumento indicado para projetos de iluminação de ambientes internos, fiscalização de ambientes de trabalho, setor agrícola, entre outros com medição de até 20k Lux, congelamento de medição, registro de valores máximos e mínimos, data logger sendo possível a realização da comunicação do luxímetro com o computador para transferência de dados registrados pelo instrumento”.*

Figura 17 – Luxímetro MINIPA.



Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

5.1.2 Procedimento para medição

Para dar início a metodologia de medição da iluminância dos ambientes foi necessário a norma NBR 15215-4: 2005, que auxilia na verificação experimental das condições de iluminação interna das edificações, dessa forma, foram realizados os levantamentos das dimensões das salas para saber o índice mínimo de pontos a serem medidos, foi observado que as salas possuíam as seguintes dimensões:

- 6.9 metros de largura X 4.85 metros de comprimento, com área total de 36,46 m^2 (Salas 902, 903, 904, 920 e 922);
- 6.9 metros de largura X 7.4 metros de comprimento, com área total de 51,06 m^2 (Salas 905, 906, 907, 910, 911 e 912);
- 6.9 metros de largura X 9.85 metros de comprimento, com área total de 67,96 m^2 (Salas 916, 917, 918, 919 e 920);
- 4.89 metros de largura X 4.85 metros de comprimento, com área total de 23,72 m^2 (Sala 921 – A)

Após esse primeiro levantamento *in loco*, tem-se os dados necessários para determinar o número mínimo de pontos para verificação do nível de iluminação e para realização do mesmo com erro inferior a 10%, deve-se determinar o Índice local (K) que indica o número mínimo de pontos a serem verificados a (2005, NBR 15215-4). Tal índice é calculado através da Equação 2, onde o número de pontos a serem medidos são estipulados pela tabela 5:

Tabela 05 – Índice de determinação de pontos.

K	Nº DE PONTOS
K<1	9
1≤ K ≤2	16
2≤ K ≤3	25
K ≥ 3	36

Fonte: NBR ISSO/CIE 8995 -1, 2013.

Definido a quantidade de pontos, pode-se dar início as medições levando em consideração os critérios estabelecidos nos itens abaixo:

1. Manter o sensor paralelo à superfície a ser avaliada, ou deixá-lo sobre a superfície cujos níveis de iluminação estão sendo medidos;
2. Atentar para o nivelamento da fotocélula quando ela não for mantida sobre a superfície de trabalho e sim na mão da pessoa que faz as medições, pois pequenas diferenças na posição podem acarretar grandes diferenças na medição;
3. Evitar sombras sobre a fotocélula, acarretada pela posição de pessoas em relação a ela, a não ser que seja necessário para a caracterização de um posto de trabalho;
4. Expor a fotocélula à luz aproximadamente cinco minutos antes da primeira leitura, evitando-se sua exposição a fontes luminosas muito intensas, como por exemplo, raios solares;
5. Realizar medições num plano horizontal a 75 cm do piso quando a altura da superfície de trabalho não é especificada ou conhecida.

Os resultados dos cálculos de quantidade de pontos estão dispostos na Tabela 6 e foi estipulado que as malhas de medições das salas seriam classificadas de acordo com sua simetria, portanto dividido em três grupos. Grupo I (Salas 902, 903, 904, 920 e 922), grupo II (Salas 905, 906, 907, 910, 911 e 912), grupo III (Salas 916, 917, 918, 919 e 920), e por fim, a sala 921-A.

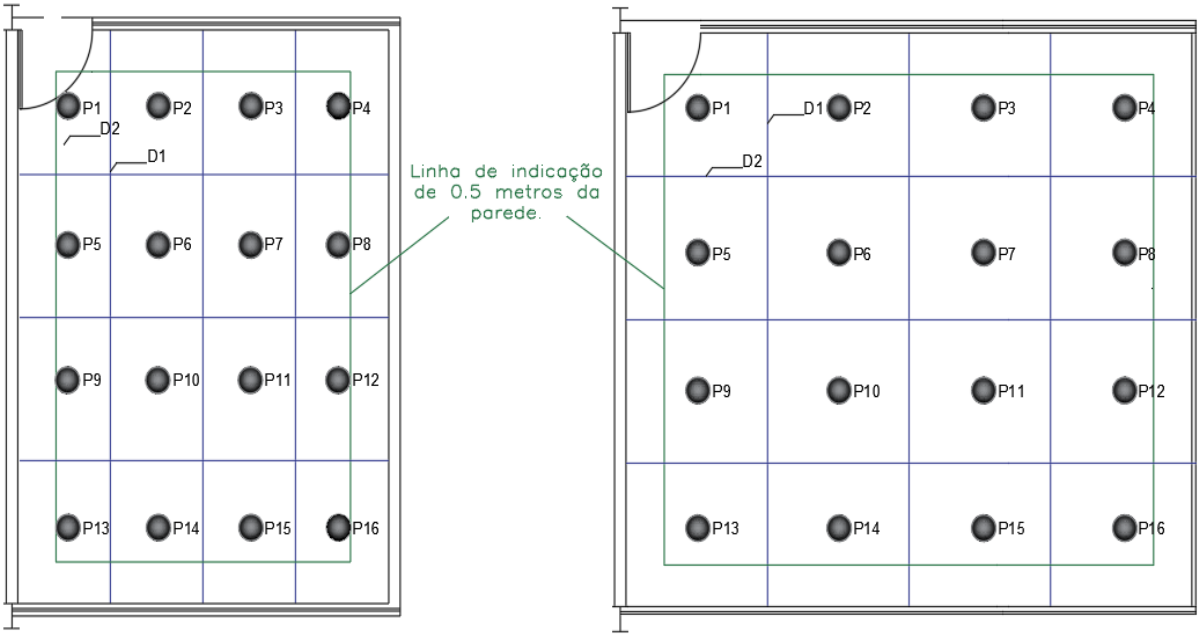
Tabela 6 – Tabela de resultados do índice K.

AMBIENTES	ÍNDICE K	MEDIÇÕES
GRUPO I	1.24	16 medições
GRUPO II	1.43	16 medições
GRUPO III	1.63	16 medições
921-A	0.97	9 medições

Fonte: Autoria própria, 2021.

As dimensões dos quadrantes das malhas, ficaram definidas de acordo com a área dos ambientes, para assim obter-se as condições mínimas para satisfazer, D1 o mais próximo possível de D2 dividindo-os em áreas iguais, ou o mais próximo de um quadrado, e o número mínimo de medições estipulados na tabela 06, a qual pode ser aumentada para preservar a simetria dos quadrantes. As figuras 18 e 19 representam sucessivamente as propostas das malhas das salas do grupo I, II, III e a sala 921-A. O ponto de medição fica no centro de cada quadrante, e recomenda-se que tais pontos fiquem com um afastamento mínimo de 0,50 metros das paredes (NBR 15215-4, 2005).

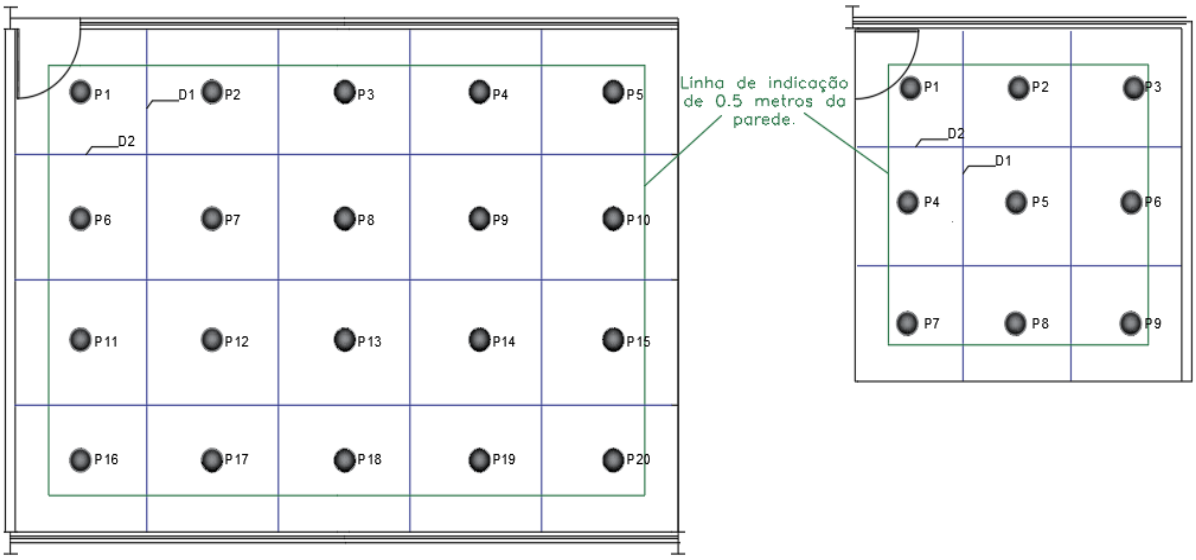
Figura 18 – Malhas de medição grupo I (Esquerda) e grupo II (Direita).



Fonte: Autoria própria, 2021.

Observa-se que os quadrantes dos grupos I e II (Figura 18), apresentam o mesmo número de pontos indicados no índice K, já calculado, assim como na sala 921-A (Figura 19, à direita). Já no grupo III (Figura 19, à esquerda) apesar de necessitar de apenas 16 pontos de medição, foram realizadas 20 aferições para manter a simetria.

Figura 19 - Malhas de medição grupo III (Esquerda) e sala 921-A (Direita).



Fonte: Autoria própria, 2021.

Para realização das aferições foi utilizado a altura das áreas de trabalho para cada ambiente, variando de 1,10 metros nos planos horizontais das bancadas dos laboratórios e 0,80 metros nas carteiras escolares. Os resultados encontrados foram estabelecidos utilizando os critérios proposto pela norma NBR 15215-4, 2005, os valores de luminância (Lux) e a média de cada ambiente estão dispostos nas tabelas 07 a 10:

Tabela 07 – Nível de luminância do grupo I.

GRUPO I					
Pontos	**Sala 902**	**Sala 903**	**Sala 904**	**Sala 920**	**Sala 922**
P1	236	337	250	380	102
P2	189	344	192	436	99
P3	210	310	240	424	90,9
P4	248	301	252	474	122
P5	287	354	270	480	127
P6	253	325	287	515	95,6
P7	302	338	279	630	148
P8	358	286	257	596	136
P9	298	315	234	600	157
P10	331	318	304	594	140
P11	347	366	311	416	138,8
P12	378	306	280	444	178

P13	362	363	244	414	149,7
P14	359	356	280	397	142,4
P15	344	347	170	524	126,3
P16	327	218	296	516	78,9
Média	301,81	324	259,12	488,27	126,97

Fonte: Autoria própria, 2021.

Tabela 08 – Nível de luminância do grupo II.

GRUPO II						
Pontos	**Sala 905**	**Sala 906**	**Sala 907**	**Sala 910**	**Sala 911**	**Sala 912**
P1	354	396	67	155	149	180
P2	446	410	138	148	144	176
P3	394	486	190	176	227	144
P4	430	449	136	159	260	151
P5	386	486	174	198	217	142
P6	501	452	187	201	191	154
P7	460	491	231	185	274	257
P8	548	487	249	209	236	170
P9	444	510	180	224	307	227
P10	529	479	156	198	277	254
P11	510	521	237	210	264	196
P12	515	536	209	204	283	232
P13	440	504	184	225	228	279
P14	420	517	250	177	126	176
P15	478	495	130	144	247	151
P16	340	408	83	157	139	208
Média	449,68	476,68	175,06	185,62	223,06	193,56

Fonte: Autoria própria, 2021.

Tabela 09 – Nível de luminância do grupo III.

GRUPO III					
Pontos	**Sala 916**	**Sala 917**	**Sala 918**	**Sala 919**	**Sala 921**
P1	287	280	317	349	352
P2	281	322	178	341	344
P3	332	436	476	446	460
P4	371	460	432	501	470
P5	425	362	389	475	544
P6	342	485	594	504	558
P7	479	380	481	464	555
P8	452	601	442	574	549

P9	532	614	444	557	539
P10	424	587	514	593	553
P11	556	522	551	626	559
P12	507	601	506	605	512
P13	504	580	539	612	540
P14	486	560	557	556	529
P15	450	509	516	557	461
P16	505	625	505	601	439
P17	464	576	459	583	472
P18	410	425	357	445	424
P19	458	416	400	416	437
P20	317	264	489	402	414
Média	429,10	480,25	457,30	510,35	485,55

Fonte: Autoria própria, 2021.

Tabela 10 – Nível de luminância sala 921-A.

Pontos	Sala 921 A
P1	337
P2	381
P3	487
P4	427
P5	421
P6	407
P7	369
P8	391
P9	386
Média	400,67

Fonte: Autoria própria, 2021.

De acordo com o item 28 da Tabela de planejamento dos ambientes (áreas), tarefas e atividades com a especificação da iluminância, da norma NBR ISSO/CIE 8995 -1:2013, às construções educacionais como sala de aulas noturnas, classes e educação de adultos, salas de aplicação e laboratórios, sala de ensino com computadores, recomenda-se um iluminamento médio de 500 lux.

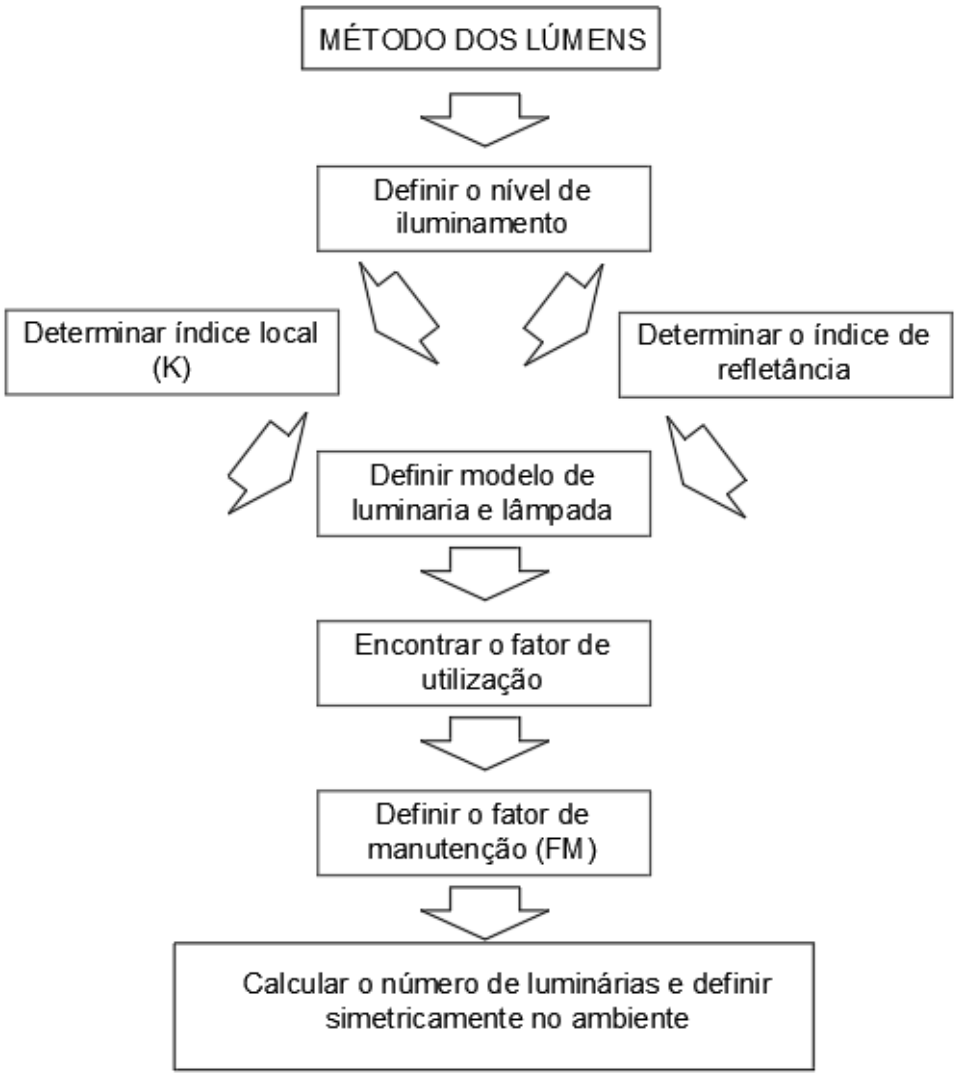
Entretanto, pode-se observar que os valores médios encontrados para cada ambiente estão em desconformidade com o estabelecido em norma, sendo que das 17 salas analisadas, apenas uma encontra-se dentro dos parâmetros aceitáveis para o trabalho realizado, sendo esta, a sala 919 – Laboratório de máquinas elétricas, com uma média de luminância de 510,35 lux

De modo geral o bloco 9-A tem os valores, apesar de mais baixos, ainda assim próximos do ideal. Não obstante, na contramão do aceitável, a sala 922 – Laboratório de manutenção e eletrônica, possui níveis de luminância extremamente baixos com apenas 126,975 lux.

5.1.3 Readequação luminotécnica

A readequação luminotécnica tem como base o método dos lúmens levando em consideração tudo o que foi fundamentado no item 4.2 deste trabalho, que na forma do diagrama de blocos é definido como mostra na Figura 20.

Figura 20 – Diagrama de blocos (Método dos lúmens).



Fonte: Acervo próprio, 2021.

Os blocos 9 e 9-A do IFTO, foram inspecionados através de aferições luminotécnica e constatou-se valores muito abaixo em relação aos recomendados pela NBR 15215-4, 2005, onde neste caso, estabelece um valor mínimo de 500 lux para os ambientes inspecionados. Devido a isso é recomendado uma readequação luminotécnica, que neste trabalho será feita através do método dos lúmens para que haja uma condição aceitável de iluminamento nos ambientes analisados.

A figura 23 demonstra todas as etapas para a realização do método de lúmens, sendo que a primeira etapa consiste em definir a luminância dos ambientes, definido no valor de 500 lux, para salas e laboratórios educacionais. Outro ponto é o cálculo do índice local (K), que já foi desenvolvido no item 5.1.2 para o procedimento de medição, os valores encontrados estão dispostos na Tabela 11.

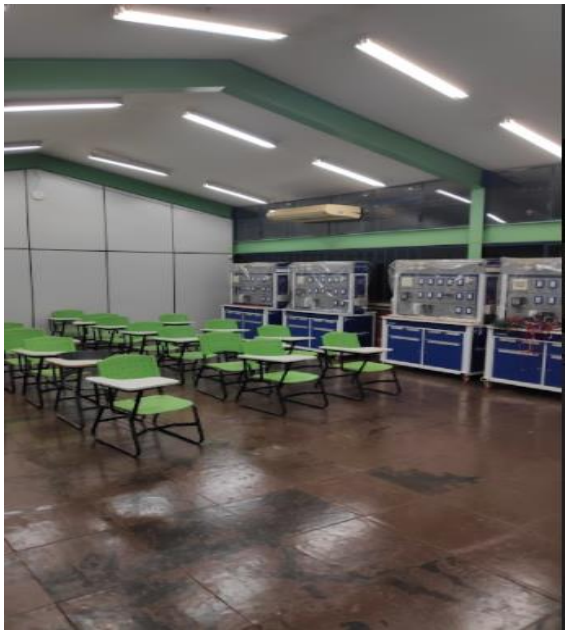
Tabela 11 – Índice K

AMBIENTE	ÍNDICE K
Grupo I	1.24
Grupo II	1.43
Grupo III	1.63
921-A	0.97

Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

Para determinar o índice de refletância foram inspecionados todos os ambientes do bloco, como possuem as mesmas características estruturais e arquitetônica, figura 21, diferenciando-se apenas em suas dimensões, os valores de reflexão do teto, parede e piso foram definidos segundo o índice de reflexão que apresenta o valor de reflexão de 70% (Fator 7) para o teto, destarte, por apresentar uma superfície plana e com a cor branca. Para as paredes foi estipulado um índice de 30% (Fator 3) devido a variação entre janelas, paredes escuras e brancas, o que representa um valor médio de refletância. E de apenas 10% (Fator 1) para os pisos por apresentarem uma superfície escura.

Figura 21 – Modelo das salas do bloco 9



Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

Seguindo a mesma ideia do que já é proporcionado nos ambientes do IFTO, para diminuir custos, tendo em vista que as luminárias em si estão em bom estado de conservação, as luminárias serão mantidas, ocorrendo a troca apenas das lâmpadas tubulares fluorescente para as tubulares de Led da Empalux, com 1.20 metros, 18 Watts, e 1850 lúmens. Diferente das lâmpadas tubulares fluorescente que necessitam de um reator eletrônico externo, as lâmpadas tubulares Led não têm essa dependência, o que diminui seu custo e final. Outras luminárias de Led também necessitam de um reator externo e seu custo final chega ao dobro de uma tubular. Como o resultado final de iluminação possui pouca interferência de uma para a outra, se manteve as tubulares Led.

Figura 22 – Lâmpada tubular Led



Fonte: PROCEL, 2019.

Após relacionar os valores de refletância com o índice K, e definir o modelo da lâmpada e luminária é possível avaliar o fator de utilização para o cálculo luminotécnico. Caso os valores do índice local K sejam iguais aos valores estipulados na Tabela 12, o resultado é instantâneo, entretanto caso os valores não estejam indicados é realizado uma interpolação para encontrar o fator de utilização.

Tabela 12 – Fator de utilização.

Índice do local K	**REFLETÂNCIA**								
	7 5 1	7 3 1	7 1 1	5 5 1	5 3 1	5 1 1	3 3 1	3 1 1	0 0 0
0,60	0,44	0,38	0,34	0,43	0,38	0,34	0,38	0,34	0,33
0,80	0,52	0,46	0,42	0,51	0,46	0,42	0,45	0,42	0,40
1,00	0,59	0,53	0,49	0,57	0,52	0,49	0,52	0,48	0,46
1,25	0,64	0,59	0,55	0,63	0,58	0,55	0,58	0,54	0,52
1,50	0,69	0,64	0,60	0,67	0,63	0,59	0,62	0,59	0,57
2,00	0,75	0,71	0,67	0,73	0,70	0,67	0,69	0,66	0,64
2,50	0,79	0,75	0,72	0,77	0,74	0,71	0,73	0,71	0,69
3,00	0,81	0,78	0,76	0,79	0,77	0,75	0,76	0,74	0,72
4,00	0,84	0,82	0,80	0,82	0,80	0,79	0,79	0,78	0,75
5,00	0,86	0,84	0,82	0,84	0,82	0,81	0,81	0,80	0,77

Fonte: PROCEL, 2019.

A interpolação dos valores pode ser feita utilizando a equação 6:

$$y = y_1 + \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} * (x - x_1) \quad (6)$$

Onde:

y = Valor do fator de utilização

y_1 = Valor inicial do fator de utilização

y_2 = Valor final do fator de utilização

x = Valor do índice de utilização (K)

x_1 = Valor inicial do índice de utilização (K)

x_2 = Valor final do índice de utilização (K)

Tabela 13 – Resultados da interpolação.

AMBIENTES	K	7 3 1
Grupo I	1.24	0.5876
Grupo II	1.43	0.626
Grupo III	1.63	0.6582
Sala 921-A	0.97	0.5195

Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

As condições de limpeza dos cômodos do bloco 9 e 9-A também é um fator que corrobora para o dimensionamento dos sistemas de iluminação, sendo inevitável considerar um fator de manutenção (FM) ou de perdas luminosas em função do tipo da ambiência e do trabalho desenvolvido, do tipo de luminária e da lâmpada utilizada, e da frequência de manutenção dos sistemas.

Esta orientação é necessária, pois devido ao tempo de uso, o fluxo luminoso da lâmpada diminui em razão do desgaste, provido pelo acúmulo de poeira na luminária, resultando em uma diminuição da iluminância. Para tal, o fator de perdas utilizado está dentro dos padrões normais, estabelecidos por uma manutenção de limpeza do ambiente constante, que não engloba as luminárias. Dessa forma o valor estabelecido pela Tabela 4 para todos os recintos têm o valor de 0.91 como média de fator de manutenção.

Como ressaltado anteriormente os índices de iluminância ideal para todos os ambientes de trabalhos educacionais dos blocos 9 e 9-A, consiste em um valor médio de 500 lux e para efeito de cálculo cada grupo de salas estabelece seus parâmetros de área (Bloco I, II, III e a sala 921-A), e de fluxo luminoso, porém valores de fator de manutenção, mantêm-se o mesmo para ambos. Dessa forma para encontrarmos a quantidade mínima de luminárias necessária, é utilizada a Equação 7 que já foi detalhada no item 4.2.1.

$$N = \frac{E_m * A}{n * \Phi_N * \mathrm{U} * \mathrm{FM} * \mathrm{FFL}} \tag{7}$$

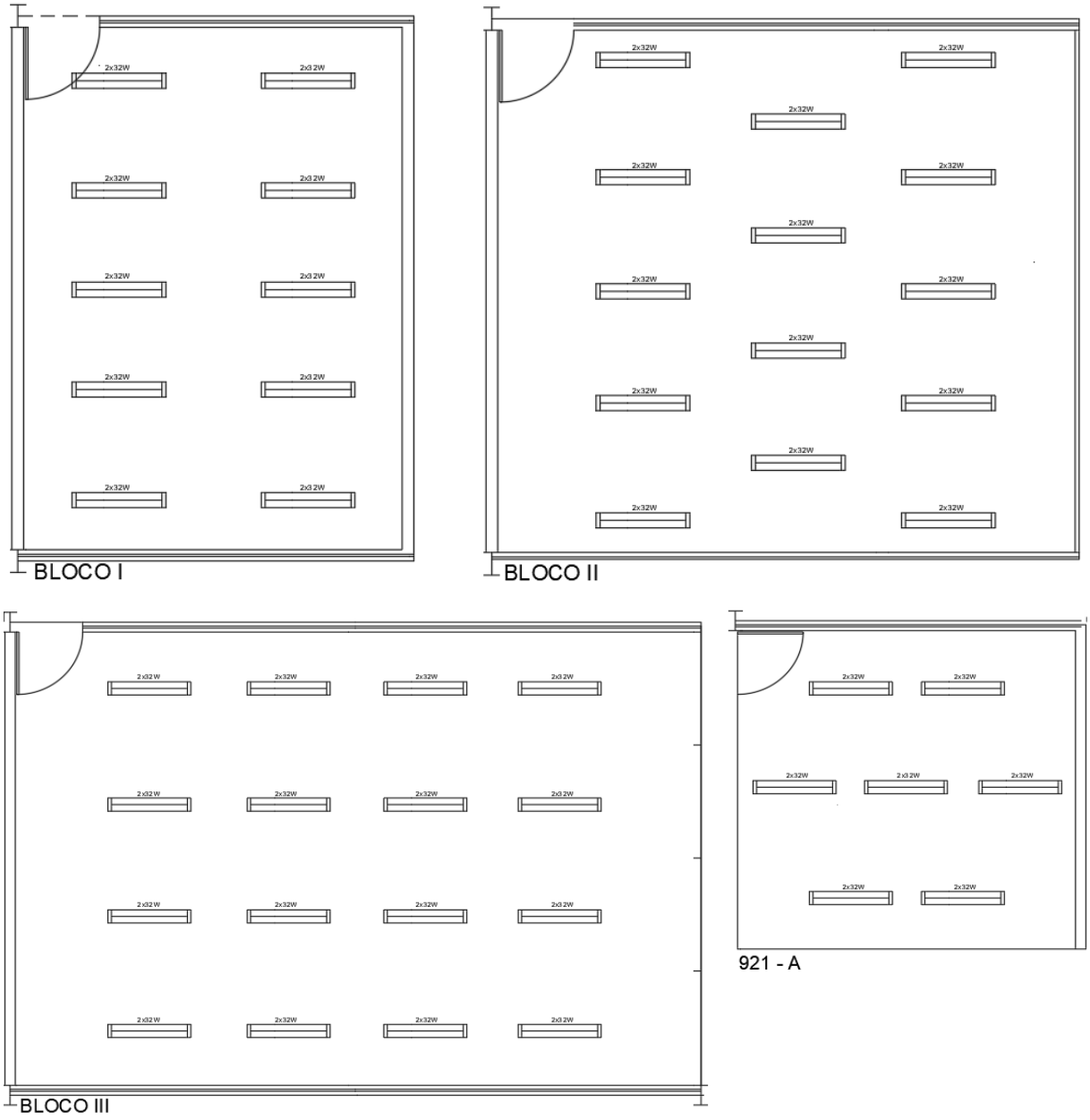
Tabela 14 – Quantidade de luminárias

AMBIENTES	N	QUANTIDADE
Grupo I	9.21	10 Luminárias
Grupo II	13.04	14 Luminárias
Grupo III	15.97	16 Luminárias
Sala 921-A	6.78	7 Luminárias

Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

Para atender os requisitos recomendados na norma relacionado a uma distribuição uniforme das luminárias, foram feitos os rearranjos que possibilitaram tal simetria como apresentado na Figura 23.

Figura 23 – Disposição das luminárias grupo I (Esquerda superior), grupo II (Direita superior), grupo III (Esquerda inferior) e sala 921-A (Direita inferior).



Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

De modo geral pode-se fazer uma análise de eficiência energética da iluminação do bloco, comparando as lâmpadas em uso nos ambientes com as que foram calculadas. Desta forma, apresentada na Tabela 15, tem-se uma análise

superficial da luminotécnica do bloco 9 e 9-A, tendo em vista a não possibilidade de verificar as características dos reatores, que contém informações mais precisas de eficiência. Entretanto, com as informações de potência pode-se fazer um estudo entre as lâmpadas atuais e as dimensionadas, o que a grosso modo já representa uma economia significativa. Após redimensionado há necessidade de mais 47 luminárias, levando em consideração que as luminárias já existentes podem ser utilizadas para as lâmpadas tubulares de Led resultando em um excedente de 94 lâmpadas em relação às já existentes. Portanto, nas atuais condições, tem-se um total de 174 luminárias e 348 lâmpadas tubulares fluorescente, consumindo uma potência total de 10.180 Watts, e após redimensionamento ficou atestado que para garantir os níveis de iluminância nos ambientes há necessidade de 221 luminárias e 442 lâmpadas tubulares Led com suas características já apresentadas e com potência total de 7956 Watts.

Apesar do acréscimo desses componentes há uma economia de energia de 2.2 KW, o que é satisfatório para o investimento, observando que uma lâmpada tubular Led tem vida útil duas vezes maior que a fluorescente.

Tabela 15 – Condições finais luminotécnica

	BLOCO 9			**BLOCO 9 - DIMENSIONADO**		
Salas	Qtd. Luminária	Pot. Lâmpada (2)	Iluminação Antiga (Watts)	Qtd. Luminária	Pot. Lâmpada (2)	Iluminação Nova (Watts)
Sala 902	8	64 W	512	10	36 W	360
Sala 903	8	64 W	512	10	36 W	360
Sala 904	8	18 W	144	10	36 W	360
Sala 905	8	36 W	288	14	36 W	504
Sala 906	8	64 W	512	14	36 W	504
Sala 907	8	64 W	512	14	36 W	504
Sala 910	8	18 W	144	14	36 W	504
Sala 911	8	64 W	514	14	36 W	504
Sala 912	8	64 W	514	14	36 W	504

Total	**72**	**-**	**3652**	**114**	**-**	**4104**
	BLOCO 9 – A			**BLOCO 9 - A DIMENSIONADO**		
Salas	Qtd. Luminária	Pot. Lâmpadas (2)	Iluminação Antiga (Watts)	Qtd. Luminária	Pot. Lâmpada (2)	Iluminação Nova (Watts)
Sala 916	16	64 W	1024	16	36	576
Sala 917	16	64 W	1024	16	36	576
Sala 918	16	64 W	1024	16	36	576
Sala 919	16	64 W	1024	16	36	576
Sala 920	8	64 W	512	10	36	360
Sala 921	16	64 W	1024	16	36	576
Sala 921 A	6	64 W	384	7	36	252
Sala 922	8	64 W	512	10	36	360
Total	**102**	_	**6528**	**107**	_	**3852**

	Total Luminárias	**Total Lâmpadas**	**Pot. Iluminação**
Atual	174	348	10180 W
Dimensionado	221	442	7856 W
Economia	47	94	- 2224 W

Fonte: Autoria do próprio autor, 2021.

5.2 INSTALAÇÃO ELÉTRICA

5.2.1 Deterioração dos condutores

O cobre, em contato com o ar atmosférico e exposto permanentemente, libera seus elétrons para o meio sofrendo um processo que denominamos de oxidação. Este processo cria uma coloração verde na superfície do material, que dificulta o contato do cobre com o componente condutor para a circulação da corrente elétrica.

O ciclo de maior desgaste do material ocorre quando há um acelerado desprendimento e deterioração de partículas oriundas da superfície do objeto, que

além de apresentar uma cor com o tom de vermelho, decai parte de sua face de contato, exibindo marcas e furos. O processo de corrosão acontece a partir do momento em que o metal está sobre a presença mútua de agentes oxidantes e redutores, dado que os mesmos estão presentes no ambiente, em especial o oxigênio, um dos principais agentes redutores.

$$2Cu(s) + O2(g) \rightarrow 2CuO(s) \quad (8)$$

$$Cu^{0} \rightarrow Cu^{+2} + 2e^{-} \quad (9)$$

Agente oxidante: Espécie que promove a oxidação/Se reduz **- O2**
Agente redutor: Espécie que promove a redução/Se oxida **– Cu**

A corrosão pode ser dividida em três tipos de processo: o eletroquímico, que é caracterizado pela existência de água; o químico, que, diferentemente do eletroquímico, não possui troca de elétrons adjunto à presença de água no qual a reação se dá por um agente químico presente no meio e, por conseguinte, o eletrolítico, que tem como característica a circulação de uma corrente elétrica na reação por meio da aplicação de uma tensão.

5.2.2 Análise de acordo com a norma ABNT NBR 5410:2004

5.2.2.1 Quadros de Distribuição.

Os quadros de distribuição dispostos pelos blocos 9 e 9-A, apresentam características inerentes ao ambiente como sujeira, envelhecimento e corpos presentes nos barramentos.

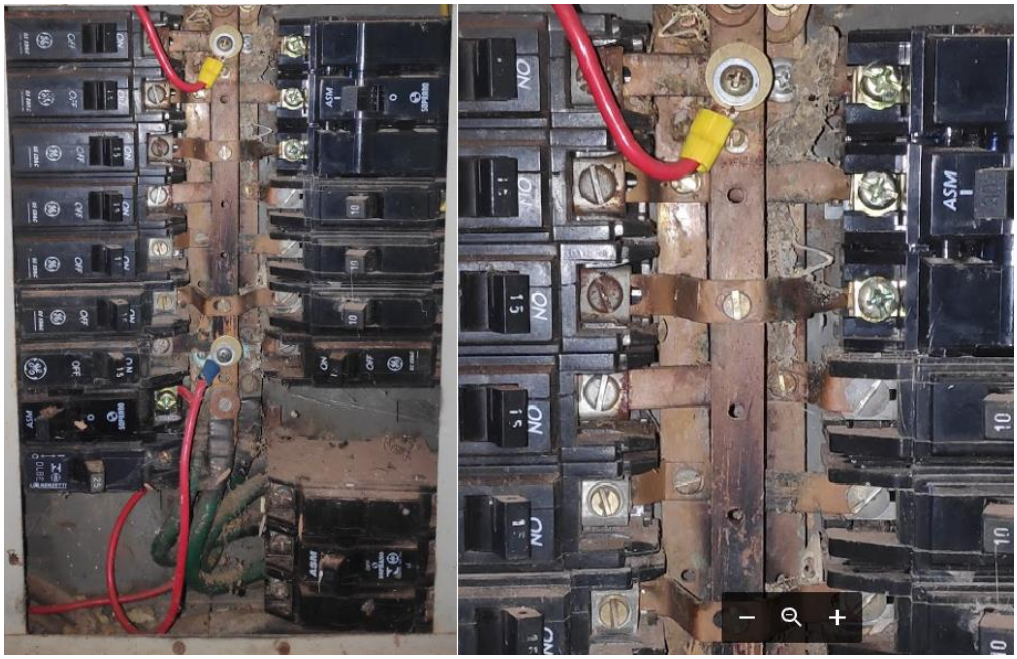
Figura 24 – Quadro principal de entrada Bloco 9.



Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

Conforme a Norma 5410:2004, item 8.3.2.1. Estrutura dos Quadros de Distribuição, a carcaça do quadro apresenta boa fixação e resistência mecânica, entretanto, os parafusos que dão sustentação para o mesmo estão enferrujados, o que indica o envelhecimento do material por oxidação. Referente à pintura da estrutura que acondiciona os elementos elétricos, nota-se um desgaste temporal com desprendimento da tintura que envolve o metal, tanto para proteção quanto para detalhes de acabamento estético conforme a Figura 24.

Figura 25 – Contatos e barramentos principais.



Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

Segundo o item 4.2.6.1.5 da NBR 5410:2014, que detalha a Presença de corpos sólidos, é classificado como desprezível quando não há uma quantidade expressiva de depósitos de poeira, podendo até existir, desde que, não interfira consideravelmente nos componentes elétricos. Observa-se que o quadro auxiliar principal de distribuição apresenta não só muita poeira, como também restos de um animal entre as derivações dos barramentos principais, de modo que seu corpo funcionou como um caminho alternativo para a passagem da corrente elétrica levando tanto o animal ao óbito, quanto a um possível curto-circuito entre as fases de entrada do quadro.

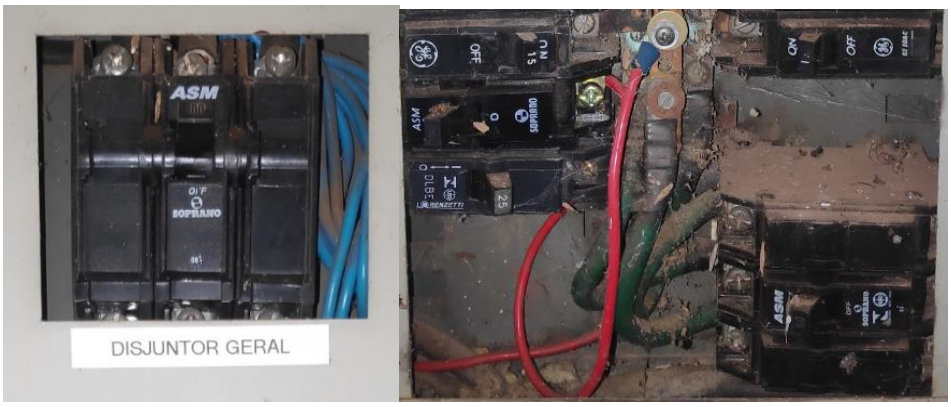
Figura 26 - Oxidação dos contatos e barramentos.



Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

A oxidação e o processo corrosivo presente nos barramentos cobreados, levando em conta a presença de manchas e mudança na coloração dos condutores metálicos, apresenta uma certa relevância quando tratamos das perdas elétricas ocasionadas por pontos quentes e mal contados. Inspecionando as fileiras de cobre que fazem conexão com os disjuntores monopolares e tripolares, é notório os desgastes por corrosão nos barramentos, destacando principalmente o conjunto de barras do disjuntor tripolar que tanto está sustentando a carcaça do animal presente no quadro, como demonstra em seus ramais de entrada fuligens, oxidação e deterioração por corrosão eletrolítica.

Figura 27 – Disjuntores e condutores.

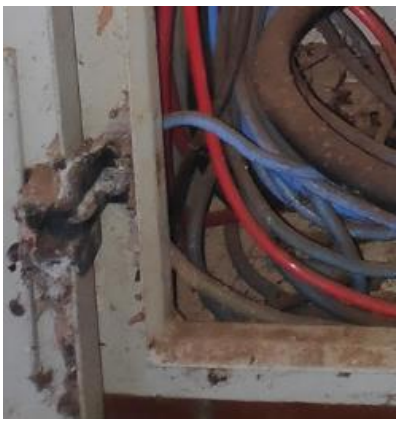


Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

De acordo com o item 6.1.5 Identificação dos componentes, presente na NBR 5410:2014, cada elemento deve ser identificado conforme sua função de operação, a fim de que não apresente confusão e perigo, tanto na manobra quanto na manutenção de cada componente, ao profissional qualificado. Devido a não identificação adequada em grande parte dos disjuntores dos blocos 9 e 9-A, foi realizado um levantamento de todos com as suas respectivas funções e dispostas nos Anexos A e B para uma futura readequação dos mesmos, haja vista que no item 6.1.5.4 Dispositivos de proteção da norma já mencionada, que recomenda que os dispositivos de proteção devem ser dispostos e identificados de forma que seja fácil reconhecer os respectivos circuitos protegidos.’

Ao analisar o item da norma pertinente à identificação dos dispositivos de proteção, em contraponto com os disjuntores do quadro de distribuição geral do Bloco 9, observa-se que apenas o disjuntor geral apresenta identificação de sua função de operação, os demais dispositivos de proteção não demonstram sinalização sobre quais circuitos estão designados para atuação.

Figura 28 – Quadro auxiliar de distribuição Bloco 9.

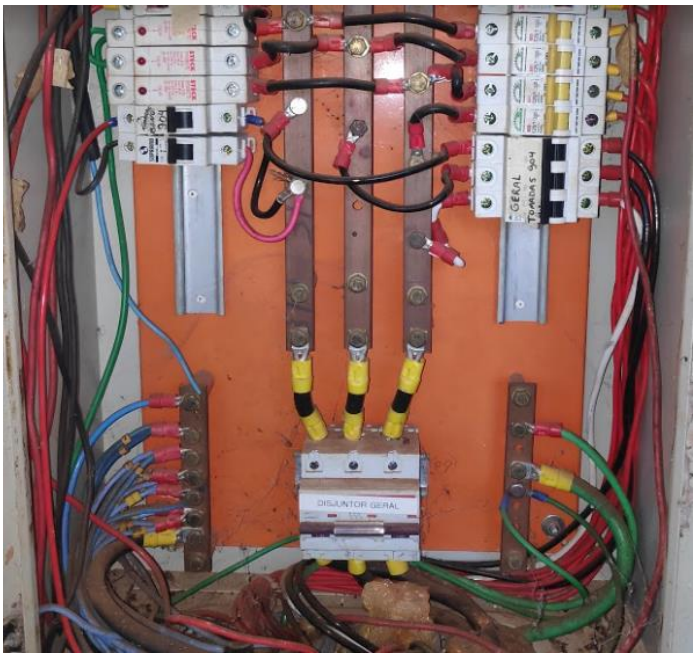


Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

O quadro auxiliar de distribuição é responsável por direcionar e difundir os circuitos de maneira individual, para que o profissional qualificado da área elétrica consiga averiguar e reconhecer a função de cada ramificação presente nos barramentos de distribuição. Consoante item 8.3.2.1 da norma de instalações elétricas de baixa tensão, referente aos elementos que deverão ser inspecionados no quadro, salienta-se o apodrecimento da pintura de sua estrutura externa, a qual é responsável por garantir um retardo no processo corrosivo e no envelhecimento de sua carcaça,

na medida em que, possa ocorrer um dano maior em todo o conjunto que comprometa o funcionamento da armação.

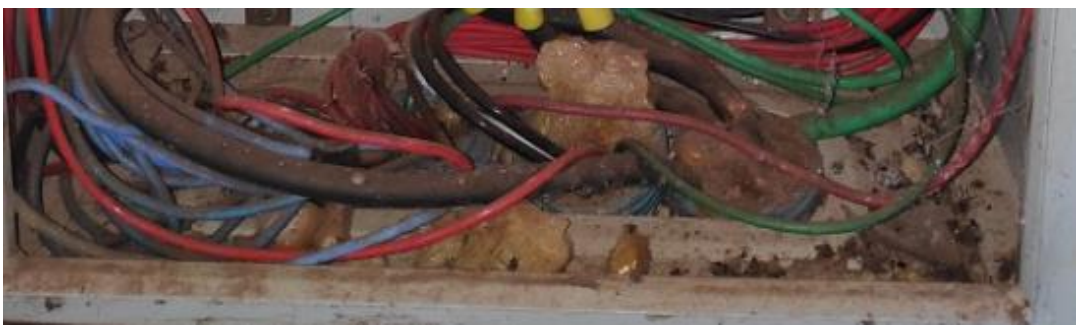
Figura 29 – Disjuntores, DPS, barramentos e condutores.



Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

A identificação dos condutores e dispositivos de proteção vigente no item 6.1.5, a norma 5410:2004 estabelece que os condutores neutros e alguns disjuntores apresentem indicação da função de cada elemento, entretanto, certos condutores de proteção (terra), DPS (Dispositivo de Proteção Contra Surtos) e disjuntores monopolares e tripolares não estão identificados corretamente, dessa forma, quando os mesmos demonstrarem falhas de natureza elétrica, poderá dificultar a resolução do problema.

Figura 30 – Acúmulo de dejetos no interior do quadro.



Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

O maior desacordo encontrado se dá conforme o item 4.2.6.1.5 Presença de corpos sólidos da NBR 5410, visto que, o quadro apresenta muita poeira e dejetos com características esponjosas de origem desconhecida. Como não se sabe a natureza desses corpos entre os componentes do arranjo elétrico, o ideal é que sejam removidos, a fim de que não ocorra nenhum ponto de curto entre os condutores dos circuitos.

O ramal principal de entrada da alimentação de todo o Bloco 9 está localizado na parte conhecida como Bloco 9A. Portanto, como este quadro é o ponto inicial de entrada para as cargas e ramificações, os condutores e disjuntores apresentam não só maiores valores de seções dos cabos, mas ainda elevados valores de manobra admissíveis de corrente.

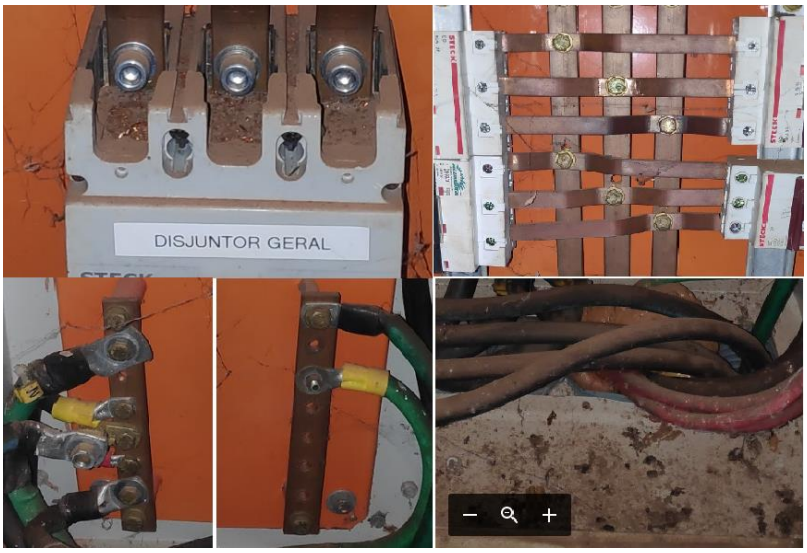
Figura 31 – Disjuntor geral do bloco e barramentos de neutro e proteção.



Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

A norma prevê que os condutores devam ser identificados conforme a sua função em cada circuito, de modo que caso um cabo esteja identificado como neutro, terra ou fase, o mesmo execute sua real finalidade proposta. Neste contexto, o quadro principal de entrada não possui identificação em seus condutores, destacando os cabos conectados no barramento de neutro, que além de apresentar uma seção nominal (“bitola” do condutor) de espessura elevada, o que indica alto valor de corrente passante pelos filamentos, também dispõem de uma coloração verde e preta de seus isolamentos em PVC, dado que normalmente são cores normativas e padronizadas para indicar condutores de proteção e fase, respectivamente.

Figura 32 - Acúmulo de corpos sólidos e estado de conservação dos contatos e condutores.



Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

Em geral, o quadro apresenta boa conservação de seus barramentos de força principal, neutro e BEP (barramentos de equipotencialização principal), durável fixação e resistência mecânica em sua carcaça referente e um pequeno acumulo de corpos sólidos em seu interior e nos contatos dos circuitos com os dispositivos de proteção e manobra. O que neste caso, é considerado desprezível segundo consta na NBR 5410 no item 4.2.6.1.5 a respeito da presença de corpos sólidos.

Figura 33 – Condutores de neutro e proteção.



Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

As maiores desconformidades no quadro de distribuição da Figura 33 que é responsável pela alimentação distribuída dos laboratórios, condiz com item 6.1.5.3 que trata da identificação por cor dos condutores conforme a sua função, uma vez

que, no barramento de neutro e proteção, temos condutores de cores não padronizadas e normativas, que no caso dos condutores neutros foi adotado na isolação o tom preto ao invés do azul-claro e os condutores de proteção ou terra, adotou-se novamente o tom de preto ao contrário de verde ou verde-amarelo previsto na norma.

A não sinalização correta dos cabos acarreta na possibilidade de ocorrer um acidente elétrico, posto que, mesmo o profissional possuindo qualificação para executar manobras e manutenção nos componentes, o risco de uma eventual causalidade elétrica é iminente enquanto se desconhece a origem do condutor.

5.2.2.2 Tomadas.

Arquitetonicamente, as salas com laboratórios dos Blocos 9 e 9A apresentam semelhanças consideráveis, diferenciando apenas em suas dimensões, o que tornam a análise dos conceitos normativos mais precisa e objetiva.

Os laboratórios são dispostos de várias tomadas de uso geral, tendo em vista que o foco das salas é o aprendizado prático e necessitam de certos pontos de carga para a utilização de equipamentos de simulação e ensino. A maioria das salas receberam o dimensionamento mínimo de tomadas prevista na NBR 5410, em que, de acordo com o item 9.5.2.2.1, deve-se atender um ponto de tomada para área do cômodo inferior a 6m^2, e caso superior, atender um ponto de tomada a cada 5m com espaçamentos entre si o mais uniforme possível.

Figura 34 – Tomadas de uso geral da sala 904.



Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

Em algumas salas como a 903, 904, 910, 916, 918 e 921 tem mais de um ponto de tomada inferiormente a distância normativa de 5m. É notório a necessidade de mais de um ponto de carga na mesma parede, porquanto como as salas possuem bancadas para o ensino prático, eventualmente, à carência de conexão de vários equipamentos didáticos. Neste caso, as tomadas mencionadas estão presentes nos mesmos circuitos e com tensões máximas de 220V, ou seja, não são tomadas de uso específico (aquelas que necessitam de circuitos individuais) ou industrial com fornecimento de tensão superior à 220V.

No Brasil é adotado segundo a norma NBR14136, que as tomadas devem seguir um padrão de plugues únicos, em razão de que, antigamente, os encaixes dos pinos condutores mudavam conforme o país de origem do aparelho elétrico. Com isso a norma acaba com os outros padrões de tomadas, sendo acatado apenas os padrões de 10A e 20A com o pino terra passando a ser obrigatório em tomadas embutidas na parede.

Observando as salas 903, 910, 912 e 918 constatam-se que as tomadas das mesmas apresentam padrões de plugues já descontinuados pela norma, por isso analisando através de uma inspeção visual, nota-se que os ambientes trazem modelos de tomadas australianas e universais.

Figura 35 – Modelos de tomadas das salas 910 e 912.

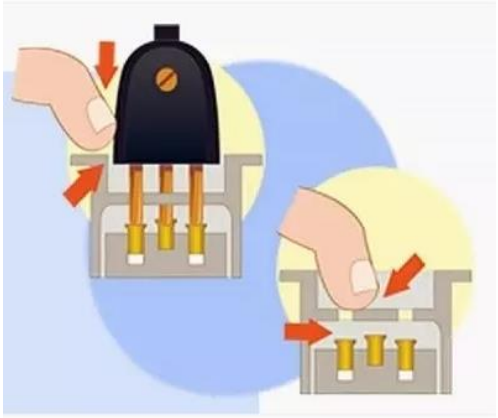


Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

O padrão brasileiro visa a proteção contra possíveis choques elétricos, levando em consideração que o modelo apresenta em sua estrutura física um aprofundamento dos contatos em relação à superfície da tomada. Isso é importante pois inibe um desleixo que causaria a conexão dos dedos de uma pessoa com os

pinos internos dos condutores, o que é cabível de ocorrer, com os modelos anteriormente incorporados, como os presentes nas salas mencionadas.

Figura 36 – Ilustração do sistema de proteção estrutural do modelo brasileiro.



Fonte: Disponível em < https://www.mundodaeletrica.com.br/padrao-de-plugues-tomadas-nbr14136>

A sala 912 não só apresenta modelos de plugues que não vigoram mais segundo a norma 14136, mas também possui aparelhos ligados às tomadas através de benjamins, popularmente conhecidos como “Ts”. Nessa conjuntura, é de conhecimento empírico e temporal, que o uso de Ts e adaptadores de tomadas podem causar acidentes com choques elétricos e até mesmo incêndios, já que ao conectar mais de uma carga em um ponto de tomada, no qual este foi dimensionado para uma demanda “X” de potência, poderá ocorrer uma sobrecarga nos condutores pelo aumento exacerbado da corrente nominal que acarretaria no aquecimento das tomadas e dos Ts, gerando assim, um possível início de incêndio.

Figura 37 – Tomadas com “Ts” ou “benjamins” acoplados.



Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

Devido às salas serem ambientes de estudo prático, é relevante policiar para evitar o uso desses adaptadores, porque em alguns laboratórios apresentam máquinas que demandam valores elevados de corrente e tensão, que podem gerar um certo risco se não utilizar o ponto de carga com seus valores nominais.

As tomadas de uso específico presente nos laboratórios, em sua maior parte, são compostas por tomadas industriais que atendem tensões superiores à 220V entre fases. Os pontos de carga dos aparelhos de ar condicionado estão embutidos na própria alvenaria, melhor dizendo, os condutores estão conectados diretamente nos eletrodutos, o qual não necessitam de seccionamento com plugues de tomadas padronizadas previsto na norma NBR 14136.

Figura 38 – Tomadas de uso específico com diferentes tensões de fornecimento das salas 903 e 910.



Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

.

O uso industrial de tomadas com tensões diferentes está tanto vigente na norma NBR 5410, quanto nas normas adaptadas NBR IEC 60309 e NBR IEC 60529. Nas salas 903 Laboratório de Montagem de Circuitos de Comandos Elétricos e 910 Laboratório de Processos de Fabricação, constatam-se a não identificação das tomadas que fornecem tensões trifásicas para alimentação dos motores elétricos, embora antevisto que segundo a norma NBR 5410 item 6.5.3.2, os circuitos de tomadas que apresentam diferentes tensões de fornecimento devem ser previamente identificados com marcações fixas nas capas das tomadas com placas ou adesivos de difícil remoção.

As salas laboratoriais 904, 917 e 921 com bancadas que apresentam padrões de tomadas diferentes dos modelos referidos a norma NBR 14136 são asseguradas pelas normas adaptadas da Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC)

NBR IEC 60309 e 60529. Neste âmbito, as salas apresentam suas tomadas dentro das normativas, tanto os graus de proteção: IP44 que diz respeito à proteção de pequenos corpos sólidos e contra água, IP67 relacionado à proteção total contra poeiras e contra os efeitos da imersão intempérie na água, como as marcações fixadas por coloração sobre qual tensão de fornecimento está presente naquele circuito. Em concordância com a norma NBR IEC 60309-1:2015, é expressa em forma de tabela o código de cores em relação à tensão nominal de fornecimento.

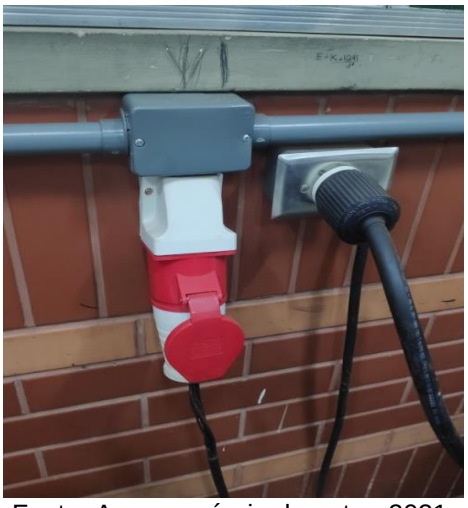
Tabela 16 – Código de cores conforme a tensão nominal de fornecimento.

Tensão Nominal de Fornecimento (V)	Cor
20 a 25	Violeta
40a 50	Branca
100 a 130	Amarela
200 a 250	Azul
380 a 480	Vermelha
500 a 1000	Preta

Fonte: NBR IEC 60309-1, 2015.

Ao analisar a tabela percebe-se que os laboratórios que necessitam de uma tensão industrial, plugues e tomadas previstos na NBR IEC 60309-1:2015 estão de acordo com a recomendação prognosticada, em exemplo, a sala 904 Laboratório de Transmissão de Energia Elétrica que tem em suas tomadas de uso específico a tensão nominal de fornecimento de 380 a 480V indicada pela cor vermelha em seus invólucros.

Figura 39 - Tomadas industriais.



Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

5.2.2.3 Dispositivos de Proteção e Manobra (Disjuntores)

Os dispositivos de proteção, mais precisamente os disjuntores, ficou totalmente impossibilitado de averiguação e análise por conta da pandemia causada pelo COVID-19, visto que o Bloco 9 deveria estar funcionando em plena carga para obtenção correta e mais precisa dos resultados, o qual levaria ao desenvolvimento de cálculos e verificação da atuação dos dispositivos em tempo real. Com o acesso restrito e limitado às ferramentas necessárias para análise quantitativas, todo o processo de pesquisa se deu por meio de inspeção visual, objetivando verificar desacordos muito evidentes.

Nem todas as salas laboratoriais possuem quadros de disjuntores internos com os aparelhos conectados aos dispositivos de proteção, destacando os aparelhos de ar condicionado, que estão com seus circuitos acoplados a disjuntores presentes em quadros gerais externos, os quais em sua maioria não apresentam identificação a respeito da função de qual circuito é dedicado. Este quadro interno se faz necessário segundo os critérios de divisão dos circuitos, que prevê a minimização de falhas, seccionamento adequado dos ambientes, segurança e paralisação de alimentação dos componentes.

Figura 40 – Quadro de distribuição do laboratório 912.



Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

Inspecionando a sala 912, identifica-se que o quadro interno de distribuição está aberto com disjuntores e bornes de conexão expostos, no qual encontram-se desimpedidos de provocar um acidente com choque elétrico pela exteriorização das partes vivas que estão acopladas aos componentes. Esse apontamento é interessante a partir do contraponto com a norma NBR 5410, a qual dispõe sobres os disjuntores, que devem estar fixados no interior dos quadros com grau de proteção em seus invólucros que impossibilite o contato com as partes condutoras previamente energizadas.

O DR é um dispositivo que identifica uma falha e protege as pessoas contra choques elétricos, desarmando o circuito energizado, através da percepção de uma mínima corrente circulante. Como a pandemia inviabilizou um estudo prático, a recomendação é que todas as salas de laboratório possuam um dispositivo diferencial residual, visto que choques elétricos provocados por correntes elétricas acima de 30 mA são prejudiciais à saúde.

Figura 41 – Quadro interno da sala 903 apenas com disjuntores.



Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

Conforme à norma no item 5.1.3.2.2 referente ao uso obrigatório do DR como dispositivo de proteção adicional, distingue-se que as salas 903, 904 e 916 não possuem interruptor diferencial (DR), o que pode ser um risco de um possível acidente

elétrico, pois salas como a 903 Laboratório de Montagem de Circuitos de Comandos Elétricos, dispõe de motores que solicitam correntes de partida de valores elevados que porventura se algum condutor desprender e encostar em uma parte metálica, poderá energizar tal região, no qual se não tiver o DR para perceber essa falha, será capaz de causar um choque elétrico.

5.2.2.4 Dispositivos de Proteção Contra Surtos (DPS)

O Tocantins é um dos estados com os maiores índices ceráunicos do país, de modo que o uso do DPS para a proteção dos dispositivos elétricos acaba se tornando fundamental na instalação elétrica. Em conformidade com o item 5.4.2.1, percebe-se a necessidade da utilização do DPS para proteção dos maquinários nos laboratórios por causa da quantidade expressiva de trovoadas na região.

Apenas a sala 916 que é a sala do Laboratório de Informática apresenta dispositivos de proteção contra surtos, logo por ser um ambiente com computadores que são sensíveis a variação de tensão, acabam precisando de uma proteção adicional mais melindrosa. Posto isto, é recomendado a utilização de DPS não só a salas com computadores, mas ainda nas salas que possuem aparelhos sensíveis a alteração repentina de tensão, como o Laboratório de Desenvolvimento de Projetos Eletroeletrônicos (sala 920) e o Laboratório de Processos de Fabricação (sala 910).

Figura 42 – DPS no quadro interno da sala 916.



Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

5.2.2.5 Sistema de Climatização

Os Ares-condicionados das salas de laboratório são responsáveis por auxiliar no conforto para um melhor ensino prático das matérias. Assim, a continuidade e estabilidade se faz necessário tanto para comodidade como para o equilíbrio do sistema elétrico predial.

A pandemia prejudicou o processo de medição da real potência consumida pelos ares, porém o que foi observado pelos alunos e professores que frequentam os laboratórios, é que os sistemas de climatização apresentam falhas que desarmam os disjuntores que asseguram a proteção dos mesmos. Notou-se também, a presença de aparelhos de climatização que possuem categoria de eficiência energética classificação D junto com classificação A.

O selo de classificação energética é fornecido pelo INMETRO, que classifica de A até G o índice de consumo de potência por eficiência, variando do mais eficiente ao menos eficiente, respectivamente. Como há ares-condicionados antigos de categoria D instalados nas salas 916 e 919, é verificável um subdimensionamento por parte desses circuitos, tendo em vista que o consumo de potência desses aparelhos é elevado e acabam sobrecarregando o sistema e desarmando os disjuntores.

Figura 43 – Sistema de climatização sala 916



Fonte: Acervo próprio do autor, 2021.

5.2.2.6 Aterramento

O sistemas de aterramento elétrico presente no bloco 9 e 9-A do IFTO consiste em um tipo de aterramento que proporciona maior qualidade e eficácia, haja vista que utiliza a própria estrutura metálica do bloco como hastes além das hastes específicas de fato, dessa forma, este tipo de aterramento elétrico é uma das maneiras de interferirmos na eletricidade de forma segura, com o intuito de proteger e garantir um bom funcionamento da instalação elétrica e principalmente proteger os usuários com os dispositivos de proteção.

O aterramento elétrico, significa colocar instalações e equipamentos no mesmo potencial, de modo que a diferença de potencial entre a terra e o equipamento seja zero. O mesmo é realizado para que, nos momentos em que operar máquinas e equipamentos elétricos, como as utilizadas nos laboratórios dos blocos, e ao realizar uma manutenção, o operador ou profissional da área não se submeta às descargas elétricas destes equipamentos, seja por corrente de fuga, que está indo para a massa ou por descarga eletrostática. Dessa forma, ao andar pelos corredores dos blocos 9 e 9-A, pode ser notada cordoalhas ligando a estrutura metálica do bloco a hastes de aterramento ao seu entorno o que garante um melhor aterramento e porventura atuação mais segura dos equipamentos de proteção.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A forma ortodoxa de vida que se vigorava durante décadas sofreu um forte impacto denominado pandemia da COVID-19, apesar de não ter nenhuma relação direta com a área de engenharia elétrica ou com este trabalho, foi responsável por uma mudança brusca nos métodos de coletas de dados adotados, o que comprometeu significativamente uma busca mais detalhada de informações para enriquecer os assuntos abordados, tendo em vista o lockdowm, diminuição do contingente técnico do IFTO e o home office, que culminaram numa restrição de acesso ao IFTO.

O redimensionamento realizado no bloco 9 e 9-A foi caracterizado pela análise fundamentada na inspeção visual e medições de fluxo luminoso que evidencia uma característica importante da nossa sociedade que é o descuido na análise de estruturas antigas, com foco nas instalações elétricas e luminância que passam frequentemente por modernizações e mudanças nos ambientes.

A reformulação luminotécnica, item 5.1.3 deste trabalho, apresentou resultados interessantes, que a priori, causa um certo espanto pela necessidade do aumento da quantidade de luminárias já existentes e consequentemente o aumento de lâmpadas, entretanto esse acréscimo não condiz com um crescimento do consumo de energia, e sim, uma economia de 2.2Kw, ou seja, na atual conjuntura dos ambientes analisados do bloco 9 e 9-A, mesmo com o número de luminárias e lâmpadas inferior ao calculado o consumo de energia é maior e ainda não garante a iluminação mínima estipulado em norma por ambiente.

A análise da instalação elétrica ficou comprometida por não ter sido possível realizar a medição de corrente a pleno funcionamento do bloco devido às medidas de restrições adotadas pelo IFTO, porém uma inspeção visual foi realizada e constado situações alheias às normas. Problemas importantes como a falta de identificação, excesso de sujeiras nos quadros, oxidação de cabos e até carcaças de animais nos barramentos devem ser sanados. Por fim, o sistema de aterramento que é fundamental para os sistemas de proteção demonstrou uma qualidade significativa, considerando a conexão na própria estrutura do bloco.

O desenvolvimento de novas ferramentas para auxiliar em projetos como este são de suma importância para o aprendizado e eficiência dos métodos aplicados,

sendo que a possibilidade de conhecê-las garantem uma melhor performance do usuário e uma gama de habilidades essenciais para a profissão e carreira.

7. REFERÊNCIA

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5410:2004 – Instalações Elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, RJ. 2004.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15749: **Medição de Resistência de aterramento e potenciais na superfície do solo**. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT NBR IEC 60529 - **Graus de proteção providos por invólucros** (Códigos IP), Rio de Janeiro, 2017.

ABNT NBR IEC 60309-1 - **Plugues e tomadas para uso industrial. Parte 1: Requisitos gerais**, Rio de Janeiro, 2015.

ABNT. **NBR ISO/CIE 8995-1 – Iluminação em Ambientes de Trabalho**. Rio de Janeiro, 2013.

ARAUJO, Danilo Neves. **Medições de resistência de aterramento**. São Luís: Especialize, 2019. Disponível em <https://ipog.edu.br/wp-content/uploads/2020/12/danilo-neves-de-araujo-911573.pd > Acesso em: 14 de novembro de 2020.

Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade – ABRACOPEL, Disponível em: < http://www.abracopel.org.br>, acesso em 12 de outubro de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISSO/CIE 8995-1 – Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1**: Interior. Rio de Janeiro. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5413 - Iluminância**

Autocad (2019). https://www.autodesk.pt/products **Sofware de desenho assistido por computador**, versão Autocad 2019, Brasil.

CÂMARA, Andrew Augusto Santos da. **Projeto de instalações elétricas em baixa tensão**. Disponível em: < monografia.ufrn.br/jspui/handle/123456789/4178>. Acesso em 26 de setembro 2019

CAPELLI, Alexandre**. Instalações Elétricas - Residenciais e Comerciais.** Rio de Janeiro: Antenna. 2005.

CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações Elétricas Prediais: Conforme Norma NBR 5410:2004**. 21 edição. São Paulo: Érica, 2011

COTRIM, A. A. M. B. **Instalações Elétricas**. 5ª. ed. São Paulo: Pearson, v. I, 2012.

CREDER, Hélio**. Instalações Elétricas**, 2007, 15ª edição. Ed. LTC, Rio de Janeiro – RJ.

DURÁN, J.H.R. **Biofísica fundamentos e aplicações.** São Paulo: Pretice Hall. 2003.

DialuxEvo (2017). https://www.dial.de/en/home/ **Software para cálculo e análise Luminotécnica**, Versão DialuxExo 7, Brasil.

FINOCCHIO, M. A. F. **Engenharia de Iluminação: Luminotécnica e lâmpadas elétricas**. Disponível em <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/mafinocchio/disciplinas-da-graduacao/engenharia-de iluminacao/APOSTILAENGENHARIADEILUMINA.pdf/a>. Acesso em: 06 de outubro 2020.

GARCIA, C. H. F. P. CESP — **Aterramento dos Sistemas de Distribuição (Medições, Projetos e Cálculos)**, Centro de Treinamento de Ilha Solteira, 1990.

KINDERMANN, G.; CAMPAGNOLO, J. M; **Aterramento Elétrico**. 5. Ed., Edição do Autor, Florianópolis, SC, 2002.

LOTURCO, Bruno. **Iluminação Inclusiva**. Revista Lumière – nº 75. São Paulo, 2004.

MAIA, A.C.B, VILLAR, P.R, OLIVEIRA, T.D. **Manual de Iluminação** PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, Disponível em: < https://docplayer.com.br/15219631-Manual-de-iluminacao.html> Acesso em: 21 outubro de 2020

MAMEDE FILHO, J.; MAMEDE, D. R. **Proteção de Sistemas elétricos de Potência**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. I, 2014.

MARIÑO, Suzi. **Iluminação em sala de aula: aspectos ergonômicos**. In: Moraes, Anamaria de; VELLOSO, Francisco José Leal. Informatização, Automação: Sistemas, Produtos e Programas. Anais do 2º Encontro Carioca de Ergonomia, Rio de Janeiro, Clube de Engenharia. Rio de Janeiro, 1994.

MINIPA, **Luxímetro.** Disponível em:< www.minipa.com.br > Visualizado em 21/04/2021.

MOREIRA, Vinicius de Araujo. **Iluminação Elétrica**, 1999, 1ª edição. Ed. Edgard Blucher LTDA, São Paulo – SP.

NISKIER, Julio; A. J. MACINTYRE. **Instalações Elétricas**, 1992, 2ª edição. Ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro – RJ.

NR-10/2004: Norma Regulamentadora 10. **Segurança em Instalações e Serviços em eletricidade**. Ministro de Estado do Trabalho e Emprego.

PHILIPS. **Conceito de iluminação**. Disponível em: < www.lighting.philips.com.br >, visualizado 25/06/2013.

QUEIROZ, M.T.A., SILVA, C.A., SOUZA, R. E., SIMÃO, E. M.D. **Estudo de caso: Impacto da implantação do programa de conservação auditiva na saúde do**

trabalhador e na produtividade da empresa, artigo publicado nos anais do V Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia (SEGET), promovido pela Associação Educacional Dom Bosco (AEDB), Instituição de Ensino Superior do Sul-Fluminense, Rezende, RJ, 2007

REGIS FILHO, G. I.; SELL, Ingeborg. **Síndrome da Má-Adaptação ao Trabalho em Turnos - Uma Abordagem Ergonômica**. Itajaí/SC: Editora da Universidade do Vale do Itajaí, 2000. 132 p.

VISACRO FILHO, Silvério. **Aterramentos Elétricos: Conceitos Básicos, técnicas de medição e instrumentação, filosofias de aterramento**. São Paulo: Artliber Editora, 2002.

8. ANEXOS

Anexo A – Relação dos disjuntores BLOCO 9.

Circuito	Equipamento	Corrente nominal	Descrição
Quadro Geral Blocos 9 e 9A			
Circuito 1	Disjuntor Trifásico	80 A	Disjuntor Geral Iluminação e Tomadas Bloco 9A
Circuito 2	Disjuntor Trifásico	100A	Disjuntor Geral Ar Condicionados Bloco 9
Circuito 3	Disjuntor Trifásico	100A	Disjuntor Geral Ar Condicionados Bloco 9A
Circuito 4	Disjuntor Trifásico	50A	Disjuntor Geral Iluminação e Tomadas Bloco 9
Circuito 5	Disjuntor Trifásico	100A	Disjuntor Geral Blocos 9 e 9A
Quadro Geral Bloco 9			
Circuito 1	Disjuntor Monofásico	15A	*indefinido*
Circuito 2	Disjuntor Monofásico	15A	Tomadas laterais Sala 907
			Tomadas Sala 908
			Tomadas Sala 909
			Iluminação Sala 910
			Tomadas embutidas na alvenaria Sala 911
			Iluminação Sala 912
			Tomadas embutidas na alvenaria Sala 912
Circuito 3	Disjuntor Monofásico	15A	Iluminação Sala 907
Circuito 4	Disjuntor Monofásico	15A	Iluminação Sala 903
			Iluminação Sala 906
			Iluminação Sala 911
Circuito 5	Disjuntor Monofásico	15A	Iluminação Sala 904
			Iluminação Sala 908
			Iluminação Sala 909
Circuito 6	Disjuntor Monofásico	15A	Iluminação Sala 905
Circuito 7	Disjuntor Monofásico	15A	Tomadas Sala 901
			Tomadas Sala 906
			Tomadas da frente Sala 907
			Tomadas Sala 902
Circuito 8	Disjuntor Monofásico	30A	Tomadas Sala 905
Circuito 9	Disjuntor Monofásico	25A	*indefinido*
Circuito 10	Disjuntor Trifásico	30A	Quadro Geral Sala 903
Circuito 11	Disjuntor Monofásico	10A	Iluminação Sala 902
Circuito 12	Disjuntor Monofásico	10A	Iluminação Área Externa (bebedouro)
Circuito 13	Disjuntor Monofásico	10A	Iluminação Área Externa (corredor da frente das Salas)
Circuito 14	Disjuntor Monofásico	15A	Tomada Área Externa (bebedouro)

Circuito 15	Disjuntor Trifásico	50A	Quadro Geral Sala 910
			Quadro Geral Sala 911
			Quadro Geral Sala 912
Disjuntor Geral	Disjuntor Trifásico	100A	Disjuntor Geral Bloco 9
Quadro Geral Ar Condicionados Bloco 9			
Circuito 1	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado do Fundo da Sala 908
Circuito 2	Disjuntor Monofásico	32A	Ar Condicionado da Sala 910
Circuito 3	Disjuntor Monofásico	32A	Ar Condicionado da Sala 912
Circuito 4	Disjuntor Monofásico	32A	Ar Condicionado da Sala 909
Circuito 5	Disjuntor Monofásico	32A	Ar Condicionado da Sala 911
Circuito 6	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado do Fundo da Sala 907
DPS	Disjuntor de Proteção contra Surtos	5kA	Proteção Contra Surtos da Fase A
DPS	Disjuntor de Proteção contra Surtos	5kA	Proteção Contra Surtos da Fase B
DPS	Disjuntor de Proteção contra Surtos	5kA	Proteção Contra Surtos da Fase C
Circuito 7	Disjuntor Monofásico	32A	Tomadas Monofásicas da Sala 904
Circuito 8	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado Sala Coord. Eng. Elétrica (subdivisão 909)
Circuito 9	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado da Frente da Sala 908
Circuito 10	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado da Frente da Sala 907
Circuito 11	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado do Fundo da Sala 906
Circuito 12	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado da Frente da Sala 906
Circuito 13	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado do Fundo da Sala 905
Circuito 14	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado da Frente da Sala 905
Circuito 15	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado da Sala 904
Circuito 16	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado da Sala 903
Circuito 17	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado da Sala 901
Circuito 18	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado da Sala 902
Circuito 19	Disjuntor Trifásico	40A	Tomadas Trifásicas da Sala 904
Disjuntor Geral	Disjuntor Trifásico	100A	Disjuntor Geral Ares Condicionados do Bloco 9A
Quadro Eletrodutos Externos Sala 903			
Circuito 1	Disjuntor Monofásico	20A	Tomadas Monofásicas Eletroduto Externo, Sala 903
Circuito 2	Disjuntor Trifásico	16A	Tomadas Trifásicas Eletroduto Externo, Sala 903
Quadro Eletrodutos Externos Sala 904			
Circuito 1	Disjuntor Trifásico	25A	Tomadas Trifásicas Eletroduto Externo + Tomadas Industriais
Circuito 2	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas Monofásicas Eletroduto Externo
DR	Disjuntor Residual	25A	Disjuntor Residual Geral da Sala 904, para prevenção de fuga de corrente
Quadro Eletrodutos Externos Sala 905			
Circuito 1	Disjuntor Monofásico	25A	1ª Bancada (frente) da Sala 905

Circuito 2	Disjuntor Monofásico	25A	2ª Bancada da Sala 905
Circuito 3	Disjuntor Monofásico	25A	3ª Bancada da Sala 905
Circuito 4	Disjuntor Monofásico	25A	4ª Bancada (fundo) da Sala 905
Quadro Eletrodutos Externos Sala 910			
Circuito 1	Disjuntor Trifásico	25A	Tomadas Trifásicas Eletroduto Externo
Circuito 2	Disjuntor Monofásico	16A	6 Primeiras Tomadas Monofásicas Eletroduto Externo, à partir do Quadro
Circuito 3	Disjuntor Monofásico	25A	4 Últimas Tomadas Monofásicas Eletroduto Externo, à partir do Quadro
Disjuntor Geral	Disjuntor Trifásico	25A	Disjuntor Geral dos Circuitos dos Eletrodutos Externos da Sala 910
DR	Disjuntor Residual	25A	Disjuntor Residual Geral da Sala 910, para prevenção de fuga de corrente
Quadro Eletrodutos Externos Sala 911			
Circuito 1	Disjuntor Trifásico	32A	Compressor de ar (Exterior do bloco, atrás da Sala 911)
Circuito 2	Disjuntor Monofásico	25A	14 Tomadas Monofásicas Eletroduto Externo da Sala 911
Circuito 3	Disjuntor Monofásico	25A	1 Tomada Monofásica Eletroduto Externo da Sala 911
Circuito 4	Disjuntor Monofásico	25A	Tomada Retroprojetor
Disjuntor Geral	Disjuntor Trifásico	25A	Disjuntor Geral dos Circuitos dos Eletrodutos Externos da Sala 911
DR	Disjuntor Residual	25A	Disjuntor Residual Geral da Sala 911, para prevenção de fuga de corrente
Quadro Eletrodutos Externos Sala 912			
Circuito 1	Disjuntor Monofásico	25A	Tomadas Monofásicas frente da Sala 912 --- 2 Computadores e 2 plantas
Circuito 2	Disjuntor Monofásico	16A	3ª e 4ª Bancadas do fundo da Sala 912 (em relação à porta)
Circuito 3	Disjuntor Monofásico	16A	2ª Bancada da frente da Sala 912 (em relação à porta)
Circuito 4	Disjuntor Monofásico	16A	1ª Bancada da frente da Sala 912 (em relação à porta)
Circuito 5	Disjuntor Monofásico	16A	Modem Externo à Sala, na passarela de uso comum (quebrado)
Disjuntor Geral	Disjuntor Monofásico	25A	Disjuntor Geral dos Circuitos Dos Eletrodutos Externos da Sala 912
DR	Disjuntor Residual	25A	Disjuntor Residual Geral da Sala 912, para prevenção de fuga de corrente

ANEXO B – Relação dos disjuntores BLOCO 9-A.

Circuito	Equipamento	Corrente nominal	Descrição
Quadro Geral Blocos 9 e 9A			
Circuito 1	Disjuntor Trifásico	80 A	Disjuntor Geral Iluminação e Tomadas Bloco 9A
Circuito 2	Disjuntor Trifásico	100A	Disjuntor Geral Ar Condicionados Bloco 9
Circuito 3	Disjuntor Trifásico	100A	Disjuntor Geral Ar Condicionados Bloco 9A

Circuito 4	Disjuntor Trifásico	50A	Disjuntor Geral Iluminação e Tomadas Bloco 9
Circuito 5	Disjuntor Trifásico	100A	Disjuntor Geral Blocos 9 e 9A
Quadro Geral Bloco 9A			
Circuito 1	Disjuntor Trifásico	32A	Quadro de Distribuição da Sala 921
Circuito 2	Disjuntor Trifásico	32A	Quadro de Distribuição da Sala 919
Circuito 3	Disjuntor Trifásico	32A	Quadro de Distribuição da Sala 917
Circuito 4	Disjuntor Trifásico	32A	Quadro de Distribuição do Auditório Mini 9
Circuito 5	Disjuntor Trifásico	32A	*indefinido*
Circuito 6	Disjuntor Monofásico	10A	Iluminação Externa do Bloco 9A + Sala copiadora + Sala DCE
Circuito 7	Disjuntor Monofásico	32A	Sistema de Circulação de Água da Estufa
Circuito 8	Disjuntor Monofásico	32A	Sistema de Climatização da Estufa
Circuito 9	Disjuntor Trifásico	100A	Disjuntor Geral do Bloco 9A
Quadro Geral Ar Condicionados Bloco 9A			
Circuito 1	Disjuntor Trifásico	25A	Ar Condicionado 1 do Mini Auditório 9 (Frente)
Circuito 2	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado da Frente da Sala 916
Circuito 3	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado do Fundo da sala 916
Circuito 4	Disjuntor Monofásico	32A	Ar condicionados Salas DCE + Sala Copiadora
Circuito 5	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado do Meio da sala 917
Circuito 6	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado da Frente da Sala 918
Circuito 7	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado do Fundo da Sala 918
Circuito 8	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado da Frente da Sala 919
Circuito 9	Disjuntor Trifásico	25A	Ar condicionado 2 do Mini Auditório 9 (Fundo)
Circuito 10	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado do Fundo da Sala 919
Circuito 11	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado da Frente da Sala 921
Circuito 12	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado do Meio da Sala 921
Circuito 13	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado da Sala 920
Circuito 14	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado do Fundo da Sala 921
Circuito 15	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado da Sala 922
Circuito 16	Disjuntor Monofásico	25A	Ar Condicionado do Fundo da Sala 917
Quadro Alvenaria Mini 9			
Circuito 1	Disjuntor Monofásico	10A	Iluminação Auditório Mini 9
Circuito 2	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas de Emergência Mini 9
Circuito 3	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas em Alvenaria Baixas Mini 9
Circuito 4	Disjuntor Trifásico	32A	Disjuntor Geral Mini 9
Quadro Alvenaria Sala 917			
Circuito 1	Disjuntor Monofásico	10A	Iluminação da Sala 917
Circuito 2	Disjuntor Monofásico	16A	Tomada de Emergência em Alvenaria da Sala 917 (Acima da Porta)
Circuito 3	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas em Alvenaria Baixas Sala 917
Circuito 4	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas em Alvenaria Altas Sala 917
Circuito 5	Disjuntor Trifásico	25A	Disjuntor Geral da Sala 916
Circuito 6	Disjuntor Monofásico	10A	ISOLADO

Circuito 7	Disjuntor Monofásico	16A	Tomada de Emergência em Alvenaria da Sala 916 (Acima da Porta)
Circuito 8	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas em Alvenaria Baixas Sala 916
Quadro Alvenaria Sala 919			
Circuito 1	Disjuntor Monofásico	10A	Iluminação da Sala 919
Circuito 2	Disjuntor Monofásico	16A	Tomada de Emergência em Alvenaria da Sala 919 (Acima da Porta)
Circuito 3	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas em Alvenaria Baixas Sala 919
Circuito 4	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas em Alvenaria Altas Sala 919
Circuito 5	Disjuntor Trifásico	25A	Disjuntor Geral Sala 918
Circuito 6	Disjuntor Monofásico	10A	ISOLADO
Circuito 7	Disjuntor Monofásico	16A	Tomada de Emergência em Alvenaria da Sala 918 (Acima da Porta)
Circuito 8	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas em Alvenaria Baixas Sala 918
Circuito 9	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas em Alvenaria Altas Sala 918
Circuito 10	Disjuntor Trifásico	25A	Disjuntor Geral Sala 919
Circuito 11	Disjuntor Trifásico	32A	Disjuntor Geral Salas 918 e 919
Quadro Alvenaria Sala 921			
Circuito 1	Disjuntor Monofásico	10A	Iluminação da Sala 921
Circuito 2	Disjuntor Monofásico	16A	Tomada de Emergência em Alvenaria da Sala 921 (Acima da Porta)
Circuito 3	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas em Alvenaria Baixas Sala 921
Circuito 4	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas em Alvenaria Altas Sala 921
Circuito 5	Disjuntor Monofásico	16A	Iluminação da Sala 922
Circuito 6	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas em Alvenaria Baixas Sala 922
Circuito 7	Disjuntor Monofásico	16A	Tomada Bebedouro Bloco 9A (Próximo à sala 922)
Circuito 8	Disjuntor Trifásico	25A	Disjuntor Geral Sala 920
Circuito 9	Disjuntor Monofásico	10A	Iluminação da Sala 920
Circuito 10	Disjuntor Monofásico	16A	Tomada de Emergência em Alvenaria da Sala 920 (Acima da Porta)
Circuito 11	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas em Alvenaria Baixas Sala 920
Circuito 12	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas em Alvenaria Altas Sala 920
Circuito 13	Disjuntor Trifásico	25A	Disjuntor Geral da Sala 921
Circuito 14	Disjuntor Trifásico	25A	Disjuntor Geral das salas 920, 921 e 922
Quadro Eletrodutos Externos Sala 916			
Circuito 1	Disjuntor Monofásico	16A	Iluminação da Sala 916
Circuito 2	Disjuntor Trifásico	32A	Disjuntor Geral da Sala 916
Circuito 3	Disjuntor Monofásico	16A	1ª Bancada (Frente) --- 6 Computadores
Circuito 4	Disjuntor Monofásico	16A	2ª Bancada --- 6 Computadores
Circuito 5	Disjuntor Monofásico	16A	3ª Bancada --- 6 Computadores
Circuito 6	Disjuntor Monofásico	16A	4ª Bancada --- 6 Computadores
Circuito 7	Disjuntor Monofásico	16A	5ª Bancada --- 6 Computadores
Circuito 8	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas do fundo --- Hack de Switches, TI
Quadro Eletrodutos Externos Sala 917			

Circuito 1	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas Monofásicas Eletroduto Externo Lado Esquerdo da Sala 917 (Porta)
Circuito 2	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas Monofásicas Eletroduto Externo Lado Direito da Sala 917 (Ar)
Circuito 3	Disjuntor Trifásico	25A	Tomadas Trifásicas Eletroduto Externo Lado Esquerdo da Sala 917 (Porta)
Circuito 4	Disjuntor Trifásico	25A	Tomadas Trifásicas Eletroduto Externo Lado Direito da Sala 917 (Ar)
DR	Disjuntor Residual	25A	Disjuntor Residual Geral da Sala 917, para prevenção de fuga de corrente
Quadro Eletrodutos Externos Sala 918			
Circuito 1	Disjuntor Monofásico	25A	Iluminação da Sala 918
Circuito 2	Disjuntor Trifásico	25A	Tomadas Trifásicas Eletroduto Externo, Lado Direito (Ar) --- 3 Bancadas + Tomada Livre
Circuito 3	Disjuntor Trifásico	25A	Tomadas Trifásicas Eletroduto Externo, Lado Esquerdo (Porta) --- 3 Bancadas + Tomada Livre
Circuito 4	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas Monofásicas Eletroduto Externo
Circuito 5	Disjuntor Monofásico	16A	ISOLADO
DR	Disjuntor Residual	25A	Disjuntor Residual Geral da Sala 918, para prevenção de fuga de corrente
Quadro Eletrodutos Externos Sala 919			
Circuito 1	Disjuntor Trifásico	25A	Tomadas Trifásicas Eletroduto Externo, Lado Direito (Ar)
Circuito 2	Disjuntor Trifásico	25A	Tomadas Trifásicas Eletroduto Externo, Lado Esquerdo (Porta)
Circuito 3	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas Monofásicas Eletroduto Externo, Lado Direito (Ar)
Circuito 4	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas Monofásicas Eletroduto Externo, Lado Esquerdo (Porta)
DR	Disjuntor Residual	25A	Disjuntor Residual Geral da Sala 919, para prevenção de fuga de corrente
Quadro Eletrodutos Externos Sala 920			
Circuito 1	Disjuntor Trifásico	25A	Tomadas Trifásicas Eletroduto Externo
Circuito 2	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas Monofásicas Eletroduto Externo
Circuito 3	Disjuntor Monofásico	16A	Disjuntor Micro inversor Projeto de Pesquisa
DR	Disjuntor Residual	25A	Disjuntor Residual Geral da Sala 920, para prevenção de fuga de corrente
Quadro Eletrodutos Externos Sala 921			
Circuito 1	Disjuntor Trifásico	25A	Tomadas Trifásicas Eletroduto Externo Lado Esquerdo (Porta) --- 2 Tomadas mais próximas da porta com defeito
Circuito 2	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas Monofásicas Eletroduto Externo + 4 Tomadas Monofásicas Industriais, Lado Direito (Ar)
Circuito 3	Disjuntor Trifásico	25A	Tomadas Industriais Lado Esquerdo (Porta)
Circuito 4	Disjuntor Trifásico	25A	Tomadas Trifásicas Eletroduto Externo Lado Direito (Ar)
Circuito 5	Disjuntor Monofásico	16A	Tomadas Monofásicas Sala anexa ao fundo da 921 --- Hacks de Switches, TI
Circuito 6	Disjuntor Monofásico	16A	ISOLADO
DR	Disjuntor Residual	25A	Disjuntor Residual Geral da Sala 921, para prevenção de fuga de corrente