

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Fernando Lunelli de Araujo**

**PROJETO E ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA  
APLICADO A EDIFICAÇÕES**

Porto Alegre  
dezembro, 2020

**FERNANDO LUNELLI DE ARAUJO**

**PROJETO E ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA  
APLICADO A EDIFICAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientador: Prof. MSc. Igor Pasa Wiltuschnig**

Porto Alegre  
dezembro, 2020

**FERNANDO LUNELLI DE ARAUJO**

**PROJETO E ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA  
APLICADO A EDIFICAÇÕES**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado pela banca examinadora e, em sua forma final, pelo Professor Orientador.

Porto Alegre, dezembro de 2020.

Prof. Igor Pasa Wiltuschnig  
MSc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientador

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Igor Pasa Wiltuschnig (UFRGS)**  
MSc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Prof. Sérgio Luiz Cardoso da Silva (UFRGS)**  
Eng. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Prof. Maurício Carvalho Ayres Torres (UFRGS)**  
Dr. pela Universitat Politecnica de Catalunya

**Marcos Vinicius Barbosa Ribeiro (UFRGS)**  
Eng. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico o presente trabalho a minha mãe Luciane (in memoriam), que sempre me encorajou a seguir esse caminho, acreditou em mim e sonhou comigo com este momento.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador, professor Igor Pasa Wiltuschnig, por toda disponibilidade, ensinamentos, sugestões, paciência e principalmente ao tempo dedicado ao longo do estudo, que foram importantes para que o trabalho fosse desenvolvido. Aproveito também para agradecer pelas lições e conhecimentos compartilhados, que foram valiosas contribuições para meu desenvolvimento pessoal e profissional. Certamente, és alguém que admiro tanto como professor como engenheiro.

Agradeço ao meu pai Sidemar Oliveira de Araujo, que sempre fez o possível para que eu pudesse fazer minha graduação, nunca deixando faltar nada e sempre estando presente em todos os momentos. Muito obrigado pai, sem o teu suporte nada disso seria possível.

Agradeço a Sinc Jr, empresa júnior da Engenharia Elétrica e Engenharia de Controle e Automação e a todas as pessoas maravilhosas que tive a oportunidade de conhecer nessa empresa. Foi através da Sinc que pude colocar em prática meus conhecimentos de instalações elétricas e desenvolver ainda mais minhas capacidades para a elaboração deste trabalho. Um agradecimento especial ao meu amigo Régis Rambo Garcia que conheci na Sinc e vou levar para a vida, que me auxiliou na elaboração do projeto elétrico.

Agradeço aos meus amigos Gabriel Fernandes de Lima, pelo incentivo e torcida durante a elaboração deste trabalho e a Raquel Wolter Martell que nunca me deixava esquecer do tcc e puxava minha orelha quando eu procrastinava e deixava o trabalho de lado, chegará o momento que farei o mesmo por você. Agradeço também a todos os amigos que cultivei durante a graduação pela parceria ao longo desses anos e por dividirem comigo essa caminhada.

## **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo a elaboração dos projetos elétrico e luminotécnico de uma edificação residencial multifamiliar, buscando maximizar a eficiência energética por meio da análise dos sistemas de iluminação, climatização e aquecimento de água. Os projetos seguirão as orientações e recomendações das normas técnicas vigentes, sendo elas: NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão, NBR 8995 – Iluminação de ambientes de trabalho e NBR 16401 – Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários. Além disso, os projetos serão realizados considerando equipamentos elétricos e sistemas que apresentem alta eficiência energética, como lâmpadas LED, sensores de presença e condicionadores de ar eficientes, buscando gerar economia de energia elétrica e financeira.

**Palavras chaves:** Aquecimento de água; Condicionadores de ar; Eficiência energética; Iluminação; Projeto elétrico; Projeto luminotécnico;

## **ABSTRACT**

The objective of this work is the elaboration of an electrical and lighting project of a multifamily residential building, seeking to maximize energy efficiency through the analysis of lighting, air conditioning and water heating systems. The projects will follow the guidelines and recommendations of the current technical standards, namely: NBR 5410 - Low voltage electrical installations, NBR 8995 - Workplace lighting and NBR 16401 - Air conditioning installations - Central and unitary systems. In addition, the projects will be carried out considering electrical equipment and systems that have high energy efficiency, such as LED lamps, presence sensors and efficient air conditioners, seeking to generate electricity and financial savings.

**Keywords:** Air conditioners; Electrical project; Energy efficiency; Lighting; Lighting project; Water heating.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Anexo D do RIC-BT. Especifica os fatores de demanda para Iluminação e Tomadas. .....	22
Figura 2: Anexo I do RIC-BT. Especifica os fatores de demanda para aparelhos de aquecimento. .....	23
Figura 3: Anexo E do RIC-BT. Especifica os fatores de demanda para condicionadores de ar residenciais. ....	23
Figura 4: Anexo F do RIC-BT. Especifica os fatores de demanda para condicionadores de ar comerciais. ....	23
Figura 5: Anexo G do RIC-BT. Especifica os fatores de demanda para motores. ....	24
Figura 6: Anexo H do RIC-BT. Especifica os fatores de demanda para aparelhos especiais. .	24
Figura 7: Anexo T do RIC-BT.....	25
Figura 8: Anexo U do RIC-BT .....	25
Figura 9: Tipos de linhas elétricas .....	28
Figura 10: Continuação tipos de linhas elétricas .....	29
Figura 11: Seção mínima dos condutores .....	30
Figura 12: Seção reduzida do condutor neutro em função do condutor de fase.....	31
Figura 13: Seção mínima do condutor de proteção em função do condutor fase.....	32
Figura 14: Capacidade de condução de corrente de condutores de cobre com isolamento de PVC para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D. ....	34
Figura 15: Fator de correção de temperatura para ambientes diferentes de 30°C.....	36
Figura 16: Fator de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe .....	37
Figura 17: Limites máximos de queda de tensão .....	39
Figura 18: Disjuntor termomagnético bipolar .....	47
Figura 19: Dispositivo de proteção diferencial residual.....	48
Figura 20: Dispositivos de proteção contra surtos marca STECK .....	49
Figura 21: Esquema TN-S .....	53
Figura 22: Esquema TN-C-S .....	54
Figura 23: Esquema TN-C.....	54
Figura 24: Esquema TT .....	55
Figura 25: Esquemas IT sem aterramento da alimentação (A) e com alimentação aterrada através de impedância (B) .....	55



Figura 26: Índice de iluminância dos ambientes, limitação de ofuscamento e qualidade da cor. .....	58
Figura 27: Exemplo de pé-direito útil para o cálculo do fator de local.....	59
Figura 28: Exemplo de quadro de fator de utilização .....	61
Figura 29: Condutividade térmica de materiais típicos da construção civil em função de sua densidade .....	66
Figura 30: Resistência térmica superficial .....	69
Figura 31: Absortância ( $\alpha$ ) para radiação solar e emissividade ( $\epsilon$ ) para radiações a temperaturas comuns.....	69
Figura 32: Temperatura ambiente operando com condicionador de ar com tecnologia convencional.....	74
Figura 33: Motor do compressor de condicionador de ar com tecnologia inverter.....	75
Figura 34: Temperatura ambiente operando com condicionador de ar com tecnologia inverter .....	75
Figura 35: Selo Procel .....	76
Figura 36: Edificação de estudo planta baixa.....	78
Figura 37: Edificação de estudo planta de corte.....	79
Figura 38: Entrada de serviço individual.....	84
Figura 39: Entrada de serviço para centro de medição.....	84
Figura 40: Especificações luminária garagens DIALux.....	93
Figura 41: Lâmpada fluorescente e LED.....	95
Figura 42: Características dos materiais de paredes, teto e piso. ....	99
Figura 43: Chuveiro Elétrico .....	106
Figura 44: Aquecedor de passagem a gás.....	107
Figura 45: Coletor solar.....	109

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Queda de tensão unitária, em Volt/Ampère.Km .....	40
Quadro 2: Soma dos produtos das potências (watts) x distâncias (m) para V=127V .....	41
Quadro 3: Soma dos produtos das potências (watts) x distâncias (m) para V=220V .....	41
Quadro 4: Dimensões totais dos condutores isolados de fios e cabos.....	44
Quadro 5: Área útil de eletrodutos de PVC rígido .....	44
Quadro 6: Ocupação máxima dos eletrodutos de PVC por condutores de mesma bitola .....	45
Quadro 7: Ocupação máxima dos eletrodutos de aço por condutores de mesma bitola .....	45
Quadro 8: Fator de reflexão de acordo com a superfície.....	60
Quadro 9: Fator de manutenção.....	63
Quadro 10: Quantidades típicas de calor liberado por pessoas .....	71
Quadro 11: Taxas típicas de dissipação de calor pela iluminação .....	72
Quadro 12: Potência média dos aparelhos eletrônicos .....	73
Quadro 13: Quadro de cargas dos apartamentos tipo. ....	80
Quadro 14: Quadro de cargas das áreas comuns. ....	80
Quadro 15: Demanda dos apartamentos tipo.....	81
Quadro 16: Demanda das unidades consumidoras .....	82
Quadro 17: Demanda de serviço iluminação e tomadas.....	82
Quadro 18: Demanda de serviço para motores.....	82
Quadro 19: Divisão de circuitos apartamentos.....	85
Quadro 20: Divisão de circuitos áreas comuns .....	86
Quadro 21: Dimensionamento de condutores dos apartamentos.....	87
Quadro 22: Dimensionamento de condutores de áreas comuns. ....	87
Quadro 23: Disjuntores dos apartamentos tipo. ....	88
Quadro 24: Disjuntores dos circuitos de serviço. ....	89
Quadro 25: Resistência Equivalente Sistema de Aterramento .....	90
Quadro 26: Iluminância dos Ambientes .....	90
Quadro 27: Índice do local, refletância e fator de utilização.....	91
Quadro 28: Fluxo luminoso dos ambientes. ....	92
Quadro 29: Número de luminárias por ambiente. ....	93
Quadro 30: Comparativo lâmpadas fluorescentes e LED .....	95
Quadro 31: Simulação lâmpadas fluorescentes e LED para áreas comuns da edificação.....	96

Quadro 32: Custo da iluminação do condomínio utilizando sensor de presença .....	97
Quadro 33: Custo da iluminação do condomínio utilizando minuteria.....	97
Quadro 34: Densidade fluxo de calor (q) gerado pela envoltória.....	98
Quadro 35: Quantidade de calor absorvido pela envoltória .....	100
Quadro 36: Potência de iluminação calculadas pela NBR 5410 e NBR 16401 .....	100
Quadro 37: Carga gerada pelos ocupantes segundo a NBR 16401. ....	101
Quadro 38: Carga gerada pelos equipamentos eletrônicos.....	102
Quadro 39: Carga térmica total e quantidade de BTU/h calculado e adotado.....	103
Quadro 40: Comparativo condicionadores de ar com tecnologia convencional e inverter ....	104
Quadro 41: Comparativo Classe de Demanda com e sem chuveiro elétrico.....	109
Quadro 42: Comparativo custo aquecedor de passagem e chuveiro elétrico. ....	110

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

BT: Baixa Tensão

CEEE: Companhia Estadual de Energia Elétrica

DN: Diâmetro Nominal

DPS: Dispositivo de Proteção Contra Surtos

DR: Dispositivo de Proteção à Corrente Residual-diferencial

ENCE: Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

FP: Fator de Potência

GLP: Gás Liquefeito de Petróleo

INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

LED: Diodo Emissor de Luz

NBR: Norma Brasileira

PBE: Programa Brasileiro de Etiquetagem

Procel: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PTUE: Ponto de Tomada de Uso Específico

PTUG: Ponto de Tomada de Uso Geral

PVC: Policloreto de Vinila

RIC: Regulamento de Instalações Consumidoras

SPDA: Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

Sulgás: Companhia de Gás do Estado do Rio Grande do Sul

XLPE: Polietileno Reticulado

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1	Motivação .....	16
1.2	Objetivos.....	16
1.3	Metodologia.....	17
1.4	Limitações do projeto .....	17
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
2.1	Projeto de Instalações Elétricas de Baixa Tensão .....	18
2.1.1	Previsão de Cargas.....	18
2.1.2	Iluminação .....	18
2.1.3	Tomadas.....	19
2.1.4	Cálculo da Demanda.....	21
2.1.5	Divisão da Instalação em Circuitos .....	25
2.1.6	Dimensionamento dos Condutores.....	27
2.1.7	Dimensionamento dos Eletrodutos.....	41
2.1.8	Dispositivos de Proteção .....	45
2.1.9	Aterramento .....	51
2.2	Projeto Luminotécnico.....	56
2.2.1	Fluxo Luminoso.....	56
2.2.2	Iluminância .....	57
2.2.3	Fator de Utilização.....	58
2.2.4	Refletância .....	60
2.2.5	Ofuscamento .....	61
2.2.6	Índice de Reprodução de cor .....	61
2.2.7	Temperatura da cor .....	62

2.2.8	Fator de Manutenção .....	62
2.2.9	Número de luminárias .....	63
2.2.10	Eficiência luminosa .....	63
2.3	Sistemas Condicionadores de ar .....	64
2.3.1	Cálculo da Carga Térmica .....	64
2.3.2	Tecnologia Convencional x Tecnologia Inverter .....	73
2.3.3	Selo Procel de Economia de Energia.....	76
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>78</b>
3.1	Objeto de Estudo.....	78
3.2	Projeto Elétrico .....	79
3.2.1	Levantamento de Cargas .....	79
3.2.2	Demanda.....	80
3.2.3	Fornecimento de Energia e Entrada de Serviço.....	83
3.2.4	Divisão de Circuitos .....	85
3.2.5	Dimensionamento dos Condutores.....	86
3.2.6	Dimensionamento de Eletrodutos.....	87
3.2.7	Dimensionamento de Disjuntores.....	88
3.2.8	Dimensionamento do Aterramento.....	89
3.3	Projeto Luminotécnico.....	90
3.3.1	Iluminância dos Ambientes .....	90
3.3.2	Fator de Utilização.....	91
3.3.3	Fator de Manutenção .....	91
3.3.4	Fluxo Luminoso.....	92
3.3.5	Número de Luminárias .....	92
<b>4</b>	<b>EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....</b>	<b>94</b>
4.1	Iluminação .....	94

4.1.1	Lâmpadas Fluorescentes X Lâmpadas LED.....	94
4.1.2	Sensor de Presença .....	96
4.2	Condicionadores de Ar.....	98
4.2.1	Envoltória da Edificação .....	98
4.2.2	Iluminação .....	100
4.2.3	Ocupantes .....	101
4.2.4	Equipamentos Eletrônicos .....	101
4.2.5	Carga Térmica Total .....	102
4.2.6	Escolha do Aparelho Condicionador de Ar .....	103
4.3	Aquecimento de Água .....	104
4.3.1	Sistemas de Aquecimento de Água .....	105
4.3.2	Fontes de Energia Para Geração de Água Quente.....	106
4.3.3	Escolha do Sistema de Aquecimento de Água .....	109
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>111</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>113</b>
	<b>APÊNDICE A – PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR.....</b>	<b>117</b>
	<b>APÊNDICE B – PROJETO LUMINOTÉCNICO .....</b>	<b>122</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Motivação

Com o tempo, o conceito de sustentabilidade vem se difundindo cada vez mais na sociedade e, especialmente, na construção civil. Atualmente, edificações sustentáveis já são uma realidade e sua quantidade está em ascensão. Segundo Lamberts *et al.* (2014), uma edificação é eficiente energeticamente quando proporciona condições ambientais de conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia.

O primeiro passo para a existência de uma edificação sustentável é a concepção dos seus projetos levando em consideração a eficiência energética. O projeto elétrico é fundamental para a edificação, pois é através dele que os usuários poderão utilizar os mais variados equipamentos e aparelhos eletrônicos, tais como: sistemas de iluminação, climatização e aquecimento de forma segura e eficiente.

Este trabalho tem como motivação reduzir o consumo de energia através da concepção de um projeto elétrico eficiente energeticamente, sem a utilização de microgeração fotovoltaica ou influência de outros projetos, mesmo que, em um âmbito de construção civil, a compatibilização do projeto arquitetônico com os complementares seja imprescindível para que o produto final seja uma edificação com altos níveis de eficiência energética e sustentável. Neste contexto, o projeto elétrico fará uso de técnicas que busquem maximizar a eficiência energética, realizando o estudo dos sistemas de iluminação, climatização e aquecimento de água, de forma a escolher equipamentos que busquem reduzir o consumo de energia elétrica.

## 1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo principal a elaboração de um projeto elétrico energeticamente eficiente para uma edificação residencial multifamiliar, de forma a atender as normas técnicas vigentes e gerar economia de energia. Para tanto será realizado um estudo de eficiência energética para os três principais agentes que geram os maiores consumos de energia, o sistema de iluminação, climatização e aquecimento de água, utilizando para a elaboração do projeto elétrico os equipamentos e sistemas mais eficientes, desde que estejam dentro do escopo deste trabalho.



### **1.3 Metodologia**

O estudo de eficiência energética para a iluminação objetiva a realização do projeto luminotécnico das áreas comuns da edificação através da utilização do software DIALux EVO, de forma a dimensionar não apenas a quantidade correta de iluminação dos ambientes – evitando super ou subdimensionamentos – mas também, escolhendo lâmpadas e luminárias eficientes que atendam as especificações de projeto e norma, gerem menos gasto de energia para os usuários e possuam maior vida útil. Além disso, será realizada a simulação com a utilização de minuteiras e sensor de presença, buscando compreender qual sistema contribui com a redução de gastos e aumento da eficiência energética do sistema de iluminação.

O uso de condicionadores de ar já se tornou indispensável na maioria das edificações, portanto escolher o equipamento ideal, ou seja, o mais eficiente, é fundamental para que não haja gastos desnecessários. Para tanto será realizado o cálculo da carga térmica da edificação (quantidade de calor que o condicionador de ar deve superar para climatizar os ambientes da edificação), de modo a dimensionar corretamente o equipamento que será utilizado em cada ambiente climatizado. O cálculo da carga térmica será elaborado levando em consideração a quantidade de calor gerado pela envoltória da edificação (fachada externa, paredes internas, teto, piso e aberturas), pelo sistema de iluminação, equipamentos eletrônicos e pelos ocupantes. Além disso, a escolha do equipamento será feita através de uma simulação que considerará sua tecnologia (convencional ou inverter) e seu nível de eficiência energética segundo o selo Procel. Vale ressaltar que a localização e posicionamento dos condicionadores de ar tanto internas quanto externas também pode influenciar na vida útil e no rendimento do aparelho, principalmente quando a unidade externa estiver localizada em uma fachada com incidência direta do sol.

### **1.4 Limitações do projeto**

O estudo do aquecimento de água levará em consideração as fontes de energia para a geração de água quente (eletricidade, gás e solar), bem como o sistema de aquecimento de água (instantâneo ou de acumulação) e determinará qual deles possui a maior eficiência energética e é ideal para a edificação. Entretanto, o escopo deste trabalho não considera a interferência de outros projetos além do elétrico e luminotécnico para a escolha destes equipamentos.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Projeto de Instalações Elétricas de Baixa Tensão**

Este capítulo tem como objetivo descrever as orientações necessárias para a elaboração de um projeto elétrico de baixa tensão. O projeto elétrico tem como objetivo garantir a transferência de energia desde a fonte (rede de distribuição) até os pontos de utilização de forma segura e eficaz (LIMA FILHO, 2011)

#### **2.1.1 Previsão de Cargas**

O objetivo da previsão de cargas é determinar a quantidade mínima de pontos de utilização de energia elétrica que farão parte da instalação, sendo eles os pontos de iluminação, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico. É muito comum em uma instalação elétrica, a quantidade mínima de pontos exigidos pela norma não ser suficiente para sanar as necessidades do projeto, ficando então a cargo do projetista realizar um estudo detalhado das necessidades do cliente, para atendê-lo de forma satisfatória e eficiente.

#### **2.1.2 Iluminação**

A NBR 5410 prevê a quantidade mínima de um ponto de iluminação fixo no teto por cômodo ou dependência da edificação. Segundo a NBR 5410 (2004), a definição da carga mínima é estabelecida em função da área do cômodo da seguinte forma:

- Deve ser prevista a carga mínima de 100 VA para cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m<sup>2</sup>;
- Para cômodos ou dependências com área superior a 6 m<sup>2</sup>, deve ser previsto uma carga mínima de 100 VA para os 6 m<sup>2</sup> iniciais e, um adicional de 60 VA para cada aumento de 4 m<sup>2</sup> inteiros;
- Nos banheiros, além das definições dos itens anteriores, deve ser considerado uma carga adicional de 60 VA para a arandela.

Será considerado para fins de projeto, o uso da NBR 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho para cálculo da iluminação das áreas comuns da edificação, levando em consideração o uso de luminárias, lâmpadas e equipamentos que visam a eficiência energética.

### **2.1.3 Tomadas**

As tomadas podem ser divididas em uso geral e uso específico. As tomadas de uso geral são destinadas à ligação de aparelhos portáteis de iluminação e eletrodomésticos, tais como: televisores, equipamentos de som, aspiradores de pó, ferro de passar roupa, entre outros. Já as tomadas de uso específico são destinadas à ligação de equipamentos fixos, como chuveiros elétricos, condicionadores de ar, torneiras elétricas, lavadoras de roupa, fornos, entre outros a até 1,5 m de distância do ponto de alimentação de uso específico.

#### **2.1.3.1 Pontos de Tomada de Uso Geral (PTUG)**

Em locais de habitação o número de pontos de tomada de uso geral deve ser previsto e determinado seguindo as orientações da NBR 5410, em função da destinação do local e dos equipamentos elétricos que possam ser utilizados, observando os seguintes critérios:

- a) Em cozinhas, copas, copas-cozinhas, área de serviço, cozinha-área de serviço, lavanderias e locais análogos, deve ser prevista no mínimo um ponto de tomada a cada 3,5 m ou fração de perímetro, sendo que acima da bancada da pia, devem ser previstas no mínimo duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos distintos;
- b) Em banheiros deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada, próximo ao lavatório, sendo que nenhum interruptor ou tomada de corrente deve ser instalado a menos de 0,60 m do compartimento para banho;
- c) Em salas e dormitórios, devem ser previstos pelo menos um ponto de tomada a cada 5 m ou fração de perímetro, devendo os pontos ser espaçados o mais uniforme possível;
- d) Em varandas, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada;
- e) Em cada um dos demais cômodos ou dependências da habitação, devem ser previstos pelo menos:
  - Um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for menor ou igual a 2,25 m<sup>2</sup>, admitindo-se que esse ponto seja posicionado externamente ao cômodo, a até no máximo 0,80 m de sua porta de acesso;
  - Um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for maior que 2,25 m<sup>2</sup> e inferior ou igual a 6 m<sup>2</sup>;
  - Um ponto de tomada a cada 5 m ou fração de perímetro, se a área do cômodo ou dependência for superior a 6 m<sup>2</sup>, devendo esses pontos ser espaçados tão

uniformemente quanto possível.

Em halls de serviço, salas de manutenção e salas de equipamentos tais como casas de máquinas, salas de bombas, barriletes e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada de uso geral. Aos circuitos terminais respectivos devem ser atribuídos uma potência mínima de 1000 VA.

Em relação a potência atribuída às tomadas de uso geral, a norma prevê que a potência a ser atribuída a cada ponto de tomada é função dos equipamentos que ele poderá vir a alimentar, e não deverá ser inferior aos seguintes valores mínimos:

- Em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, considerando cada um dos ambientes separadamente. Quando o total de tomadas de uso geral no conjunto desses ambientes for superior a seis pontos, considerar 600 VA por ponto de tomada, até dois pontos e 100 VA por ponto para os excedentes, sempre considerando cada um dos ambientes separadamente;
- Nos demais cômodos ou dependências, 100 VA por ponto de tomada.

### **2.1.3.2 Pontos de Tomada de Uso Específico (PTUE)**

São tomadas destinadas a ligação de aparelhos de utilização específicos que, em geral, ficam fixos em uma determinada localização, como chuveiros, micro-ondas, ar condicionados, secadora de roupas, entre outros. Quando um ponto de tomada for previsto para uso específico, deve ser a ele atribuída uma potência igual à potência nominal do equipamento ou igual a soma das potências nominais dos equipamentos a serem alimentados. Se não forem conhecidos valores precisos de potência, deve ser atribuída ao ponto de tomada um dos seguintes critérios:

- Potência ou soma das potências dos equipamentos mais potentes que o ponto possa vir a alimentar;
- Potência calculada com base na corrente de projeto e na tensão do circuito respectivo.

Os pontos de tomada de uso específico devem ser localizados a no máximo 1,5 m do local previsto para o equipamento a ser alimentado. Além disso, os pontos de tomadas destinados a alimentar mais de um equipamento devem ser providos com a quantidade adequada de tomadas.

## 2.1.4 Cálculo da Demanda

A demanda é a soma das potências elétricas instantâneas solicitadas ao sistema elétrico e, geralmente, são expressas em quilowatts (KW) ou mais comumente em quilovolt-ampère (kVA).

Em unidades consumidoras com carga instalada superior a 15 kW (220/127V) ou 25 kW (380/220V) deve ser calculada a demanda para dimensionar o condutor dos circuitos de distribuição e alimentação.

### 2.1.4.1 Método de Cálculo

A demanda da unidade consumidora pode ser obtida a partir da carga declarada compatibilizada com as previsões mínimas estabelecidas pelo anexo D do RIC-BT (2017) e calculadas a partir da equação abaixo:

$$D = a + b + c + d + e + f \quad (1)$$

Onde:

*D* é a demanda, em kVA;

*a* é a demanda de iluminação e tomadas, calculadas a partir do anexo D do RIC-BT;

*b* é a demanda dos aparelhos de aquecimento (chuveiros, aquecedores, fornos, fogões etc.), calculadas a partir do anexo I do RIC-BT;

*c* é a demanda dos aparelhos condicionadores de ar, do tipo “janela”, calculadas a partir dos anexos E e F do RIC-BT;

*d* é a demanda das unidades centrais de condicionadores de ar, calculadas a partir das respectivas correntes máximas totais (fornecidas pelos fabricantes), considerando o fator de demanda de 100%;

*e* é a demanda dos motores elétricos e máquinas de solda a motor, calculadas a partir do anexo G do RIC-BT;

*f* é a demanda das máquinas de solda a transformador, aparelhos de eletro galvanização e de raios-X, calculadas a partir do anexo H do RIC-BT.

As figuras abaixo ilustram os anexos D, I, E, F, G e H, respectivamente, do RIC-BT necessários para a determinação dos fatores de demanda utilizados para o cálculo da equação acima.

Figura 1: Anexo D do RIC-BT. Especifica os fatores de demanda para Iluminação e Tomadas.

DESCRIÇÃO	CARGA MI NIMA (W/m <sup>2</sup> )	FATOR DE DEMANDA%	
Bancos	50	86	
Clubes e semelhantes	20	86	
Igrejas e semelhantes	15	86	
Lojas e semelhantes	30	86	
Restaurantes e semelhantes	20	86	
Auditórios, salões para exposições e semelhantes	15	86	
Barbearias, salões de beleza e semelhantes	30	86	
Garagens, depósitos, áreas de serviço e semelhantes	5	86	
Oficinas	30	100 para os primeiros 35 para o que exceder de	20kW 20kW
Posto de abastecimento	20	100 para os primeiros 40 para o que exceder de	40kW 40kW
Escolas e semelhantes	30	86 para os primeiros 50 para o que exceder de	12kW 12kW
Escritórios e salas	50	86 para os primeiros 70 para o que exceder de	20kW 20kW
Hospitais e semelhantes	20	40 para os primeiros 20 para o que exceder de	50kW 50kW
Hotéis e semelhantes	20	50 para os primeiros 40 para os seguintes 30 para o que exceder de	20kW 80kW 100kW
Residências	30	Potência P (kW)	
		0 < P ≤ 1	86
		1 < P ≤ 2	80
		2 < P ≤ 3	74
		3 < P ≤ 4	66
		4 < P ≤ 5	58
		5 < P ≤ 6	52
		6 < P ≤ 7	47
7 < P ≤ 8	43		
8 < P ≤ 9	40		
9 < P ≤ 10	37		
10 < P ≤ 11	35		
11 < P ≤ 12	33		
12 < P ≤ 13	31		
13 < P ≤ 14	30		
14 < P ≤ 15	29		
15 < P	28		

**Notas:**

- 1 Instalações em que, por sua natureza, a carga seja utilizada simultaneamente, devem ser consideradas com o fator de demanda de 100%;
- 2 Os letreiros luminosos e a iluminação de vitrinas não estão considerados nesta tabela;
- 3 O valor da carga para iluminação e tomadas de unidades residenciais, além de satisfazer a condição mínima de 30W/m<sup>2</sup> de área construída, nunca deve ser inferior a 2,2kW por unidade.
- 4 Para fins de cálculo de demanda do item 7.2.1 utilizar fator de potência=1.

fonte: (RIC-BT, 2017)

Figura 2: Anexo I do RIC-BT. Especifica os fatores de demanda para aparelhos de aquecimento.

NUMERO DE APARELHOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
FATOR DE DEMANDA (%)	100	75	70	66	62	59	56	53	51	49	47	45	43
NUMERO DE APARELHOS	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25 ou mais	
FATOR DE DEMANDA (%)	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	

**Nota:**

Para o dimensionamento de ramais de entrada destinados a atender a mais de uma unidade consumidora, devem ser aplicados fatores de demanda para cada tipo de aparelho, separadamente, sendo a demanda total de aquecimento o somatório das demandas obtidas:

**b = chuveiros + aquecedores + torneiras +...**

fonte: (RIC-BT, 2017)

Figura 3: Anexo E do RIC-BT. Especifica os fatores de demanda para condicionadores de ar residenciais.

POTÊNCIA INSTALADA EM APARELHOS (kVA)	FATOR DE DEMANDA (%)
1 a 10	100
11 a 20	85
21 a 30	80
31 a 40	75
41 a 50	70
51 a 75	65
Acima de 75	60

fonte: (RIC-BT, 2017)

Figura 4: Anexo F do RIC-BT. Especifica os fatores de demanda para condicionadores de ar comerciais.

POTÊNCIA INSTALADA EM APARELHOS (kVA)	FATOR DE DEMANDA (%)
1 a 25	100
26 a 50	90
51 a 100	80
Acima de 100	70

**Nota:**

Quando se tratar de unidade central, deve ser considerado um fator igual a 100% e a demanda em kVA, determinada através dos dados fornecidos pelo fabricante.

fonte: (RIC-BT, 2017)

Figura 5: Anexo G do RIC-BT. Especifica os fatores de demanda para motores.

POTÊNCIA (cv)	1/6	1/4	1/3	1/2	¾	1	1 ½	2	3
CARGA (kVA)	0,45	0,63	0,76	1,01	1,24	1,43	2,00	2,60	3,80
POTÊNCIA (cv)	5	7 ½	10	15	20	25	30	40	50
CARGA (kVA)	5,40	7,40	9,20	12,70	16,40	20,30	24,00	30,60	40,80

#### Fatores de demanda

NUMERO TOTAL DE MOTORES	1	2	3 a 5	Mais de 5
FATOR DE DEMANDA (%)	100	90	80	70

**Nota:**

A demanda de um conjunto de motores é o produto do somatório das cargas individuais pelo fator de demanda correspondente ao número total de motores.

fonte: (RIC-BT, 2017)

Figura 6: Anexo H do RIC-BT. Especifica os fatores de demanda para aparelhos especiais.

APARELHO	POTÊNCIA	FATOR DE DEMANDA (%)
Solda a arco e galvanização	1º Maior	100
	2º Maior	70
	3º Maior	40
	Soma dos demais	30
Solda a resistência	Maior	100
	Soma dos demais	60
Raios-X	Maior	100
	Soma dos demais	70

**Nota:**

Máquinas de solda tipo motor-gerador devem ser consideradas como motores.

fonte: (RIC-BT, 2017)

### 2.1.4.2 Cálculo para Centros de Medição

Segundo o (RIC-BT, 2017), no caso de residências multifamiliares, edificações comerciais ou de uso misto o cálculo da demanda total, dimensionamento da entrada de serviço e circuito de interligação, deve ser feito seguindo as prescrições a seguir:

- Considerar a demanda de cada unidade consumidora (em geral, apartamento) em função da área, conforme anexo T do RIC-BT. No caso de unidades consumidoras com áreas diferentes, utilizar a média aritmética das mesmas;
- Considerar o Fator de Diversidade, em função do número de unidades consumidoras da edificação, conforme anexo U do RIC-BT;
- Multiplicar os valores obtidos nos itens “a” e “b” por 1,2 (fator de crescimento vegetativo), considerando possível aumento de cargas futuras;



- d) Adicionar, ao valor do produto obtido no item “c” a demanda de serviço do condomínio, calculada conforme a equação da demanda do item 2.1.2.1.

As figuras abaixo ilustram os anexos do T e U, respectivamente do RIC-BT necessários para a determinação dos fatores de demanda utilizados para o cálculo da demanda de serviço.

Figura 7: Anexo T do RIC-BT

Área Útil m <sup>2</sup>	kVA	Área Útil m <sup>2</sup>	kVA	Área Útil m <sup>2</sup>	kVA	Área Útil m <sup>2</sup>	kVA	Área Útil m <sup>2</sup>	kVA	Área Útil m <sup>2</sup>	kVA	Área Útil m <sup>2</sup>	kVA
Até 80	1,76	120	2,54	160	3,28	200	4,01	240	4,72	280	5,42	320	6,10
81	1,78	121	2,56	161	3,30	201	4,03	241	4,74	281	5,43	321	6,12
82	1,80	122	2,57	162	3,32	202	4,04	242	4,75	282	5,45	322	6,14
83	1,82	123	2,59	163	3,34	203	4,06	243	4,77	283	5,47	323	6,16
84	1,84	124	2,61	164	3,36	204	4,08	244	4,79	284	5,49	324	6,17
85	1,86	125	2,63	165	3,37	205	4,10	245	4,81	285	5,50	325	6,19

fonte: (Adaptado de RIC-BT, 2017)

Figura 8: Anexo U do RIC-BT

Nº Apto.	Fator	Nº Apto.	Fator	Nº Apto.	Fator	Nº Apto.	Fator	Nº Apto.	Fator	Nº Apto.	Fator	Nº Apto.	Fator	Nº Apto.	Fator	Nº Apto.	Fator
1	1	31	24,08	62	42,06	93	59,42	124	69,34	155	75,34	186	79,44	217	81,69	248	82,67
2	2	32	24,69	63	42,62	94	59,98	125	69,59	156	75,49	187	79,54	218	81,74	249	82,69
3	3	33	25,29	64	43,18	95	60,54	126	69,79	157	75,64	188	79,64	219	81,79	250	82,72
4	4	34	25,90	65	43,74	96	61,1	127	69,99	158	75,79	189	79,74	220	81,84	251	82,73
5	5	35	26,50	66	44,30	97	61,66	128	70,19	159	75,94	190	79,84	221	81,89	252	82,74
5	5	36	27,10	67	44,86	98	62,22	129	70,39	160	76,09	191	79,94	222	81,94	253	82,75
6	6	37	27,71	68	45,42	99	62,78	130	70,59	161	76,24	192	80,04	223	81,99	254	82,76
7	7	38	28,31	69	45,98	100	63,34	131	70,79	162	76,39	193	80,14	224	82,04	255	82,77
8	8	39	28,92	70	46,54	101	63,59	132	70,99	163	76,54	194	80,24	225	82,09	256	82,78
9	9	40	29,52	71	47,10	102	63,84	133	71,19	164	76,69	195	80,34	226	82,12	257	82,79
10	9,64	41	30,12	72	47,66	103	64,09	134	71,39	165	76,84	196	80,44	227	82,14	258	82,80

fonte: (Adaptado de RIC-BT, 2017)

## 2.1.5 Divisão da Instalação em Circuitos

Para que o projeto seja concebido de maneira correta, eficiente e sem riscos aos usuários, A NBR 5410 (2004) estabelece diretrizes que devem ser seguidas quanto a divisão da instalação em circuitos, sendo elas:

- A instalação deve ser dividida em tantos circuitos quantos necessários, devendo cada circuito ser concebido de forma a poder ser seccionado sem risco de realimentação inadvertida através de outro circuito;
- A divisão da instalação em circuitos deve ser de modo a atender, entre outras, as seguintes exigências:

- Segurança: evitar que a falha de um circuito comprometa a alimentação de toda uma

área;

- Conservação de energia: possibilitar que as cargas de iluminação e/ou climatização sejam acionadas na medida exata das necessidades;
  - Funcional: viabilizar a criação de diferentes ambientes, como: auditórios, salas de reuniões, espaços de demonstração, recintos de lazer etc.;
  - Produção: minimizar paralizações devido a ocorrências ou falhas;
  - Manutenção: facilitar e possibilitar ações de inspeção e reparo.
- c) Devem ser previstos circuitos distintos para partes da instalação que requeiram controle específico, de tal forma que esses circuitos não sejam afetados pelas falhas de outros (por exemplo, circuitos de supervisão predial);
- d) Devem ser consideradas as necessidades futuras quando for feita a divisão da instalação. As ampliações previsíveis devem se refletir na potência de alimentação e na taxa de ocupação, tanto dos eletrodutos quanto dos quadros de distribuição;
- e) Os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização que alimentam. Em geral, devem ser previstos circuitos distintos para pontos de iluminação e pontos de tomadas;
- f) As cargas devem ser distribuídas entre as fases, de modo que se atinja o maior equilíbrio possível;
- g) Todo ponto de utilização previsto para alimentar equipamento com corrente superior a 10 A, deve constituir um circuito independente;
- h) Os circuitos de iluminação e de tomadas de uso geral, devem ser alimentados com corrente igual ou inferior a 10 A, caso a corrente seja superior, devem constituir novos circuitos;
- i) Os pontos de tomada de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, devem ser atendidos por circuitos exclusivamente destinados à alimentação de tomadas desses locais;
- j) Em locais de habitação, admite-se que os pontos de tomadas exceto os indicados no item anterior e pontos de iluminação, possam ser alimentados por circuito comum, desde que as seguintes condições sejam simultaneamente atendidas:
- A corrente de projeto (I<sub>b</sub>) do circuito comum (iluminação mais tomadas) não deve ser superior a 16 A;
  - Os pontos de iluminação não sejam alimentados, em sua totalidade, por um só circuito, caso esse circuito seja comum (iluminação mais tomadas);

- Os pontos de tomadas, já excluídos os indicados no item i desta seção, não sejam alimentados, em sua totalidade, por um só circuito, caso esse circuito seja comum (iluminação mais tomadas).
- k) É obrigatório o uso de dispositivos a corrente diferencial residual, com IDR igual ou inferior a 30 mA em circuitos de tomadas que atendam a área externa da edificação, circuitos de tomadas na área interna que venham a alimentar equipamentos no exterior e circuitos localizados em dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagem como: cozinha, área de serviço, copa-cozinha, lavanderia, garagem e demais locais análogos.

### **2.1.6 Dimensionamento dos Condutores**

Segundo LIMA FILHO (2011), para dimensionar os circuitos é necessário definir a seção mínima dos condutores, de forma que eles suportem simultaneamente e de maneira satisfatória as seguintes condições:

- Limite de temperatura, definido pela capacidade de condução de corrente;
- Limite de queda de tensão;
- Capacidade dos dispositivos de proteção contra sobrecorrentes;
- Capacidade de condução de corrente de curto-circuito por tempo limitado.

Inicialmente, determinam-se as seções dos condutores conforme a capacidade de condução de corrente e o limite de queda de tensão. Posteriormente, quando dimensionado o dispositivo de proteção, verifica-se a capacidade dos condutores com relação a sobrecorrentes e curto-circuito.

É adotado como resultado a maior seção encontrada após calculadas as seções dos condutores pelos métodos da capacidade de condução de corrente e pelo limite de queda de tensão, sempre respeitando os valores de seção mínima dos condutores estipulados pela NBR 5410. Escolhe-se o condutor padronizado comercialmente, cuja seção nominal seja igual ou superior à seção calculada.

#### **2.1.6.1 Linhas Elétricas**

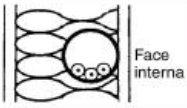

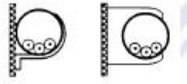
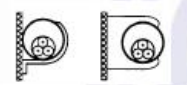


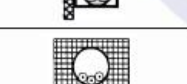
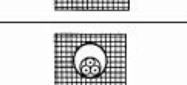

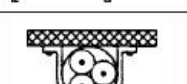
As linhas elétricas representam o conjunto formado pelos condutores e seus componentes, sendo eles elementos de fixação, suporte e proteção mecânica. As linhas elétricas têm como função transportar energia ou transmitir sinais elétricos, e podem ser constituídas de:

- Condutor e elemento de fixação;

- Condutor em conduto (eletroduto que contém condutores elétricos);
- Condutor e suporte.


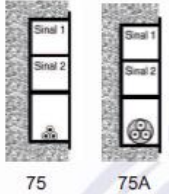
As tabelas abaixo da NBR 5410 ilustram alguns tipos de linhas elétricas, cabendo ao projetista escolher de que maneira os condutores elétricos serão instalados. Em instalações elétricas residenciais de baixa tensão é comum o uso do método de referências B1 (condutores isolados ou cabos unipolares em eletrodutos aparentes ou embutidos).

Figura 9: Tipos de linhas elétricas

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

(fonte: NBR 5410, 2004)

Figura 10: Continuação tipos de linhas elétricas

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência <sup>1)</sup>
74		Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de janela	A1
75 75A		75 - Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta embutida em parede 75A - Cabo multipolar em canaleta embutida em parede	B1 B2

<sup>1)</sup> Método de referência a ser utilizado na determinação da capacidade de condução de corrente. Ver 6.2.5.1.2.  
<sup>2)</sup> Assume-se que a face interna da parede apresenta uma condutância térmica não inferior a 10 W/m<sup>2</sup>.K.  
<sup>3)</sup> Admitem-se também condutores isolados em perfilado, desde que nas condições definidas na nota de 6.2.11.4.1.  
<sup>4)</sup> A capacidade de condução de corrente para bandeja perfurada foi determinada considerando-se que os furos ocupassem no mínimo 30% da área da bandeja. Se os furos ocuparem menos de 30% da área da bandeja, ela deve ser considerada como "não-perfurada".  
<sup>5)</sup> Conforme a ABNT NBR IEC 60050 (826), os poços, as galerias, os pisos técnicos, os condutos formados por blocos alveolados, os forros falsos, os pisos elevados e os espaços internos existentes em certos tipos de divisórias (como, por exemplo, as paredes de gesso acartonado) são considerados espaços de construção.  
<sup>6)</sup> De é o diâmetro externo do cabo, no caso de cabo multipolar. No caso de cabos unipolares ou condutores isolados, distinguem-se duas situações:  
 - três cabos unipolares (ou condutores isolados) dispostos em trifólio: De deve ser tomado igual a 2,2 vezes o diâmetro do cabo unipolar ou condutor isolado;  
 - três cabos unipolares (ou condutores isolados) agrupados num mesmo plano: De deve ser tomado igual a 3 vezes o diâmetro do cabo unipolar ou condutor isolado.  
<sup>7)</sup> De é o diâmetro externo do eletroduto, quando de seção circular, ou altura/profundidade do eletroduto de seção não-circular ou da eletrocalha.  
<sup>8)</sup> Admite-se também o uso de condutores isolados, desde que nas condições definidas na nota de 6.2.11.6.1.  
<sup>9)</sup> Admitem-se cabos diretamente enterrados sem proteção mecânica adicional, desde que esses cabos sejam providos de armação (ver 6.2.11.6). Deve-se notar, porém, que esta Norma não fornece valores de capacidade de condução de corrente para cabos amados. Tais capacidades devem ser determinadas como indicado na ABNT NBR 11301.  
 NOTA Em linhas ou trechos verticais, quando a ventilação for restrita, deve-se atentar para risco de aumento considerável da temperatura ambiente no topo do trecho vertical.

(fonte: NBR 5410, 2004)

## 2.1.6.2 Seção Mínima dos Condutores

### 2.1.6.2.1 Condutores Fase

Segundo a NBR 5410 (2004), a seção dos condutores fase, em circuitos de corrente alternada, e dos condutores vivos, em circuitos de corrente contínua, não deve ser inferior aos valores apontados na figura 11.

Figura 11: Seção mínima dos condutores

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

(fonte: NBR 5410, 2004)

A seção dos condutores deve ser determinada de forma a que sejam atendidos os seguintes critérios:

- A capacidade de condução de corrente dos condutores deve ser igual ou superior a corrente de projeto do circuito, incluindo as componentes harmônicas, considerando os fatores de correção aplicáveis (temperatura e agrupamento de circuitos);
- Deve haver proteção contra sobrecargas, curtos-circuitos e choques elétricos;
- Deve respeitar os limites de queda de tensão, conforme orientações da NBR 5410;
- Deve respeitar as seções mínimas indicadas no quadro acima.

#### 2.1.6.2.2 Condutor Neutro

A NBR 5410 (2004) estabelece orientações para a determinação da seção do condutor neutro, sendo as principais:

- a) O condutor neutro não pode ser comum a mais de circuito;
- b) O condutor neutro de um circuito monofásico e bifásico deve ter a mesma seção do condutor fase;
- c) Quando, num circuito trifásico com neutro, a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos for superior a 15%, a seção do condutor neutro não deve ser inferior à dos circuitos de fase,



- podendo ser igual à dos condutores de fase se essa taxa não for superior a 33%;
- d) A seção do condutor neutro de um circuito com duas fases e um neutro não deve ser inferior à seção dos condutores de fase, podendo ser igual à dos condutores de fase se a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos não for superior a 33%;
- e) Quando, num circuito trifásico com neutro ou num circuito com duas fases e neutro, a taxa de terceira harmônica for superior a 33%, pode ser necessário um condutor neutro com seção superior à dos condutores fase e proteção de sobrecorrente no condutor neutro;
- f) Em um circuito trifásico com neutro e cujos condutores de fase tenham uma seção superior a 25 mm<sup>2</sup>, a seção do condutor neutro pode ser inferior à dos condutores fase, sem ser inferior aos valores indicados no quadro abaixo, em função da seção dos condutores fase, quando as condições a seguir forem atendidas simultaneamente:
- O circuito for equilibrado em serviço normal;
  - A corrente das fases não contiver uma taxa de terceira harmônica e múltiplos superior a 15%;
  - O condutor neutro for protegido contra sobrecorrente.

A figura 12 ilustra a seção reduzida do condutor neutro em função da seção do condutor fase.

*Figura 12: Seção reduzida do condutor neutro em função do condutor de fase*

Seção dos condutores de fase mm <sup>2</sup>	Seção reduzida do condutor neutro mm <sup>2</sup>
S ≤ 25	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

<sup>1)</sup> As condições de utilização desta tabela são dadas em 6.2.6.2.6.

(fonte: NBR 5410, 2004)

### 2.1.6.2.3 Condutor de Proteção

A seção dos condutores de proteção deve ser calculada conforme a equação a seguir, para tempos de seccionamento que não excedam 5 s.

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

Onde:

$S$  é a seção do condutor em milímetros quadrados;

$I$  é o valor eficaz da corrente de falta presumida, em ampères;

$t$  é o tempo de atuação do dispositivo de proteção responsável pelo seccionamento automático, em segundos;

$k$  é um fator que depende do material do condutor de proteção, de sua isolamento e das temperaturas inicial e final do condutor. O fator  $k$  para condutor de cobre com isolamento em PVC é 143.

Alternativamente ao uso da equação anterior, a norma estabelece que a seção do condutor de proteção pode ser determinada através da figura 13. Quando a aplicação da tabela resultar em seções não padronizadas, devem ser escolhidos condutores com seção padronizada mais próxima.

Figura 13: Seção mínima do condutor de proteção em função do condutor fase

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

(fonte: NBR 5410, 2004)

A NBR 5410 (2004) estabelece que um condutor de proteção pode ser comum a dois ou mais circuitos, desde que esteja instalado no mesmo conduto que os respectivos condutores de fase e sua seção seja dimensionada conforme uma das seguintes opções:

- Calculada conforme a equação (2) apresentada nessa seção, para a mais severa corrente de falta presumida e o mais longo tempo de atuação do dispositivo de seccionamento automático verificados nesses circuitos;



Selecionada segundo a Figura 13: Seção mínima do condutor de proteção em função do condutor fase

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

(fonte: NBR 5410, 2004)

- , com base na maior seção do condutor de fase desses circuitos.

### 2.1.6.3 Capacidade de Condução de Corrente

A NBR 5410 (2004) estabelece as prescrições sobre a capacidade máxima de condução de corrente, com o intuito de garantir a vida útil dos condutores e das isolações, submetidos aos efeitos térmicos produzidos pela circulação de corrente elétrica durante períodos prolongados e em serviço normal. A norma também estabelece outras diretrizes para a determinação da seção dos condutores, inerentes a proteção contra choques elétricos, efeitos térmicos, sobrecorrentes e quedas de tensão, bem como as temperaturas máximas admissíveis pelos terminais dos componentes da instalação aos quais os condutores estão ligados.

O material da isolação dos condutores influencia na capacidade de condução de corrente, sendo as principais características para a escolha do tipo de isolação a temperatura de serviço contínuo, temperatura de sobrecarga e temperatura de curto-circuito. A NBR 5410 (2004) estabelece que a corrente transportada por qualquer condutor, durante períodos prolongados em serviço normal, deve ser tal que a temperatura máxima para serviço contínuo não seja superior a  $70^{\circ}\text{C}$  e  $90^{\circ}\text{C}$  para condutores com isolação em PVC e EPR/XLPE, respectivamente.

Diferentes materiais na isolação garantem características únicas para a instalação, ficando a cargo do projetista a escolha do material ideal para o projeto. A isolação em PVC possui elevada rigidez dielétrica, elevada perda dielétrica principalmente em tensões superiores a 10 kV, alta resistência a água e agentes químicos, boa característica de não propagação de chama, é comum no mercado brasileiro e possui preço acessível, enquanto a isolação em EPR possui excelente resistência ao envelhecimento térmico, ótima flexibilidade, elevada rigidez

dielétrica, baixa perda dielétrica, boa resistência a água e agentes químicos, possui preço mais elevado que a PVC e em geral é utilizada em instalações de média e alta tensão.

Para o dimensionamento da corrente elétrica, deve-se levar em conta a capacidade máxima de condução de corrente dos condutores, os métodos de referência e isolamento, a corrente de projeto e a corrente de projeto corrigida pelos fatores de correção. A figura 14 ilustra a capacidade de condução de corrente para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D.

Figura 14: Capacidade de condução de corrente de condutores de cobre com isolamento de PVC para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D.

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

fonte: (Adaptado de NBR 5410, 2004)

### 2.1.6.3.1 Corrente de Projeto

Segundo a NBR 5410, a corrente nominal ou corrente de projeto pode ser calculada por:

- Circuitos Monofásicos:

$$I_b = \frac{P}{V_f} \quad (3)$$

- Circuitos Bifásicos:

$$Ib = \frac{P}{Vl} \quad (4)$$

- Circuitos Trifásicos Equilibrados:

$$Ib = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot Vl \cdot FP \cdot n} \quad (5)$$

- Circuitos Trifásicos Desequilibrados:

$$Ib = \frac{P}{3 \cdot Vf \cdot FP \cdot n} \quad (6)$$

Onde:

$Ib$  é a corrente de projeto em ampères (A);

$P$  é a potência do circuito em watts (W) ou volt-ampère (VA);

$Vl$  é a tensão de linha em (V);

$Vf$  é a tensão de fase em (V);

$FP$  é o fator de potência do circuito ou equipamento;

$n$  é o rendimento do equipamento ou circuito.

### 2.1.6.3.2 Corrente de Projeto Corrigida

A corrente de projeto corrigida é um valor fictício da corrente do circuito, obtida quando se submete a corrente de projeto a fatores de correção. Os principais fatores de correção são temperatura e condutores agrupados.

$$Ib' = \frac{Ib}{FCT \cdot FCA} \quad (7)$$

Onde:

$Ib'$  é a corrente de projeto corrigida em ampères (A);

$FCT$  é o fator de correção de temperatura;

$FCA$  é o fator de correção de condutores agrupados.

Segundo LIMA FILHO (2011), o fator de correção de temperatura (FCT) é aplicável quando as temperaturas ambientes são diferentes de 30°C para cabos não enterrados e 20°C para cabos enterrados.

A figura 15 ilustra os fatores de correção para isolações de PVC e EPR ou XLPE.

Figura 15: Fator de correção de temperatura para ambientes diferentes de 30°C

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

(fonte: NBR 5410, 2004)

Já o fator de correção para condutores agrupados (FCA), é aplicável para circuitos que estejam instalados em conjunto com outros circuitos em um mesmo eletroduto, calha, bandeja, agrupados sobre uma superfície, em eletrodutos enterrados ou ainda para cabos diretamente enterrados no solo (LIMA FILHO, 2011). A figura 16 ilustra os fatores de correção para condutores agrupados em feixe.

Figura 16: Fator de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe

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

NOTAS

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

(fonte: NBR 5410, 2004)

Segundo a NBR 5410 (2004), os fatores de agrupamento indicados na Figura 16 são válidos para grupos de condutores semelhantes, igualmente carregados. São considerados condutores semelhantes aqueles cujas capacidades de condução de corrente baseiam-se na mesma temperatura máxima para serviço contínuo e cujas seções nominais estão contidas no intervalo de três seções normalizadas sucessivas. Quando os condutores de um grupo não preenchem esse pré-requisito, os fatores de agrupamento aplicáveis devem ser obtidos segundo a equação (8).

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}} \quad (8)$$

Onde:

$F$  é o fator de correção para circuitos agrupados;

$n$  é o número de circuitos ou cabos multipolares.

#### 2.1.6.4 Queda de Tensão

A queda de tensão provocada pela passagem de corrente elétrica nos condutores dos circuitos de uma instalação elétrica deve estar dentro de determinados limites máximos, a fim de não prejudicar o funcionamento dos circuitos de utilização ligados aos circuitos terminais. (LIMA FILHO, 2011).

Quando o efeito da queda de tensão está acentuado nos circuitos alimentadores e terminais de uma instalação, os equipamentos acabam por receber, em seus terminais, uma tensão inferior aos valores nominais. A queda de tensão é extremamente prejudicial ao desempenho dos equipamentos, pois além de não funcionarem corretamente, podem ter sua vida útil reduzida.

A NBR 5410 (2004) estabelece valores percentuais máximos admissíveis para a queda de tensão, em função do valor da tensão nominal, em qualquer ponto de utilização e para os diversos tipos de instalações e cargas, devendo estar dentro dos seguintes limites indicados abaixo:

- a) 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade das unidades consumidoras;
- b) 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado;
- c) 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição;
- d) 7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio.

Notas:

1. Estes limites de queda de tensão são válidos quando a tensão nominal dos equipamentos de utilização previstos for coincidente com a tensão nominal da instalação;
2. Nos casos “a”, “b” e “d”, quando as linhas principais da instalação tiverem um comprimento superior a 100 m, as quedas de tensão podem ser aumentadas de 0,005% por metro de linha superior a 100 m, sem que essa suplementação seja superior a 0,5%;
3. Em nenhum caso a queda de tensão nos circuitos terminais pode ser superior a 4%;
4. Quedas de tensão maiores do que as indicadas em “a”, “b”, “c” e “d” são permitidas para equipamentos com corrente de partida elevada, durante o período da partida,

desde que dentro dos limites permitidos em suas normas respectivas.

A figura 17 ilustra os limites máximos de queda de tensão admissíveis em uma edificação.

Figura 17: Limites máximos de queda de tensão



fonte: (Adaptado de Notas de aula do professor Igor Pasa Wiltuschnig, 2017)

Existem dois métodos mais utilizados para se determinar a seção dos condutores e se calcular a queda de tensão permitida. O primeiro é a queda de tensão unitária (volts / ampère x km), utilizado para circuitos de distribuição e para circuitos terminais que servem a uma única carga, sendo necessário calcular trecho a trecho para circuitos com várias cargas distribuídas. Já o segundo método é pela soma dos produtos da potência pela distância (watt x metro), utilizado principalmente em circuitos com várias cargas distribuídas, como circuitos de iluminação e de tomadas de uso geral.

O primeiro método é o cálculo da queda de tensão unitária  $\Delta V_{unit}$ , o qual deve-se conhecer os seguintes dados:

- Maneira de instalar o circuito;
- Material do eletroduto (magnético ou não magnético);
- Tipo do circuito (monofásico, bifásico ou trifásico);
- Corrente de projeto  $I_b$ , em ampères;
- Fator de potência médio do circuito FP;
- Comprimento  $l$  do circuito, em km;
- Tipo de isolamento do condutor;
- Tensão  $V$  do circuito, em volts;
- Queda de tensão e (%) admissível.

Então, a queda de tensão unitária  $\Delta V_{unit}$ , em volts/ampère.km é calculada a partir da seguinte equação:

$$\Delta V_{unit} = \frac{e(\%).V}{Ib.l} \quad (9)$$

Onde:

$\Delta V_{unit}$  é a queda de tensão unitária em volts/ampère.km;

$e(\%)$  é a queda de tensão admissível;

$V$  é a tensão em volts (V);

$Ib$  é a corrente de projeto em ampères (A);

$l$  é o comprimento do circuito em quilômetros (km).

A partir do valor de  $\Delta V_{unit}$  calculado, encontramos o valor da seção do condutor utilizando o quadro 1, cujo valor de queda de tensão seja igual ou imediatamente inferior à calculada, respeitando as características dos dados conhecidos.

Quadro 1: Queda de tensão unitária, em Volt/Ampère.Km

Seção Nominal (mm <sup>2</sup> )	Eletroduto e calha fechada (material magnético)		Eletroduto e calha fechada (material não magnético)			
	Sistema monofásico		Sistema monofásico	Sistema trifásico	Sistema monofásico	Sistema trifásico
	FP=0,8	FP=0,95	FP=0,8	FP=0,95	FP=0,8	FP=0,95
1,5	23	27,4	23,3	27,6	20,2	23,9
2,5	14	16,8	14,3	16,9	12,4	14,7
4	9	10,5	8,96	10,6	7,79	9,15
6	5,87	7	6,03	7,07	5,25	6,14
10	3,54	4,2	3,63	4,23	3,17	3,67
16	2,27	2,7	2,32	2,68	2,03	2,33
25	1,5	1,72	1,51	1,71	1,33	1,49
35	1,12	1,25	1,12	1,25	0,98	1,09
50	0,86	0,95	0,85	0,94	0,76	0,82
70	0,64	0,67	0,62	0,67	0,55	0,59
95	0,5	0,51	0,48	0,5	0,43	0,44

(fonte: Adaptado de Lima Filho, 2011)

O segundo método é o cálculo da queda de tensão pela soma dos produtos da potência pela distância (watt x metro). Esse método é utilizado em casas e apartamentos, onde há diversas cargas distribuídas (iluminação e tomadas). O método tem como base o quadro 2 e o quadro 3, referentes as tensões de 127 V e 220V e é calculado segundo a equação:

$$\sum P \times l \quad (10)$$

Onde:

$P$  é a potência da carga, em watts;

$l$  é a distância, em metros, da carga até o quadro que a alimenta.



Quadro 2: Soma dos produtos das potências (watts) x distâncias (m) para  $V=127V$

Condutor série métrica (mm <sup>2</sup> ) S	% Queda de tensão			
	1%	2%	3%	4%
	$\sum P_{\text{watts}} \times L \text{ (m)}$			
1,5	5263	10526	15789	21052
2,5	8773	17546	26319	35092
4	14036	28072	42108	56144
6	21054	42108	63162	84216
10	35090	70100	105270	140360
16	56144	112288	168432	224576
25	87725	175450	263175	350900

(fonte: Adaptado de Lima Filho, 2011)

Quadro 3: Soma dos produtos das potências (watts) x distâncias (m) para  $V=220V$

Condutor série métrica (mm <sup>2</sup> ) S	% Queda de tensão			
	1%	2%	3%	4%
	$\sum P_{\text{watts}} \times L \text{ (m)}$			
1,5	21054	42108	63163	84216
2,5	35090	70180	105270	140360
4	56144	112288	168432	224576
6	84216	168432	253648	336864
10	140360	280720	421080	561440
16	224576	449152	673728	898304
25	350900	701800	1052700	1403600

(fonte: Adaptado de Lima Filho, 2011)

### 2.1.7 Dimensionamento dos Eletrodutos

Segundo LIMA FILHO (2011), os condutos são componentes de uma instalação que propiciam um meio envoltório aos condutores elétricos. Os eletrodutos destacam-se como o conduto que tem maior aplicação nas instalações elétricas, principalmente nas instalações prediais.

As principais funções dos eletrodutos são de propiciar aos condutores proteção mecânica, proteção contra ataques do meio ambiente (corrosão ou ataques químicos), proteção contra os perigos de incêndio (antichama) e propiciar aos condutores um envoltório metálico aterrado, evitando choques elétricos (LIMA FILHO, 2011).

### **2.1.7.1 Disposição dos Condutores**

A NBR 5410 (2004) admite que eletrodutos fechados contenham condutores de mais de um circuito, no caso dos circuitos de força, de comando e/ou de sinalização de um mesmo equipamento quando as seguintes condições forem simultaneamente atendidas:

- Os circuitos pertencerem à mesma instalação, ou seja, originam-se do mesmo dispositivo geral de manobra e proteção;
- As seções nominais dos condutores de fase estiverem contidas dentro de um intervalo de três valores normalizados sucessivos;
- Todos os condutores possuírem a mesma temperatura máxima para serviço contínuo;
- Todos os condutores forem isolados para a mais alta tensão nominal presente;

### **2.1.7.2 Prescrições de Instalação**

A NBR 5410 (2004) estabelece diretrizes sobre a instalação dos eletrodutos, sendo elas:

- São admitidos em instalações elétricas apenas eletrodutos que não propagam chama;
- Em instalações embutidas, os eletrodutos devem suportar os esforços de deformação característicos da técnica construtiva utilizada;
- Em qualquer situação, os eletrodutos devem suportar as solicitações mecânicas, químicas, elétricas e térmicas a que forem submetidos nas condições da instalação.

As dimensões internas dos eletrodutos e de suas conexões devem permitir que, após a montagem da linha, os condutores possam ser instalados e retirados com facilidade. Desta forma, a taxa de ocupação do eletroduto é calculada com base no diâmetro externo, e a área útil da seção transversal do eletroduto, segundo as prescrições abaixo (NBR 5410, 2004):

- 53% no caso de um condutor;
- 31% no caso de dois condutores;
- 40% no caso de três ou mais condutores.

#### **2.1.7.2.1 Caixas de Passagem**

As caixas de passagem têm as funções de abrigar equipamentos e emendas de condutores, limitar o comprimento de trechos de tubulação, ou ainda limitar o número de curvas entre os diversos trechos de uma instalação (LIMA FILHO, 2011).

Os trechos contínuos da tubulação, sem interposição de caixas de passagem ou equipamentos, não devem exceder 15 m de comprimento para linhas internas às edificações e 30 m para linhas em áreas externas às edificações, se os trechos forem retilíneos. Se os trechos incluírem curvas, o limite de 15 m e o de 30 m devem ser reduzidos em 3 m para cada curva de 90° (NBR 5410, 2004).

A NBR 5410 (2004) estabelece que quando não for possível a colocação de caixas de passagem, o comprimento do trecho pode ser aumentado além dos 15 m para trechos de tubulação internos e 30 m para trechos externos à edificação, desde que seja utilizado um eletroduto de tamanho nominal imediatamente superior para cada 6 m, ou fração, de aumento de distância máxima. Assim, um aumento de 9 m, implica em um eletroduto com tamanho dois degraus acima do inicialmente definido.

A NBR 5410 diz que em cada trecho da tubulação delimitado, de um lado e de outro, por caixa ou extremidade de linha, qualquer que seja essa combinação, podem ser instaladas no máximo três curvas de 90° ou seu equivalente até no máximo 270°. Em nenhuma circunstância devem ser instaladas curvas com deflexão superior a 90°.

Os condutores devem formar trechos contínuos entre as caixas de passagem, não se admitindo emendas e derivações senão no interior das caixas. Condutores emendados ou cuja isolamento tenha sido danificada e recomposta com fita isolante ou outro material não devem ser enfiados em eletrodutos (NBR 5410, 2004).

Devem ser empregadas caixas de passagem em todos os pontos de entrada e saída de tubulação, em todos os pontos de emenda ou derivação dos condutores, para dividir a tubulação em trechos não maiores do que os especificados anteriormente. As caixas devem ser instaladas em lugares de fácil acesso e providas de tampas. (LIMA FILHO, 2011).

### **2.1.7.3 Método de Dimensionamento**

Para realizar o dimensionamento dos eletrodutos é necessário seguir o seguinte roteiro:

- a) Determinar a área total ocupada por cada condutor, aplicando o quadro 4;
- b) Realizar o somatório das áreas dos condutores calculadas pelo item anterior;
- c) Determinar o diâmetro externo nominal do eletroduto (mm), analisando a taxa máxima de ocupação e consultando o quadro 5;
- d) Caso os condutores instalados em um mesmo eletroduto sejam do mesmo tipo e tenham seções nominais iguais, pode-se encontrar o diâmetro externo nominal do

eletroduto em função da quantidade e seção dos condutores, utilizando o quadro 6 e o quadro 7.

*Quadro 4: Dimensões totais dos condutores isolados de fios e cabos*

Seção Nominal dos Condutores (mm <sup>2</sup> )	Isolação de PVC	
	Diâmetro Externo (mm)	Área Total (mm <sup>2</sup> )
1,5	2,8/3,0	6,2/7,1
2,5	3,4/3,7	9,01/10,7
4	3,9/4,2	11,9/13,8
6	4,4/4,8	15,2/18,1
10	5,6/5,9	24,6/27,3
16	6,5/6,9	33,2/37,4
25	8,5	56,7
35	9,5	71,0
50	11,0	95,0
70	13,0	133,0
95	15,0	177,0
120	16,5	214,0
150	18,0	254,0
185	20,0	314,0
240	23,0	415,0

(fonte: Adaptado de Lima Filho, 2011)

*Quadro 5: Área útil de eletrodutos de PVC rígido*

Referência de Rosca	Diâmetro Nominal (mm)	Área útil 1 cabo (53%)	Área útil 2 cabos (31%)	Área útil ≥3 cabos (40%)
3/8"	16	67,1	39,3	50,7
1/2"	20	107,9	63,1	81,4
3/4"	25	183,6	107,4	138,6
1"	32	299	174,9	225,6
1.1/4"	40	509,9	298,3	384,8
1.1/2"	50	659,4	385,7	497,6
2"	60	1049	613,6	791,7
2.1/2"	75	1710,3	1000,4	1290,8
3"	85	2379,1	1391,5	1795,5

(fonte: Adaptado de Lima Filho, 2011)

Quadro 6: Ocupação máxima dos eletrodutos de PVC por condutores de mesma bitola

Seção Nominal dos Condutores (mm <sup>2</sup> )	Número de Condutores no Eletroduto								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Tamanho Nominal do Eletroduto								
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	25	32	32
10	20	20	25	25	32	32	32	40	40
16	20	25	25	32	32	40	40	40	40
25	25	32	32	40	40	40	50	50	50
35	25	32	40	40	50	50	50	50	60
50	32	40	40	50	50	60	60	60	75
70	40	40	50	50	60	60	75	75	75
95	40	50	60	60	75	75	75	85	85
120	50	50	60	75	75	75	85	85	-
150	50	60	75	75	85	85	-	-	-
185	50	75	75	85	85	-	-	-	-

(fonte: Lima Filho, 2011)

Quadro 7: Ocupação máxima dos eletrodutos de aço por condutores de mesma bitola

Seção Nominal dos Condutores (mm <sup>2</sup> )	Número de Condutores no Eletroduto								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Tamanho Nominal do Eletroduto								
1,5	15	15	15	15	15	15	20	20	20
2,5	15	15	15	20	20	20	20	25	25
4	15	15	20	20	20	25	25	25	25
6	15	20	20	25	25	25	25	31	31
10	20	20	25	25	31	31	31	31	41
16	20	25	25	31	31	41	41	41	41
25	25	31	31	41	41	41	47	47	47
35	25	31	41	41	41	47	59	59	59
50	31	41	41	47	59	59	59	75	75
70	41	41	47	59	59	59	75	75	75
95	41	47	59	59	75	75	75	88	88
120	41	59	59	75	75	75	88	88	88
150	47	59	75	75	88	88	100	100	100
185	59	75	75	88	88	100	100	113	113
240	59	75	88	100	100	113	113	-	-

(fonte: Lima Filho, 2011)

### 2.1.8 Dispositivos de Proteção

Os dispositivos de proteção têm a função de garantir a segurança dos usuários e a integridade dos componentes da instalação elétrica, para isso, A NBR 5410 (2004) estabelece orientações quanto aos dispositivos adequados para minimizar ou anular os efeitos de uma

eventual falha no sistema, como sobrecorrentes, sobrecargas ou curtos-circuitos.

Segundo o LIMA FILHO (2011), os dispositivos de proteção podem ser monoplares, bipolares ou tripolares e são classificados quanto aos seus tipos de proteção, sendo eles:

- Proteção contra curto-circuito (fusíveis, disjuntores magnéticos);
- Proteção contra sobrecargas (relés térmicos ou bimetálicos);
- Proteção contra curtos-circuitos e sobrecargas (disjuntores termomagnéticos);
- Proteção de pessoas contra choques elétricos e contra riscos de incêndios (disjuntores diferenciais, residuais, que normalmente são fornecidos com o módulo termomagnético acoplado);

### **2.1.8.1 Disjuntores**

Os disjuntores termomagnéticos de caixa moldada são os dispositivos de proteção que têm maior utilização em instalações prediais de baixa tensão (LIMA FILHO, 2011).

Segundo Lima Filho (2011), os disjuntores são montados em uma caixa de material isolante que serve para abrigar e suportar suas partes e componentes. Possuem acionamento manual e são equipados com disparadores magnéticos que atuam em caso de curto-circuito (bobina eletromagnética) e disparadores térmicos que atuam em caso de sobrecarga (lâmina bimetálica). Modelos mais elaborados ainda possuem ajuste para a atuação dos disparadores térmicos e eletromagnéticos, em alguns casos, podem ter disparadores de subtensão (bobina de mínima).

A capacidade de interrupção de um dispositivo de proteção é o valor de corrente de interrupção presumida que o dispositivo é capaz de interromper, sob uma determinada tensão respeitadas as condições estabelecidas em norma. Na prática, é o maior valor de corrente de curto-circuito que o dispositivo é capaz de interromper, sem soldar os contatos ou explodir (LIMA FILHO, 2011). A figura 18 ilustra um disjuntor termomagnético bipolar da marca STECK.

Figura 18: Disjuntor termomagnético bipolar



(fonte: Steck, 2017)

### 2.1.8.2 Diferencial Residual

Os dispositivos de proteção à corrente diferencial residual (DR) visam garantir a proteção de pessoas e animais contra choques elétricos provocados por contatos diretos e/ou indiretos com partes energizadas, bem como proteção contra os riscos de incêndio devido aos possíveis efeitos de circulação das correntes de fuga ou de falta para a terra (LIMA FILHO, 2011).

A corrente diferencial residual é a soma fasorial das correntes que percorrem os condutores vivos de um circuito em um determinado ponto, o valor  $I_{DR}$  será nulo, a menos que existam correntes de fuga ou de falta para a terra no circuito. Na prática, todos os circuitos possuem corrente de fuga, devido a inexistência de isolamento perfeita. O dispositivo DR supervisiona a existência de corrente diferencial residual ( $I_{DR}$ ) no circuito ao qual está conectado, atuando e provocando o seccionamento da alimentação do circuito, sempre que o valor de  $I_{DR}$  ultrapassar o valor da corrente diferencial residual nominal  $I_{\Delta N}$  de atuação do dispositivo (LIMA FILHO, 2011).

Segundo LIMA FILHO (2011), no mercado existem dispositivos de proteção a corrente diferencial residual fornecidos em módulos acoplados elétrica e mecanicamente a disjuntores termomagnéticos, garantindo, desta forma, proteção contra sobrecargas, curtos-circuitos e choques elétricos em um mesmo dispositivo. Os dispositivos DR podem ser aplicados de diversas formas, entretanto existem recomendações que devem ser seguidas para a correta instalação:

1. Os dispositivos termomagnéticos diferenciais residuais (módulos acoplados em um único dispositivo), sendo dimensionados para atender simultaneamente as prescrições contra sobrecorrentes e choques elétricos;
2. Podem ser instalados dispositivos DR na proteção geral da instalação ou nas proteções individuais dos circuitos terminais;
3. Quando tiver dispositivos DR instalados na proteção geral e nos circuitos terminais, deve ser feita uma coordenação na atuação da proteção. O dispositivo mais sensível de atuação (menor  $I_{\Delta N}$ ) deve ser instalado no circuito terminal e o de maior sensibilidade no circuito de distribuição, obedecendo os limites estipulados em norma;
4. Em instalações residências, nos circuitos terminais de locais molhados (banheiros, piscinas e locais análogos) é recomendável o uso de dispositivo diferencial residual. As tomadas de corrente desses locais devem ser instaladas obedecendo as distâncias mínimas e feitas ligações de equipotencialidade conforme estabelece a NBR 5410;
5. Em nenhum caso o condutor neutro deve ser interligado à jusante de um dispositivo diferencial residual.

A figura 19 ilustra o dispositivo de proteção diferencial residual da marca STECK.

*Figura 19: Dispositivo de proteção diferencial residual*



(fonte: Steck, 2017)



### 2.1.8.3 Dispositivo de Proteção Contra Surtos

Segundo a PRYSMIAN CABLES AND SYSTEMS (2006), o DPS protege a instalação elétrica e seus componentes contra as sobretensões provocadas diretamente pela queda de descargas atmosféricas na edificação e nas proximidades ou, em alguns casos, provocadas por ligamentos ou desligamentos da rede elétrica pela concessionária.

Os dispositivos de proteção contra surtos possuem três classes e são classificados de acordo com sua capacidade de suportar maiores ou menores sobretensões, sendo geralmente o de classe I instalado em edificações altas, o de classe II em residências e o de classe III ligados exclusivamente em equipamentos eletroeletrônicos ou eletrodomésticos (PRYSMIAN CABLES AND SYSTEMS, 2006).

Segundo o manual de instalações elétricas da Prysmian, o DPS é ligado entre os condutores de fase e a barra de aterramento no quadro de distribuição quando o condutor neutro é aterrado, podendo ainda ser instalado antes ou depois do dispositivo geral de proteção do quadro, entretanto, é mais usual instalá-lo antes da proteção. A figura 20 ilustra os dispositivos de proteção contra surto da marca STECK.

Figura 20: Dispositivos de proteção contra surtos marca STECK



(fonte: Steck, 2017)

#### 2.1.8.4 Dimensionamento dos Dispositivos de Proteção

Segundo a NBR 5410 (2004), devem ser previstos dispositivos de proteção para interromper toda a corrente de sobrecarga e de curto-circuito nos condutores dos circuitos, antes que os efeitos térmicos e mecânicos destas correntes possam prejudicar o funcionamento dos componentes da instalação (isolação, ligações, terminais) ou às vizinhanças das linhas.

##### 2.1.8.4.1 Proteção Contra Sobrecargas

Para assegurar a proteção dos condutores contra sobrecargas a corrente nominal dos disjuntores deve ser tal que:

$$a) I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$b) I_2 \leq 1,45I_Z$$

Onde:

$I_B$  é a corrente de projeto do circuito;

$I_Z$  é a capacidade de condução de corrente dos condutores, seguindo os fatores de correção estabelecidos através da capacidade de condução de corrente;

$I_N$  é a corrente nominal do dispositivo de proteção (disjuntor);

$I_2$  é a corrente que assegura efetivamente a atuação do dispositivo de proteção, para os disjuntores é a corrente convencional de atuação.

##### 2.1.8.4.2 Proteção Contra Curtos-Circuitos

Deve haver dispositivos de proteção em todos os pontos da instalação em que for presumida a ocorrência de correntes de curto-circuito (desde que dentro dos parâmetros normalmente esperados).

LIMA FILHO (2011) descreve as seguintes diretrizes para o cálculo do tempo de atuação do dispositivo de proteção para correntes de curto-circuito:

- O dispositivo de proteção deve ter capacidade de ruptura compatível com a corrente de curto-circuito presumida no ponto de sua instalação.

$$IR \geq Ics$$

- O dispositivo de proteção deve ser rápido o suficiente para que os condutores do circuito não ultrapassem a temperatura limite.

$$Tdd \leq t$$

- O tempo de atuação do dispositivo de proteção para curtos circuitos simétricos e com duração menor que 5 segundos é calculado segundo a equação:

$$t = \frac{K^2 S^2}{I_{cs}^2} \quad (11)$$

Onde:

$I_R$  é a corrente de ruptura do dispositivo de proteção;

$I_{cs}$  é a corrente de curto-circuito presumida no ponto de instalação do dispositivo;

$T_{dd}$  é o tempo de disparo do dispositivo de proteção para valores de  $I_{cs}$ ;

$t$  é o tempo limite de atuação do dispositivo de proteção, em segundos;

$S$  é a seção do condutor, em  $\text{mm}^2$ ;

$K$  é a constante relacionada ao material e a isolação do condutor, segundo:

- $K = 115$  para condutores de cobre com isolação de PVC, para seções nominais até  $300 \text{ mm}^2$ , ou  $K = 103$  para seções superiores;
- $K = 143$  para condutores de cobre com isolação de EPR ou XLPE;
- $K = 76$  para condutores de alumínio com isolação de PVC, para seções nominais até  $300 \text{ mm}^2$ , ou  $K = 68$  para seções superiores;
- $K = 94$  para condutores de alumínio com isolação de EPR ou XLPE.

### 2.1.9 Aterramento

Em uma instalação elétrica existem dois tipos de aterramento, o aterramento funcional e o de proteção.

Segundo a NBR 5410 (2004), o aterramento funcional deve ser utilizado para garantir o funcionamento correto dos equipamentos, ou para garantir o funcionamento adequado das instalações. O aterramento funcional consiste na ligação de um dos condutores, em geral o neutro, à terra, isso porque o potencial elétrico do neutro é teoricamente nulo em relação ao potencial da terra.

O aterramento de proteção consiste na ligação das massas (carcaças metálicas de quadros de distribuição, de transformadores, de motores, eletrodutos metálicos, etc.) e de elementos condutores estranhos à instalação elétrica à terra, com o objetivo de garantir a proteção contra contatos indiretos (LIMA FILHO, 2011).

### 2.1.9.1 Componentes do Sistema de Aterramento

Segundo LIMA FILHO (2011), toda instalação elétrica predial deve possuir o sistema de aterramento. Os principais componentes segundo a NBR 5410 são:

- Terra: Superfície equipotencial que se considera como o potencial zero para a transferência de tensões elétricas;
- Sistema de Aterramento: Conjunto de todos os condutores e peças com os quais é constituído o aterramento em um determinado local;
- Eletrodo de Aterramento: Conductor ou conjunto de condutores enterrados no solo e eletricamente ligados à terra. Os eletrodos mais utilizados são as hastes de aterramento, que são rígidas, de cantoneiras de aço galvanizado, ou circulares de aço revestidas em cobre, cravadas no solo;
- Terminal de Aterramento Principal: Terminal ou barra cuja função é interligar o condutor de aterramento aos condutores de proteção, inclusive os condutores de equipotencialidade e condutores de aterramento funcional;
- Conductor de Aterramento: Conductor que interliga o terminal de aterramento principal ao eletrodo de aterramento;
- Ligação Equipotencial: Ligação elétrica entre massas e/ou condutores estranhos à instalação, a fim de evitar diferenças de potencial entre elas;
- Condutores de Equipotencialidade Principais: Interligam as tubulações metálicas não pertencentes à instalação elétrica (instalações hidráulicas, de gás, etc.), os elementos metálicos e as estruturas de construção ao terminal de aterramento;  
Condutores de Equipotencialidade Suplementares: Interligam ao terminal de aterramento principal os eletrodos de aterramento da antena externa de TV e do SPDA, quando estes possuírem sistemas de aterramento separados;
- Conductor de Proteção (PE): Conductor que liga as massas e os elementos estranhos à instalação entre si e/ou a um terminal de aterramento;
- Conductor PEN: Conductor que cumpre a função de condutor de proteção PE e de condutor neutro N;
- Dispositivo de Proteção do Sistema de Aterramento: Dispositivo situado em local acessível, combinado com o aterramento principal, tem por finalidade desligar o condutor de aterramento e permitir a medição da resistência de aterramento do

eletrodo.

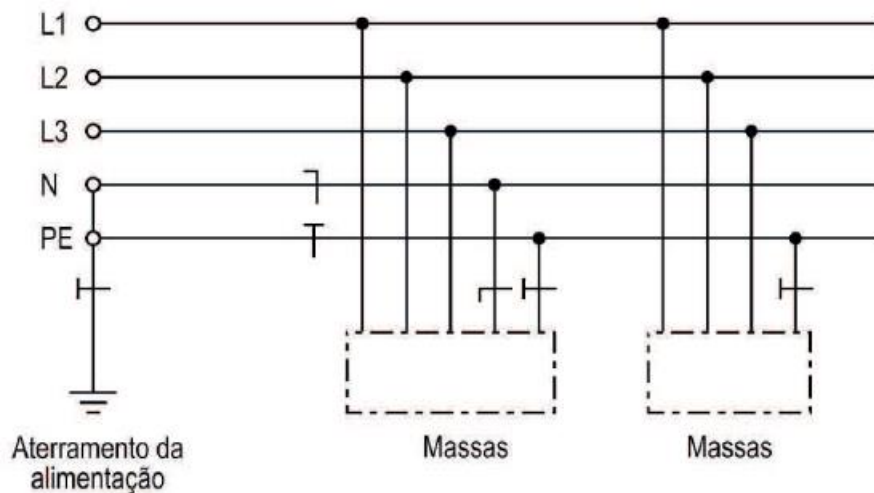
### 2.1.9.2 Esquemas de Aterramento

Segundo a NBR 5410 (2004), os sistemas de proteção de baixa tensão devem possuir um sistema que segue um dos esquemas indicados a seguir, onde a simbologia representa:

1. Primeira Letra: Situação da alimentação em relação à terra.
  - T = um ponto diretamente aterrado;
  - I = isolamento de todas as partes vivas em relação à terra ou aterramento de um ponto através de uma impedância.
2. Segunda Letra: Situação das massas da instalação elétrica em relação à terra.
  - T = massas diretamente aterradas, independentemente do aterramento eventual de um ponto da instalação;
  - N = massas ligadas diretamente ao ponto de alimentação aterrado (normalmente o neutro).
3. Outras Letras: Disposição dos condutores neutro e de proteção.
  - S = funções de neutro e de proteção asseguradas por condutores distintos;
  - C = funções de neutro e de proteção combinadas em um único condutor (PEN).

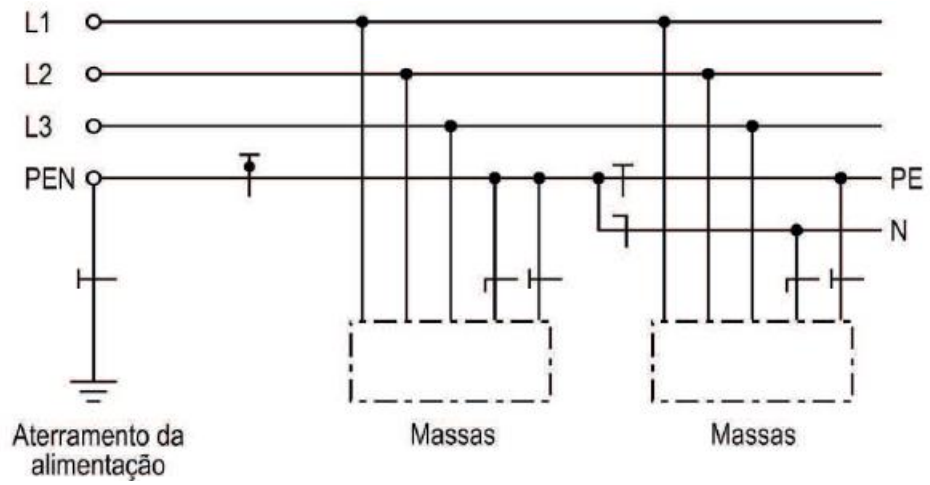
As figuras abaixo ilustram os esquemas de aterramento TN-S, TN-C-S, TN-C, TT e IT.

Figura 21: Esquema TN-S



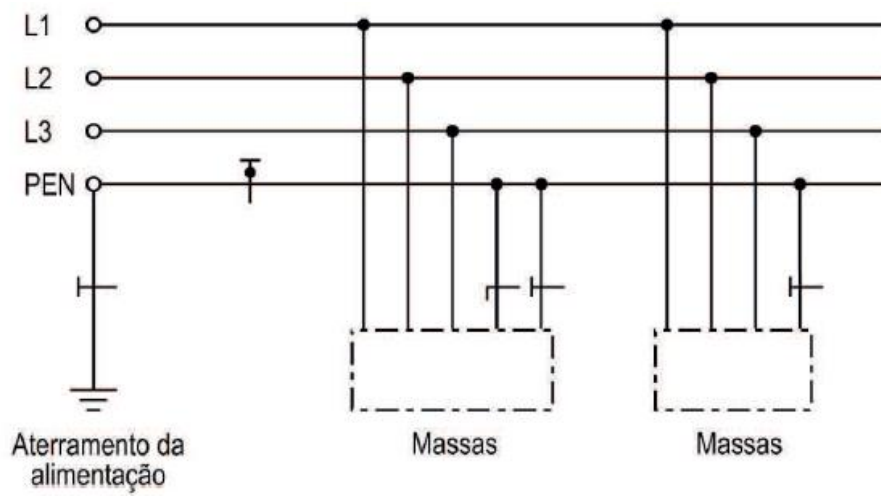
(fonte: NBR5410, 2004)

Figura 22: Esquema TN-C-S



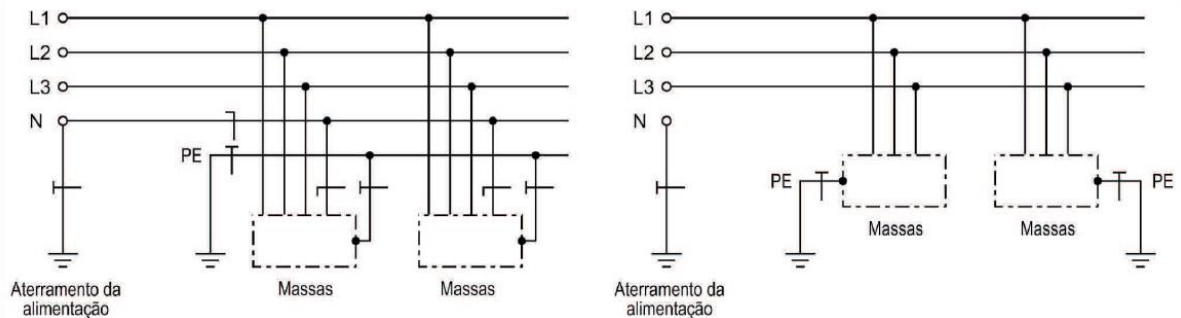
(fonte: NBR5410, 2004)

Figura 23: Esquema TN-C



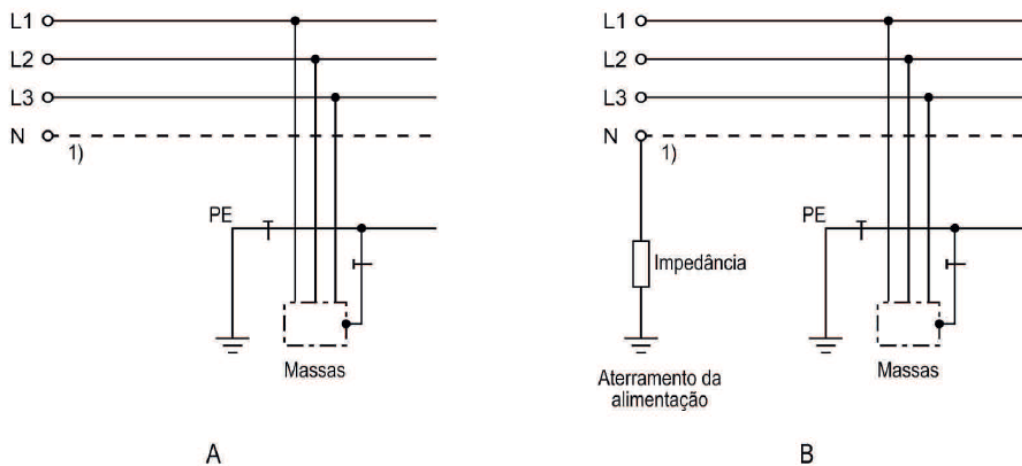
(fonte: NBR5410, 2004)

Figura 24: Esquema TT



(fonte: NBR5410, 2004)

Figura 25: Esquemas IT sem aterramento da alimentação (A) e com alimentação aterrada através de impedância (B)



(fonte: NBR5410, 2004)

Os esquemas oferecem o mesmo grau de proteção às pessoas, no entanto algumas precauções devem ser observadas, visando a adequada seleção de um deles e sua correta aplicação em função da natureza e funcionamento das instalações elétricas, sendo elas:

- Quando a alimentação do consumidor provier de uma rede pública de baixa tensão, o condutor neutro deve ser sempre aterrado na origem da instalação. Nesse caso não pode utilizar o esquema IT;
- O valor da corrente de falta e a ocasião de sua interrupção são dados relevantes para a escolha do esquema de aterramento mais adequado;
- Em locais com risco de incêndio ou explosões, não deve ser utilizado o esquema TN, devido a sua elevada corrente de falta;
- Em locais como hospitais e instalações específicas de segurança, onde a continuidade do serviço é fundamental, deve-se optar pelo esquema IT, quando

possível, pois nesse esquema a interrupção só acontece na segunda falta;

- e) Segundo LIMA FILHO (2011), deve-se evitar usar o esquema TT em instalações com equipamentos que apresentam correntes de fuga consideráveis, devido à possibilidade de disparos frequentes dos dispositivos de proteção contra correntes diferenciais, residuais, pois este esquema de aterramento limita a corrente de falta fase-terra.

## **2.2 Projeto Luminotécnico**

Iluminar bem e corretamente propicia a visualização do ambiente, permitindo que as pessoas vejam e desempenhem suas tarefas de maneira eficiente, precisa e segura, sem causar fadiga visual ou desconforto (NBR ISO/CIE 8995-1, 2013). Atualmente a iluminação de uma edificação não está relacionada simplesmente a prover luz ao ambiente, ela serve tanto para o conforto dos usuários quanto para o design da residência, harmonizando com o espaço interno e decorando o ambiente. O projeto luminotécnico busca unir conforto e beleza com economia de energia, através do dimensionamento correto e eficiente dos pontos de luz e luminárias que serão instalados em uma edificação.

Existem inúmeras maneiras distintas para dimensionar um projeto luminotécnico, sendo elas: método dos lúmens, método ponto por ponto e método das cavidades zonais. O projeto será dimensionado através do método dos lúmens, pois segundo o (FIORINI, 2006), o método apresenta resultados satisfatórios de iluminação, manipulação algébrica relativamente simples e os dados necessários para seus cálculos são geralmente apresentados pelos fabricantes, o que facilita na escolha da luminária ideal para o projeto. Por estes motivos o método dos lúmens é o mais utilizado por aqueles que desejam projetar iluminação de interiores, pois o mesmo consiste em determinar o fluxo luminoso dos ambientes da edificação para se obter o nível de iluminamento médio desejado, levando em consideração o tipo de atividade que será executada em cada ambiente.

### **2.2.1 Fluxo Luminoso**

Fluxo luminoso é a radiação total emitida por uma fonte de luz ou fonte luminosa em todas as direções do espaço que pode produzir o estímulo visual. O fluxo luminoso mede o nível de iluminação média necessária para iluminar um determinado ambiente e é dado pela equação abaixo:



$$\varnothing = \frac{S \cdot E}{\mu \cdot D} \quad (12)$$

Onde:

$\varnothing$  é o fluxo luminoso, em lúmens (lm);

$S$  é a área do recinto, em m<sup>2</sup>;

$E$  é a iluminância ou iluminamento médio requerido pelo ambiente, em lux;

$\mu$  é o coeficiente de utilização;

$D$  é o fator de manutenção ou coeficiente de depreciação.

As características do ambiente também influenciam no fluxo luminoso, tais como: as dimensões, pé direito, altura do plano de trabalho, nível de iluminamento requerido e refletância do ambiente. Quanto maior a área, maior deverá ser o número de lâmpadas/luminárias e maior será o fluxo luminoso para atender a iluminância requerida.

### 2.2.2 Iluminância

A iluminância ou índice de iluminamento como também é conhecida, é o fluxo luminoso que incide sob uma determinada área ou superfície a certa distância de uma fonte. A iluminância é diferente em cada ponto do recinto devido a distribuição não uniforme das fontes luminosas, é comum o uso da iluminância média para questões de projeto. A NBR ISO/CIE 8995-1 (2013) estabelece uma escala recomendada de iluminâncias, sendo 20 lux, o mínimo necessário para se diferenciar características da face humana, e 200 lux a iluminância mínima que deve ser mantida para a realização de trabalhos contínuos. A iluminância pode ser determinada através da equação:

$$E = \frac{\varnothing}{S} \quad (13)$$

Onde:

$E$  é a iluminância, em lux (lx);

$\varnothing$  é o fluxo luminoso, em (lm);

$S$  é a área da superfície iluminada, em m<sup>2</sup>.

A NBR ISO/CIE 8995-1 (2013) trata os níveis mínimos de iluminância necessários em um determinado ambiente para executar cada tarefa, de modo que se tenha conforto visual. A iluminância média para cada tarefa leva em consideração os requisitos para a tarefa visual, a

segurança, os aspectos psicofisiológicos, o conforto visual, a economia e experiência prática. A norma ainda estabelece que os valores de iluminância dos ambientes não podem estar abaixo dos valores apresentados na figura 26, independentemente da idade ou condições da instalação.

Figura 26: Índice de iluminância dos ambientes, limitação de ofuscamento e qualidade da cor.

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\bar{E}_m$ lux	$UGR_L$	$R_a$	Observações
<b>1. Áreas gerais da edificação</b>				
Saguão de entrada	100	22	60	
Sala de espera	200	22	80	
Áreas de circulação e corredores	100	28	40	Nas entradas e saídas, estabelecer uma zona de transição, a fim de evitar mudanças bruscas.
Escadas, escadas rolantes e esteiras rolantes	150	25	40	
Rampas de carregamento	150	25	40	
Refeitório/Cantinas	200	22	80	
Salas de descanso	100	22	80	
Salas para exercícios físicos	300	22	80	
Vestiários, banheiros, toaletes	200	25	80	
Enfermaria	500	19	80	
Salas para atendimento médico	500	16	90	$T_{cp}$ no mínimo 4 000 K.
Estufas, sala dos disjuntores	200	25	60	
Correios, quadros de distribuição	500	19	80	
Depósito, estoques, câmara fria	100	25	60	200 lux, se forem continuamente ocupados.
Expedição	300	25	60	
Estação de controle	150	22	60	200 lux se forem continuamente ocupadas.

(fonte: Adaptado de NBR8995-1, 2013)

### 2.2.3 Fator de Utilização

O fluxo luminoso emitido por uma lâmpada não necessariamente irá diretamente para a superfície de trabalho, parte é absorvido pela luminária, parte reflete-se sobre a superfície do ambiente, chegando posteriormente ao plano de trabalho e apenas uma terceira parte é emitida diretamente para o plano de trabalho (FIORINI, 2006). Por esse motivo, o fator de utilização depende da distribuição e da absorção da luz efetuada pelas luminárias, das dimensões do ambiente e das cores de paredes, teto e chão do recinto a ser analisado. O fator do local é determinado segundo a equação (14) para iluminação direta e pela equação (15) para iluminação indireta:

$$K = \frac{C \cdot L}{(C + L) \cdot h} \quad (14)$$

$$K = \frac{3 \cdot C \cdot L}{2 \cdot (C + L) \cdot h'} \quad (15)$$

Onde:

$K$  é o fator do local;

$C$  é o comprimento do ambiente, em m;

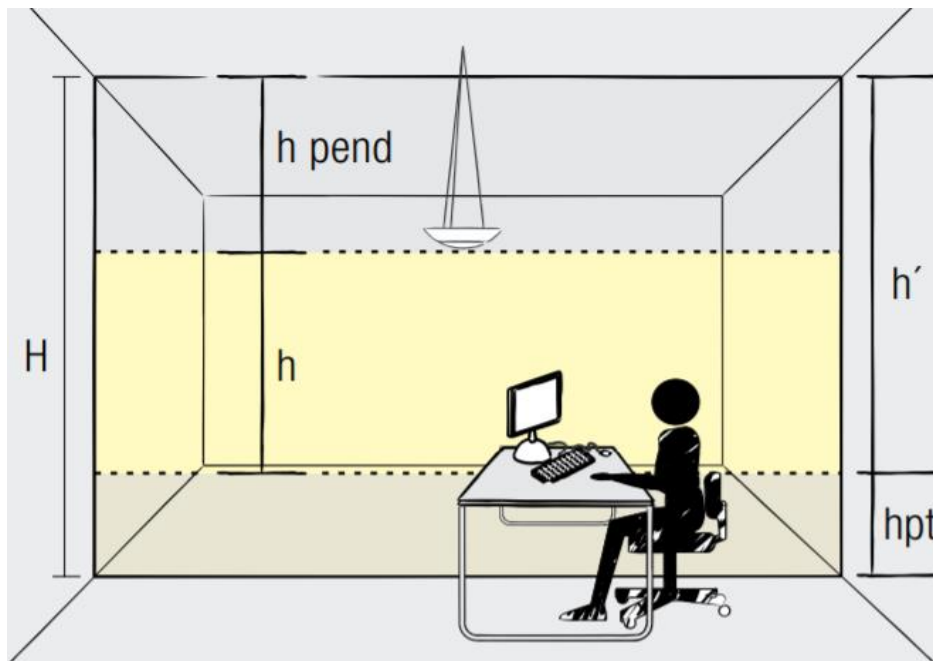
$L$  é a largura do ambiente, em m;

$h$  é o pé-direito útil, a altura da luminária ao plano de trabalho descontando a altura do pendente, em m;

$h'$  é a distância do teto até o plano de trabalho, em m.

A figura 27 ilustra um exemplo de pé-direito útil para o cálculo do fator de local, onde  $H$ ,  $h_{\text{pend}}$  e  $h_{\text{pt}}$  representam o pé-direito do ambiente, a altura do pendente da luminária e altura do plano de trabalho, respectivamente.

Figura 27: Exemplo de pé-direito útil para o cálculo do fator de local



(fonte: Manual OSRAM, 2011)

## 2.2.4 Refletância

A refletância é a razão entre o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície e o fluxo luminoso que é refletido. A refletância está diretamente ligada com a cor e o tipo de material da superfície em que a luz está incidindo, tendo em vista que cores claras refletem mais a luz e cores escuras absorvem mais a luz, bem como alguns materiais que são mais reflexivos que outros. A refletância pode ser calculada a partir da equação abaixo:

$$\rho = \frac{\phi_{refletido}}{\phi_{incidido}} \quad (16)$$

Onde:

$\rho$  é a refletância;

$\phi_{refletido}$  é o fluxo luminoso refletido pela superfície;

$\phi_{incidido}$  é o fluxo luminoso que incide na superfície.

A refletância do ambiente está diretamente relacionada com as cores do recinto, com os materiais que constituem paredes, teto e chão e com o nível de limpeza do local. Para estimar a refletância do ambiente é comum utilizar catálogos de fabricantes e usar como base o quadro 8.

*Quadro 8: Fator de reflexão de acordo com a superfície*

Índice	Fator de Reflexão	Significado
1	10%	Superfície escura
3	30%	Superfície média
5	50%	Superfície clara
7	70%	Superfície branca

(fonte: Adaptado de PHILIPS, 2019)

Posteriormente, determina-se o fator de reflexão para o teto, as paredes e o chão. Com o índice do local e o fator de reflexão, é possível determinar o fator de utilização consultando em tabelas de fabricantes, a figura 28 mostra algumas tabelas de exemplo.

Figura 28: Exemplo de quadro de fator de utilização

Fator do Local K	Refletância (%) para teto, paredes e planos de trabalho										
	0,80	0,80	0,70	0,70	0,70	0,70	0,50	0,50	0,30	0,30	0,00
	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,30	0,30	0,10	0,30	0,10	0,00
	0,30	0,10	0,30	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
0,60	0,41	0,39	0,41	0,40	0,39	0,34	0,34	0,31	0,34	0,31	0,30
0,80	0,49	0,46	0,49	0,47	0,46	0,42	0,41	0,38	0,41	0,38	0,37
1,00	0,56	0,52	0,55	0,53	0,51	0,48	0,47	0,44	0,47	0,44	0,43
1,25	0,62	0,57	0,61	0,58	0,56	0,53	0,52	0,50	0,51	0,49	0,48
1,50	0,66	0,60	0,65	0,62	0,59	0,56	0,56	0,53	0,55	0,53	0,51
2,00	0,72	0,64	0,71	0,67	0,64	0,61	0,61	0,59	0,60	0,58	0,57
2,50	0,76	0,67	0,74	0,70	0,66	0,64	0,63	0,62	0,62	0,61	0,60
3,00	0,79	0,69	0,76	0,72	0,68	0,66	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62
4,00	0,81	0,70	0,79	0,74	0,70	0,68	0,67	0,66	0,66	0,65	0,63
5,00	0,83	0,71	0,81	0,75	0,71	0,69	0,68	0,67	0,67	0,66	0,65

(fonte: Adaptado de Catálogo PHILIPS, 2019)

### 2.2.5 Ofuscamento

Ofuscamento é a sensação visual produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão, que pode ser experimentado tanto como um ofuscamento desconfortável quanto como um ofuscamento inabilitador. É causado por luminárias excessivas ou contrastes no campo de visão e pode prejudicar a visualização de objetos, também pode ser causado por reflexões em superfícies, e é normalmente conhecido como ofuscamento refletido (NBR ISO/CIE 8995-1, 2013).

Segundo a norma, o ofuscamento inabilitador é mais comum na iluminação exterior, mas pode também ser causado por uma fonte de iluminação pontual ou fontes brilhantes intensas, como uma janela em um ambiente pouco iluminado. Já nas iluminações de interiores surge o ofuscamento desconfortável, geralmente de luminárias brilhantes ou janelas.

### 2.2.6 Índice de Reprodução de cor

O índice de reprodução de cor é importante para o desempenho visual e para a sensação de conforto e bem-estar. É necessário que as cores do ambiente, dos objetos e da pele humana sejam reproduzidas natural e corretamente, de modo que os objetos e as pessoas tenham aparência atrativa e saudável (NBR ISO/CIE 8995-1, 2013).

Segundo a norma, para quantificar de maneira eficiente a reprodução de cor, foi introduzido o índice de reprodução de cor Ra. O valor do Ra diminui com a redução da qualidade de reprodução de cor e tem seu índice máximo igual a 100, não é recomendado a

utilização de lâmpadas com Ra inferior a 80 em interiores onde as pessoas trabalham ou permanecem por longos períodos. O método de avaliação do Ra consiste em avaliar as cores padrão de um objeto quando submetido à luz da fonte analisada, tendo uma fonte de referência que deveria ter valor de Ra igual a 100, geralmente essa fonte de referência é sol.

### **2.2.7 Temperatura da cor**

Temperatura da cor é a característica que indica a aparência da cor de uma fonte luminosa. Lâmpadas mais amareladas são classificadas como cores quentes e geralmente apresentam temperatura de até 3000 K, já cores com aparência mais branca ou azulada tem sua temperatura em torno de 5000 K e são consideradas cores frias.

A temperatura da cor é muito utilizada na iluminação de interiores. Cores mais amareladas e, portanto, mais quentes dão a sensação de conforto e bem-estar, essas cores são muito utilizadas em salas, quartos, restaurantes, ou áreas afins para estimular a permanência das pessoas no ambiente. Lâmpadas com cores mais brancas, ou seja, cores frias, são muito utilizadas em ambientes que se deseja realizar alguma atividade, como escritórios, salas de aulas, cozinhas, entre outros, onde se deseja estimular a concentração e o foco na atividade em questão.

### **2.2.8 Fator de Manutenção**

O fator de manutenção ou coeficiente de depreciação é uma relação entre o fluxo luminoso no fim do período de manutenção e o fluxo luminoso no início da instalação. Os principais agentes causadores da diminuição do fluxo luminoso ao longo do tempo são: a diminuição da vida útil das lâmpadas e conseqüentemente redução de seu fluxo luminoso, a sujeira que se deposita no ambiente e na própria lâmpada e a diminuição do poder refletor das paredes e do teto em conseqüência de seu escurecimento progressivo.

O coeficiente de depreciação é calculado de forma que no fim do período de manutenção, o nível de iluminamento médio mínimo exigido pelas normas seja respeitado. Desta forma no período de implantação do sistema de iluminação ou após a manutenção das lâmpadas, o recinto apresentará níveis de iluminamento médio superiores aos exigidos pela norma. O quadro 9 mostra como obter o fator de manutenção a partir das condições do ambiente e do período de manutenção estipulado.

Quadro 9: Fator de manutenção

Ambiente	Período de manutenção (horas)		
	2500	5000	7500
Limpo	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,80
Sujo	0,80	0,66	0,57

(fonte: Adaptado de PHILIPS, 2019)

### 2.2.9 Número de luminárias

A partir do fluxo luminoso total emitido pelas lâmpadas, determina-se o número de luminárias necessária para atender satisfatoriamente a iluminação do ambiente, a partir da equação abaixo:

$$n = \frac{\emptyset}{n_{la} \cdot \phi_{la}} \quad (17)$$

Onde:

$n$  é o número de luminárias;

$\emptyset$  é o fluxo luminoso, em lm;

$n_{la}$  é o número de lâmpadas por luminária;

$\phi_{la}$  é o fluxo luminoso de cada lâmpada, em lm.

Após a determinação do número de luminárias, deve-se posicioná-las ao longo do ambiente, respeitando as especificações de projeto e dos fabricantes. O espaçamento das luminárias para se obter uma distribuição uniforme, deve ser entre 1 a 1,5 vezes o pé direito útil.

### 2.2.10 Eficiência luminosa

Eficiência luminosa é uma grandeza utilizada para avaliar o rendimento da conversão de energia em luz, por uma determinada fonte luminosa. Em projetos luminotécnicos que buscam maximizar a eficiência energética, é comum utilizar lâmpadas que possuem maior eficiência luminosa, como as lâmpadas LED. Para determinar a eficiência de uma lâmpada deve-se descobrir a relação entre a quantidade de lúmens emitidos e a potência consumida (lm/W), segundo a equação:

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \quad (18)$$

Onde:

$\eta$  é a eficiência luminosa, em (lm/W);

$\Phi$  é o fluxo luminoso, em (lm);

$P$  é a potência consumida, em watt (W).

## 2.3 Sistemas Condicionadores de ar

O consumo de energia elétrica devido aos aparelhos condicionadores de ar representa cerca de 5% do valor da conta de energia de uma residência (CARVALHO JÚNIOR, 2016). Por esse motivo é fundamental que o equipamento seja o mais eficiente possível e seja dimensionado de forma a não haver superdimensionamentos, evitando assim gastos desnecessários.

### 2.3.1 Cálculo da Carga Térmica

Carga térmica é a quantidade de energia que deve ser retirada de um ambiente para promover o conforto ambiental aos usuários. Essa energia é determinada pela posição geográfica do ambiente em relação ao sol, pelo número de pessoas presentes no local e pelos aparelhos que emitem calor (LAMBERTS *et al.*, 2014). O controle da temperatura para produzir conforto ambiental é promovido através do uso de aparelhos condicionadores de ar.

Para determinar qual equipamento condicionador de ar é o ideal para cada ambiente é feito o cálculo da carga térmica segundo a norma técnica NBR 16401-1 (2008), que determina o calor contribuído pela envoltória da edificação, a contribuição de calor emitida pelas pessoas que ocupam os determinados recintos, a contribuição das fontes de iluminação artificial do ambiente, como o tipo e a potência das luminárias, a dissipação de calor proveniente de outros equipamentos que venham a existir no ambiente em análise, e por fim as infiltrações de ar externo para a edificação por meio de frestas e aberturas não intencionais.



### 2.3.1.1 A Envoltória

Segundo a NBR 16401-1 (2008), o calor contribuído pela envoltória da edificação resulta da diferença de temperatura externa e interna somada a radiação solar incidente. Para o cálculo deve ser considerado:

- A orientação solar das fachadas;
- Para envoltórias externas opacas como paredes e coberturas, deve ser considerado o tipo, os materiais constituintes, massa por metro quadrado, capacidade térmica, coeficientes de transmissão de calor e cor da superfície externa;
- Para os vãos externos transparentes como janelas e claraboias, deve ser considerado o tipo de material, propriedades óticas e absorção de calor, coeficiente de transmissão de calor, coeficiente de ganho solar interna e sombra projetada por anteparos e edifícios vizinhos;
- Para as divisórias com recintos não condicionados como paredes, tetos e pisos, deve ser considerado o tipo, o material constituinte, o coeficiente de transmissão de calor e a temperatura dos recintos vizinhos;
- A massa total da envoltória e do seu conteúdo por unidade de área de piso do recinto.

Deve ainda ser considerado o efeito de retardamento na transferência de calor da superfície que recebe diretamente a incidência solar para o ambiente interno, devido a inércia térmica da estrutura:

- Na parte opaca da envoltória externa, o calor incidente é antes absorvido pela massa das paredes e coberturas e só se constitui em carga térmica quando a temperatura de superfície interna da envoltória se eleva acima da temperatura do ar, sendo o calor armazenado gradativamente transmitido ao ar do recinto por condução, convecção e radiação;
- Na parte translúcida da envoltória externa, a radiação solar incidente que penetra diretamente no recinto é antes absorvida pela massa do recinto, e só se constitui em carga térmica quando a temperatura de sua superfície se eleva acima da temperatura do ar, e o calor armazenado é gradativamente transmitido ao ar do ambiente por condução, convecção e radiação.

### 2.3.1.1.1 Metodologia de Cálculo

Para realizar o cálculo da quantidade de calor que a envoltória de uma edificação possui, é preciso entender os conceitos da condutividade térmica, resistência térmica e transmitância térmica.

A condutividade térmica de um material ( $\lambda$ ), é sua capacidade de conduzir maior ou menor quantidade de calor por unidade de tempo. Ela depende exclusivamente da densidade do material, quanto menor a densidade do material menor será sua condutividade térmica (LAMBERTS *et al.*, 2014). A figura 29 ilustra a condutividade térmica dos materiais típicos da construção civil.

Figura 29: Condutividade térmica de materiais típicos da construção civil em função de sua densidade

MATERIAL	$\lambda$ (W/m K)
Concreto normal, densidade de 2.200 a 2.400 kg/m <sup>3</sup>	1,750
Tijolo de barro, densidade de 1.000 a 1.300 kg/m <sup>3</sup>	0,700
Madeira, densidade de 450 a 600 kg/m <sup>3</sup>	0,150
Isopor, densidade de 25 a 40 kg/m <sup>3</sup>	0,035

(fonte: Lamberts *et al.*, 2014)

A resistência térmica de um material é sua propriedade de resistir à passagem do calor, essa propriedade depende da espessura do material, quanto maior a espessura de um material, maior será a resistência térmica que esse material oferece à passagem de calor. A resistência térmica é inversamente proporcional a condutividade térmica, pois quanto maior for a condutividade térmica ( $\lambda$ ) de um material, maior será a quantidade de calor transferida entre suas superfícies e, conseqüentemente, menor será a resistência térmica (LAMBERTS *et al.*, 2014). A equação (19) ilustra o cálculo da resistência térmica.

$$R = \frac{L}{\lambda} \quad (19)$$

Onde:

$R$  é a resistência térmica do material em m<sup>2</sup>.K/W;

$L$  é a espessura do material em m;

$\lambda$  é a condutividade térmica do material em W/m.K.

Segundo Lamberts *et al.* (2014), para materiais homogêneos calcula-se a resistência térmica conforme mostrado na equação anterior, já para materiais heterogêneos a resistência

térmica se dá pelo somatório das resistências térmicas individuais de cada material.

A resistência térmica superficial é considerada externa, quando a superfície considerada está limitando o material e o meio exterior ( $R_{SE}$ ), já quando a superfície limita o material e o meio interior, a resistência superficial é interna ( $R_{SI}$ ). Supondo a temperatura do meio exterior maior que a do meio interior, a superfície externa do fechamento irá receber calor do meio por convecção e radiação, havendo o incremento da temperatura dessa superfície em proporção a resistência térmica. O  $R_{SE}$  é função da velocidade do vento e, em geral, seu valor é  $0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$  (LAMBERTS *et al.*, 2014).

Segundo Lamberts *et al.* (2014), quando o calor já atravessou o material e está prestes a penetrar no ambiente interno, as trocas de calor entre o material limítrofe e o ar acontecem por convecção e radiação, devido ao fato da superfície interna estar com temperatura maior que a temperatura do ar. As perdas de calor por convecção dependerão da resistência superficial interna do fechamento  $R_{SI}$ , já as perdas por radiação dependerão da emissividade dos materiais.

Pode-se ainda reduzir consideravelmente as trocas de calor de um fechamento opaco (paredes, piso ou cobertura), empregando materiais com condutividade térmica mais baixa, construindo múltiplas camadas, ou até utilizando câmaras de ar entre dois materiais.

Segundo Lamberts *et al.* (2014), a transmitância térmica é a taxa de transferência de calor através de um metro quadrado de estrutura, dividida pela diferença de temperatura dessa estrutura. Além disso, a transmitância térmica também pode ser compreendida como o inverso da resistência térmica total do fechamento. A equação (20) ilustra o cálculo da transmitância térmica em função da resistência térmica.

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (20)$$

Onde:

$U$  é a transmitância térmica, em  $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ;

$R_T$  é a resistência térmica total de um fechamento, em  $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$ .

Em uma edificação, as trocas de luz e calor entre os meios exterior e interior tem como principal meio a envoltória da edificação, portanto é de suma importância distinguir a envoltória em dois tipos, em fechamentos opacos e transparentes. A principal diferença entre esses fechamentos, é sua capacidade de transmitir radiação solar para o ambiente interno da edificação.

Para avaliar o desempenho dos fechamentos opacos a transmitância térmica é a variável

mais importante, pois através dela, é possível avaliar o comportamento de um fechamento opaco e até compará-lo com outros fechamentos. O principal objetivo quando se escolhe o tipo de fechamento, seja ele opaco ou transparente, é evitar ganhos elevados de calor no verão e perdas excessivas no inverno (LAMBERTS *et al.*, 2014). A densidade de fluxo de calor é a razão do fluxo de calor que atravessa uma determinada superfície pela área dessa superfície, e é dada pela equação (21).

$$q = U \cdot \Delta t \quad (21)$$

Onde:

$q$  é a densidade fluxo de calor, em W/m<sup>2</sup>;

$U$  é a transmitância térmica, em W/m<sup>2</sup>K;

$\Delta t$  é a diferença entre as temperaturas exterior e interior, em K.

Caso haja incidência direta do sol sobre o fechamento, a temperatura da superfície externa atinge valores muito maiores que a temperatura do ar, para compensar este incremento é adicionado ao cálculo da densidade de fluxo de calor a temperatura sol-ar. Esta variável é função da radiação solar que incide na superfície e da cor da superfície, visto que superfícies mais claras absorverão menos radiação solar que superfícies escuras. A temperatura sol-ar pode ser encontrada pela equação (22):

$$t_{sol-ar} = \alpha \cdot I \cdot R_{SE} \quad (22)$$

Onde:

$R_{SE}$  é a resistência superficial externa, em m<sup>2</sup>K/W, cujos valores são encontrados na figura 29;

$\alpha$  é a absortividade da superfície externa do fechamento (dependente da cor da superfície), cujos valores são encontrados na figura 30;

$I$  é a radiação solar, em W/m<sup>2</sup>.

Figura 30: Resistência térmica superficial

Natureza da superfície da câmara de ar	Espessura "e" da câmara de ar cm	Resistência térmica $R_{ar}$ $m^2 \cdot K/W$		
		Direção do fluxo de calor		
		Horizontal	Ascendente	Descendente
		⇨	⇩ — ⇩	⇩ — ⇩
Superfície de alta emissividade $\varepsilon > 0,8$	$1,0 \leq e \leq 2,0$	0,14	0,13	0,15
	$2,0 < e \leq 5,0$	0,16	0,14	0,18
	$e > 5,0$	0,17	0,14	0,21
Superfície de baixa emissividade $\varepsilon < 0,2$	$1,0 \leq e \leq 2,0$	0,29	0,23	0,29
	$2,0 < e \leq 5,0$	0,37	0,25	0,43
	$e > 5,0$	0,34	0,27	0,61

(fonte: Adaptado de NBR 15220-2, 2003)

Figura 31: Absortância ( $\alpha$ ) para radiação solar e emissividade ( $\varepsilon$ ) para radiações a temperaturas comuns

Tipo de superfície	$\alpha$	$\varepsilon$
Chapa de alumínio (nova e brilhante)	0,05	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)	0,15	0,12
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)	0,25	0,25
Caiação nova	0,12 / 0,15	0,90
Concreto aparente	0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Telha de barro	0,75 / 0,80	0,85 / 0,95
Tijolo aparente	0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Reboco claro	0,30 / 0,50	0,85 / 0,95
Revestimento asfáltico	0,85 / 0,98	0,90 / 0,98
Vidro incolor	0,06 / 0,25	0,84
Vidro colorido	0,40 / 0,80	0,84
Vidro metalizado	0,35 / 0,80	0,15 / 0,84
Pintura:		
Branca	0,20	0,90
Amarela	0,30	0,90
Verde clara	0,40	0,90
"Alumínio"	0,40	0,50
Verde escura	0,70	0,90
Vermelha	0,74	0,90
Preta	0,97	0,90

(fonte: NBR 15220-2, 2003)

Considerando a incidência de radiação solar a equação (21) fica:

$$q = U \cdot (t_{sol-ar} + \Delta t) \quad (23)$$

Além disso, é preciso determinar a quantidade de calor que penetra diretamente em um ambiente através de uma janela ou abertura, para isso é preciso determinar o fator solar (LAMBERTS *et al.*, 2014).

O fator solar é a razão pela quantidade de energia solar que atravessa a janela pela quantidade que nela incide. Para o vidro simples, com incidência direta da radiação solar sobre sua superfície o fator solar é aproximadamente 0,87, isso significa que 87% da radiação solar incidente sobre uma janela com vidro simples, penetra para o interior da edificação (LAMBERTS *et al.*, 2014).

Segundo Lamberts *et al.* (2014), o fator solar é necessário para determinar a densidade de fluxo de calor de uma abertura, adicionando sua parcela multiplicada pela incidência solar a equação (23), de forma que a equação se torna:

$$q = U. (t_{sol-ar} + \Delta t) + FS.I \quad (24)$$

Uma vez conhecida a densidade de fluxo de calor ( $q$ ) pode-se calcular o fluxo de calor ( $Q$ ), que é a quantidade de energia térmica em watts que atravessa um fechamento de um ambiente, e é dado pela equação (25):

$$Q = q.A \quad (25)$$

Onde:

$q$  é a densidade de fluxo de calor, em W/m<sup>2</sup>;

$A$  é a área do fechamento em questão, em m<sup>2</sup>.

### 2.3.1.2 Ocupantes

O número máximo de pessoas no ambiente deve ser previsto pelo contratante do projeto. Em edificações residenciais geralmente o número de ocupantes é conhecido, entretanto, para locais públicos ou na ausência dessa informação, deve ser adotada a densidade de ocupação indicada na tabela 1 da NBR 16401-3, bem como devem ser considerados os horários de ocupação.

O número máximo de pessoas no ambiente deve ser estipulado, para o projeto, apenas no caso de ocorrer ocupação contínua por 90 minutos ou mais. No caso de ocupação intermitente de curta duração, deve ser adotada uma taxa média determinada de comum acordo com a contratante do projeto (NBR 16401-1, 2008).

Para o cálculo do calor gerado pelos ocupantes, devem ser adotados valores de calor sensível e calor latente dissipados por pessoas através do quadro 10.

Quadro 10: Quantidades típicas de calor liberado por pessoas

Nível de Atividade	Local	Calor Total		Calor Sensível	Calor Latente	% Radiante do Calor Sensível	
		Homem Adulto	Ajustado M/F <sup>2</sup>			Baixa Velocidade do Ar	Alta Velocidade do Ar
Sentado no teatro	Teatro matinê	115	95	65	30	60	27
Sentado no teatro, noite	Teatro noite	115	105	70	35		
Sentado, trabalho leve	Escritórios, hotéis, apartamentos	130	115	70	45		
Atividade moderada em trabalhos de escritório	Escritórios, hotéis, apartamentos	140	130	75	55	58	38
Parado em pé, trabalho moderado; caminhando	Loja de varejo ou de departamentos	160	130	75	55		
Caminhando, parado em pé	Farmácia, agência bancária	160	145	75	70		
Trabalho sedentário	Restaurante	145	160	80	80		
Trabalho leve em bancada	Fábrica	235	220	80	140	49	35
Dançando moderadamente	Salão de baile	265	250	90	160		
Caminhando 4,8 km/h; trabalho leve em máquina operatriz	Fábrica	295	295	110	185		
Jogando boliche	Boliche	440	425	170	255	54	19
trabalho pesado	Fábrica	440	425	170	255		
trabalho pesado em máquina operatriz; carregando carga	Fábrica	470	470	185	285		
Praticando esportes	Ginásio, academia	585	525	210	315		

(fonte: NBR 16401-1)

### 2.3.1.3 Iluminação

O contratante deve estipular o tipo e a potência das luminárias obtidas no projeto de iluminação. Será executado o projeto luminotécnico da edificação de estudo a partir da NBR ISO/CIE 8995-1 (2013), a fim de obter maior eficiência energética e evitar o superdimensionamento dos circuitos de iluminação. Na ausência dessas informações, devem ser adotados valores típicos para as densidades de potência de iluminação indicados no quadro 11.

Quadro 11: Taxas típicas de dissipação de calor pela iluminação

Local	Tipos de Iluminação	Nível de iluminação Lux	Potência dissipada W/m <sup>2</sup>	
Escritórios e bancos	Fluorescente	500	16	
Lojas	Fluorescente	750	17	
	Fluorescente compacta		23	
	Vapor metálico		28	
Residências	Fluorescente compacta	150	9	
	Incandescente		30	
Supermercados	Fluorescente	1000	21	
	Vapor metálico		30	
Armazéns climatizados	Fluorescente	100	2	
	Vapor metálico		3	
Cinemas e teatros	Fluorescente compacta	50	6	
	Vapor metálico		4	
Museus	Fluorescente	200	5	
	Fluorescente compacta		11	
Bibliotecas	Fluorescente	500	16	
	Fluorescente compacta		28	
Restaurantes	Fluorescente compacta	150	13	
	Incandescente		41	
Auditórios	a) Tribuna	750	30	
			32	
	b) Platéia	Fluorescente	150	10
c) Sala de Espera	Vapor metálico	200	18	
	Fluorescente compacta		8	
Hotéis	a) corredores	Fluorescente compata	100	8
	b) Sala de leitura	Fluorescente	500	15
		Fluorescente compata		22
	c) Quartos	Fluorescente compacta	150	9
Incandescente		30		
d) Portaria e recepção	Fluorescente	200	8	
	Fluorescente compata		9	
Salas de convenções	Platéia	Fluorescente	150	8
	Tablado	Fluorescente	750	30
Fluorescente compata		30		

(fonte: NBR 16401-1)

Deve ser considerada a montagem das luminárias no ambiente (suspensas do forro ou embutidas) e a possibilidade de parte do calor das luminárias não ser dissipado no ambiente, e sim no ar do entorno quando embutidas em forro falso.

Deve ser avaliada a possível não simultaneidade entre a carga de iluminação e a carga máxima de incidência solar das áreas envidraçadas.



### 2.3.1.4 Equipamentos

Deve ser considerada a dissipação de calor dos equipamentos existentes no ambiente em análise, no caso de um novo projeto, deve ser feito um levantamento prévio dos equipamentos e de informações com o fabricante. A potência média dos aparelhos eletrônicos pode ser encontrada no quadro 12.

Quadro 12: Potência média dos aparelhos eletrônicos

APARELHO		POTÊNCIA(W)
Aparelho de som		200
Aquecedor de ambiente		1.500
Aspirador de pó		1.000
Aquecedor central de água		5.000
Balcão frigorífico		900
Batedeira		450
Boiler 40 litros		900
Boiler 80 litros		1.200
Cafeteira		300
Computador		350
Condicionador de ar		1.600
Chuveiro elétrico		5.000
Enceradeira		350
Exaustor		300
Ferro elétrico	Comum	750
	Regulável	1.500
Forno elétrico		5.000
Forno de micro-ondas		1.300
Freezer acima de 200 litros		150
Freezer até 200 litros		120
Freezer balcão		140
Fritadeira		1.200
Grill		1.200
Impressora jato de tinta		50
Impressora laser		400
Liquidificador		400
Máquina de lavar louça		2.700
Máquina de lavar roupa		1.500
Motor 3cv/hp		2.200
Motor 4cv/hp		2.960
Motor 5cv/hp		3.700
Motor 7,5 cv/hp		5.550
Refrigerador	Comum	200
	Duplex ou freezer	350
Secador de cabelo		1.300
Secadora de roupa		3.500
Televisor		200
Torneira elétrica		3.500
Ventilador		100

(fonte: Anexo C do RIC-BT, 2017)

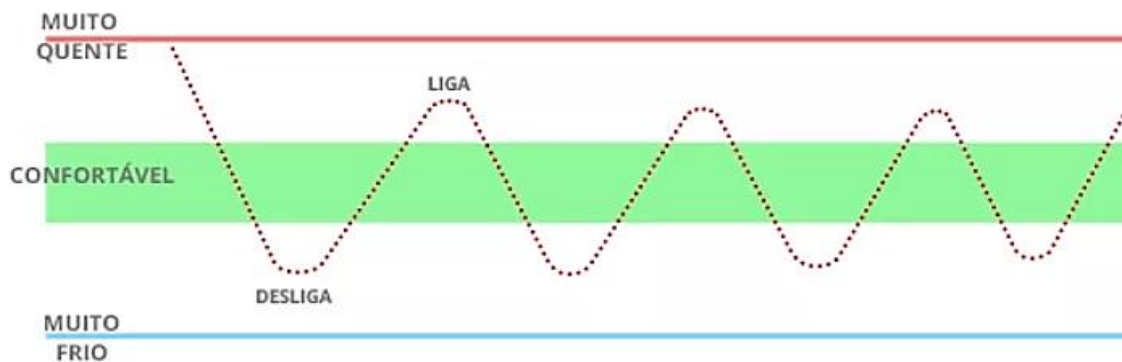
### 2.3.2 Tecnologia Convencional x Tecnologia Inverter

A climatização artificial feita com aparelhos condicionadores de ar é, atualmente, um dos principais pontos de consumo de energia elétrica tanto de residências quanto de indústrias e edifícios comerciais. Quando se busca a eficiência energética de uma edificação, utilizar o

aparelho mais eficiente é fundamental para gerar menos impacto ambiental e ter menos gasto de energia, gerando um consumo consciente e sustentável.

A temperatura ambiente tende a ter maior oscilação durante o processo de climatização por aparelhos condicionadores de ar convencionais, porque quando a temperatura ambiente chega no valor desejado o compressor desses equipamentos desliga e, desse modo, a temperatura diminui. Para reestabelecer a temperatura desejada o compressor deve ser religado. Esse processo de ligar e desligar intermitentemente gera maior consumo de energia elétrica, já que o motor precisa dar a partida várias vezes e o equipamento necessita compensar maior variação de temperatura. A figura 32 ilustra a temperatura ambiente com condicionador de ar com tecnologia convencional em funcionamento.

Figura 32: Temperatura ambiente operando com condicionador de ar com tecnologia convencional



(fonte: Frigelar, 2018)

É notória a maior eficiência de aparelhos condicionadores de ar *inverter* quando comparados com condicionadores de ar tradicionais. A tecnologia *inverter* atua no compressor do ar-condicionado, fazendo com que esse atue com rotação variável e contínua, através do inversor de frequência dentro do equipamento. Assim, mantém-se a temperatura mais constante. A figura 33 ilustra o motor do compressor de um ar-condicionado modelo *inverter* que apresenta maior fator de potência do que o motor de indução, devido ao fato da excitação provenir dos ímãs permanentes.

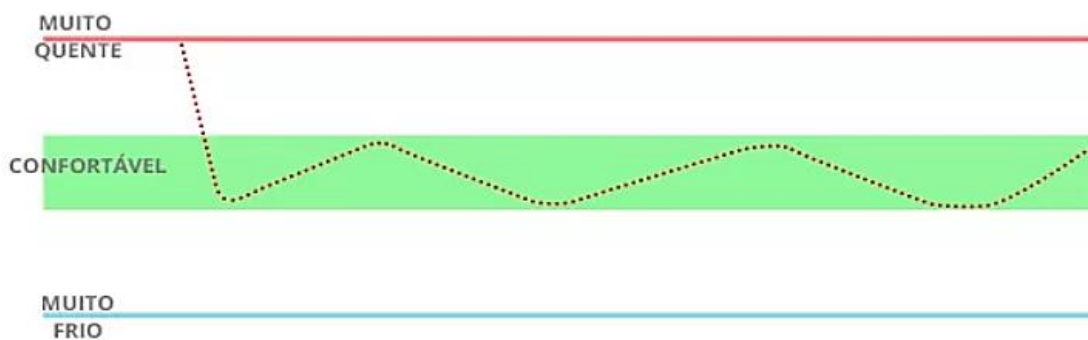
Figura 33: Motor do compressor de condicionador de ar com tecnologia inverter



(fonte: Autor)

Devido ao modo de funcionamento do compressor, o equipamento oferece maior conforto térmico, menos ruído e menor consumo energético, podendo gerar até 40% de economia em relação a aparelhos convencionais. A figura 34 ilustra a temperatura ambiente com condicionador de ar com tecnologia inverter em funcionamento.

Figura 34: Temperatura ambiente operando com condicionador de ar com tecnologia inverter



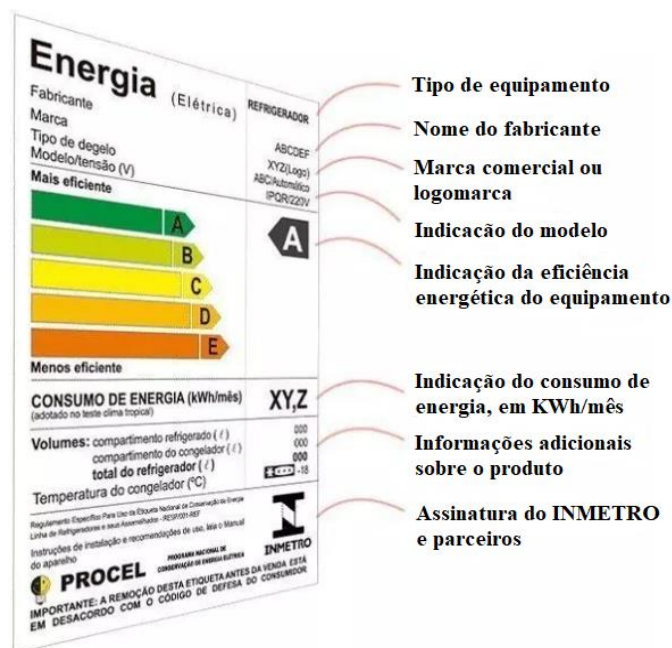
(fonte: Frigelar, 2018)

### 2.3.3 Selo Procel de Economia de Energia

O Selo Procel foi criado com a finalidade de permitir que os consumidores conheçam os equipamentos e eletrodomésticos disponíveis no mercado que consumam menos energia, o selo é uma etiqueta que identifica os aparelhos eletrodomésticos mais econômicos de acordo com a eficiência energética. A classificação é medida através do CEE – Coeficiente de Eficiência Energética e dividida em A, B, C, D e E, sendo os eletrodomésticos classificados com nota A os mais eficientes. Quanto maior o CEE mais econômico será o aparelho.

O INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) criou tabelas de condicionadores de ar aprovados pelo PBE (Programa Brasileiro de Etiquetagem), e que apresentam a ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia). Nessas tabelas, aparecem aparelhos condicionadores de ar de diferentes marcas, modelos e com tecnologias convencional e inverter, além de apresentar a classificação de eficiência energética de cada aparelho feita através do Selo Procel. Desta forma o INMETRO busca orientar os consumidores a escolher um produto com a maior economia de energia e conseqüentemente com maior eficiência energética. A figura 35 ilustra o selo Procel.

Figura 35: Selo Procel



(fonte: Inmetro, 2020)

De modo geral, dimensionar o equipamento necessário corretamente, evitando sub e superdimensionamentos e atentar-se às tecnologias dos equipamentos e suas classificações

energéticas são medidas fundamentais para a escolha do equipamento condicionador de ar mais eficiente, de modo que seja possível reduzir o consumo de energia elétrica e climatizar o ambiente de maneira satisfatória.

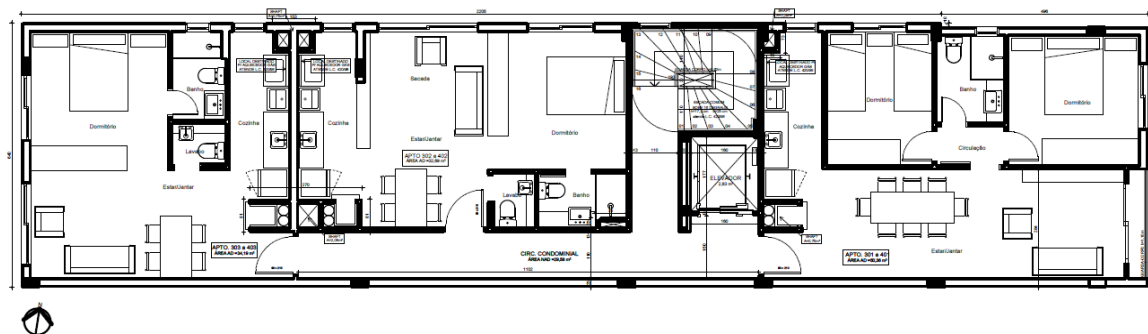
### 3 ESTUDO DE CASO

Este capítulo tem como objetivo detalhar os projetos elétrico e luminotécnico da edificação em estudo, conforme as orientações apresentadas nos itens 2.1 e 2.2 referentes a instalações elétricas de baixa tensão e luminotécnica. Serão apresentados desde a determinação da carga elétrica, cálculo da demanda, dimensionamento de condutores, eletrodutos e entrada de energia e centro de medição, até a determinação do fluxo luminoso das luminárias que serão utilizadas nas áreas comuns da edificação.

#### 3.1 Objeto de Estudo

A edificação estudada é uma residência multifamiliar localizada no município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. O empreendimento possui uma área de 1087 m<sup>2</sup> e é dividida em subsolo, térreo, três pavimentos com três apartamentos por andar e uma casa de máquinas. A figura 36 ilustra a planta baixa do pavimento tipo da edificação.

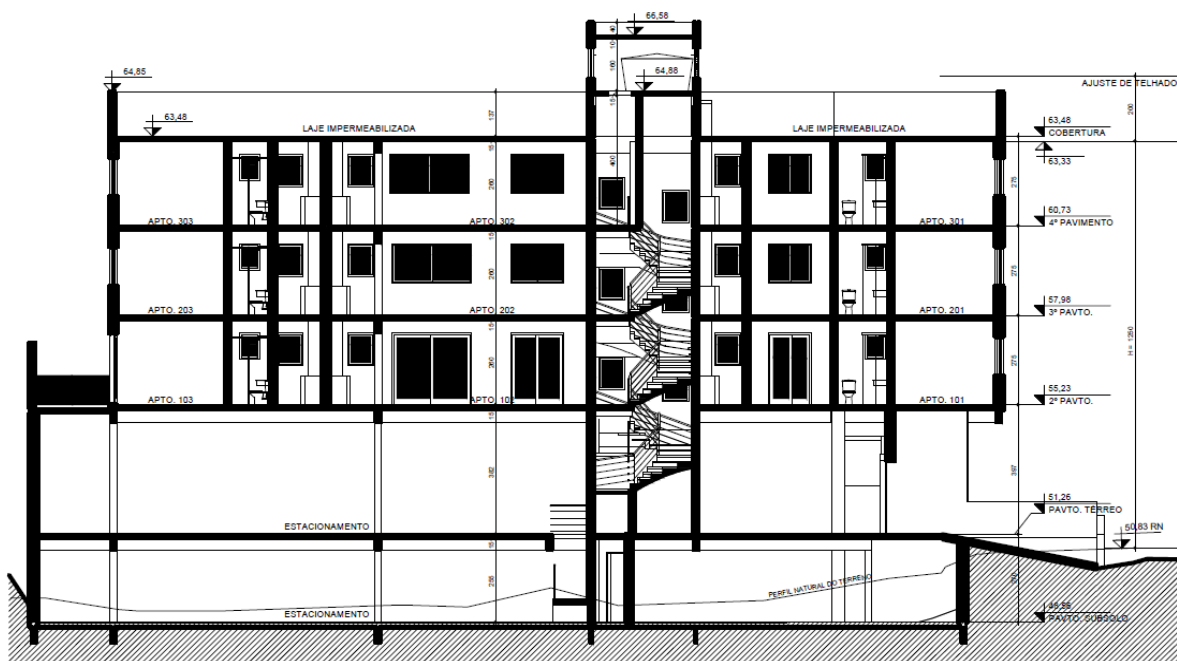
Figura 36: Edificação de estudo planta baixa.



(fonte: Autor)

Serão elaborados o projeto elétrico de toda a edificação e o projeto luminotécnico do térreo, subsolo e corredores a fim de dimensionar a iluminação adequada para cada ambiente, reduzindo a potência e o consumo de energia elétrica. A figura 37 ilustra um dos cortes da edificação de estudo.

Figura 37: Edificação de estudo planta de corte.



(fonte: Autor)

## 3.2 Projeto Elétrico

Este capítulo tem como objetivo apresentar o detalhamento do projeto elétrico da edificação de estudo. O projeto foi desenvolvido seguindo as orientações estabelecidas na seção 2.1 e seguindo as recomendações da NBR5410.

### 3.2.1 Levantamento de Cargas

Seguindo as recomendações da NBR 5410, foi realizado o levantamento das cargas mínimas de iluminação e pontos de tomadas de uso geral através da área útil e perímetro dos cômodos da edificação. O levantamento dos pontos de tomadas de uso específico foi realizado a partir de critérios estabelecidos pelo projetista para os três apartamentos tipo. Vale ressaltar que os valores mínimos estabelecidos pela norma na maioria das vezes não são suficientes para suprir as necessidades dos usuários, por isso, fica a cargo do projetista estabelecer mais pontos de tomada ou iluminação de modo a satisfazer o conforto do usuário. O quadro 13 e o quadro 14 representam os quadros de cargas dos apartamentos e das áreas comuns da edificação.

Quadro 13: Quadro de cargas dos apartamentos tipo.

Apartamento	Ambiente	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminação			PTUG			PTUE	
			Pot. Aparente (VA)	FP	Pot. Ativa (W)	Pot. Aparente (VA)	FP	Pot. Ativa (W)	Equipamento	Potência (W)
201	Sala	20,81	300	0,92	276	600	0,8	480	Condicionador de ar	1082
	Sacada	1,17	100	0,92	92	200	0,8	160		
	Cozinha	3,76	160	0,92	147,2	2100	0,8	1680		
	Área de Serviço	1,87	100	0,92	92	1200	0,8	960	Secadora	2000
	Dormitório 1	8	100	0,92	92	500	0,8	400	Condicionador de ar	633
	Dormitório 2	9,62	100	0,92	92	400	0,8	320	Condicionador de ar	784
	Banheiro	3,31	160	0,92	147,2	600	0,8	480	Chuveiro	7500
	Circulação	1,44	100	0,92	92	100	0,8	80		
	<b>Área Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>49,98</b>	<b>Potência Ilumin. Total (W)</b>	<b>1030,4</b>	<b>Potência PTUG Total (W)</b>	<b>4560</b>	<b>Potência PTUE Total (W)</b>	<b>11999</b>		
<b>Potência Total Geral (W)</b>		<b>17589,4</b>								
202	Sala	13,8	300	0,92	276	400	0,8	320	Condicionador de ar	784
	Cozinha	3,68	160	0,92	147,2	2100	0,8	1680		
	Área de Serviço	1,83	100	0,92	92	1200	0,8	960	Secadora	2000
	Dormitório	11	200	0,92	184	400	0,8	320	Condicionador de ar	784
	Lavabo	1,27	60	0,92	55,2	600	0,8	480		
	Banheiro	2,7	160	0,92	147,2	600	0,8	480	Chuveiro	7500
	<b>Área Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>34,28</b>	<b>Potência Ilumin. Total (W)</b>	<b>901,6</b>	<b>Potência PTUG Total (W)</b>	<b>4240</b>	<b>Potência PTUE Total (W)</b>	<b>11068</b>		
	<b>Potência Total Geral (W)</b>		<b>16209,6</b>							
203	Sala	14,1	200	0,92	184	600	0,8	480	Condicionador de ar	784
	Cozinha	3,76	260	0,92	239,2	2100	0,8	1680		
	Área de Serviço	1,87	100	0,92	92	1200	0,8	960	Secadora	2000
	Dormitório	10,93	100	0,92	92	300	0,8	240	Condicionador de ar	784
	Lavabo	1,22	60	0,92	55,2	600	0,8	480		
	Banheiro	2,63	160	0,92	147,2	600	0,8	480	Chuveiro	7500
	<b>Área Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>34,51</b>	<b>Potência Ilumin. Total (W)</b>	<b>809,6</b>	<b>Potência PTUG Total (W)</b>	<b>4320</b>	<b>Potência PTUE Total (W)</b>	<b>11068</b>		
	<b>Potência Total Geral (W)</b>		<b>16197,6</b>							

(fonte: Autor)

Quadro 14: Quadro de cargas das áreas comuns.

Local	Ambiente	Dimensões		Iluminação (W)			PTUG			PTUE	
		Área (m <sup>2</sup> )	Fluxo Luminoso (lm)	Potência (W)	Potência (VA)	FP	Potência (W)	Equipamento	Potência (W)		
Térreo	Hall	9,14	2720	27	200	0,8	160				
	Escadas	9,1	2708	40							
	Garagem	174,87	52884	557	400	0,8	320				
Subsolo	Dep. Lixo	2,6	956	14	100	0,8	80				
	Banheiro	2,12	779	12	600	0,8	480				
	Reservatório	5,25	1930	29	100	0,8	80	2x Bomba 3cv	5195,29		
	Hall Elevadores	5,1	1771	19	100	0,8	80				
Cobertura	Garagem	199,13	52587	554	400	0,8	320				
	Reservatório	14,6	8051	85	100	0,8	80				
Pavimento Tipo (x3)	Casa de Máquinas	14,6	8051	85				Elevador 7,5cv	6494,12		
	Corredores	16,65	6121	91	100	0,8	80				
	Escada	6,36	2338	35							
<b>Área Total (m<sup>2</sup>)</b>		<b>505,54</b>	<b>Pot. Ilum. Total (W)</b>	<b>1798,60</b>	<b>Pot. PTUG Total (W)</b>	<b>1840</b>	<b>Pot. PTUE Total (W)</b>	<b>11689,41</b>			
<b>Potência Total Geral (W)</b>		<b>15328,02</b>									

(fonte: Autor)

### 3.2.2 Demanda

A demanda de energia dos apartamentos e de serviço foi calculada seguindo as orientações do item 2.1.2 e seguindo as especificações do RIC-BT para a determinação do fator de demanda de iluminação, tomadas, condicionadores de ar, aparelhos de aquecimento e motores.



### 3.2.2.1 Apartamentos

Como a carga instalada dos apartamentos supera 15kW (220/127V) deve ser calculada a demanda para dimensionar o condutor dos circuitos de distribuição e alimentação. O quadro 15 mostra a demanda individual dos três apartamentos tipo.

Quadro 15: Demanda dos apartamentos tipo

Demanda Individual apt. 201				Demanda Individual apt. 202				Demanda Individual apt. 203			
P (KW)	FD	FP	a (kVA)	P (KW)	FD	FP	a (kVA)	P (KW)	FD	FP	a (kVA)
5,59	0,52	1	2,91	5,14	0,52	1	2,67	5,13	0,52	1	2,67
P (KW)	FD	FP	b (kVA)	P (KW)	FD	FP	b (kVA)	P (KW)	FD	FP	b (kVA)
9,50	0,75	1	7,13	9,50	0,75	1	7,13	9,50	0,75	1	7,13
P (KW)	FD	FP	c (kVA)	P (KW)	FD	FP	c (kVA)	P (KW)	FD	FP	c (kVA)
2,50	1	1	2,50	1,57	1	1	1,57	1,57	1	1	1,57
<b>TOTAL (a+b+c) kVA</b>			<b>12,53</b>	<b>TOTAL (a+b+c) kVA</b>			<b>11,37</b>	<b>TOTAL (a+b+c) kVA</b>			<b>11,36</b>

(fonte: Autor)

### 3.2.2.2 Condomínio

O cálculo da demanda de serviço do condomínio é feito de forma similar a demanda dos apartamentos. Primeiramente é necessário estabelecer as cargas do condomínio e, assim como para os apartamentos, se ela for superior a 15 kW deve-se calcular a demanda seguindo os critérios do RIC BT para edificações multifamiliares, além disso deve-se considerar um fator de crescimento vegetativo de 1,2 para possíveis incrementos e adição de novas cargas. A partir da demanda do condomínio é possível dimensionar o centro de medição da edificação.

Segundo o Quadro 14: Quadro de cargas das áreas comuns.

Local	Ambiente	Dimensões	Iluminação (W)		PTUG			PTUE	
		Área (m²)	Fluxo Luminoso (lm)	Potência (W)	Potência (VA)	FP	Potência (W)	Equipamento	Potência (W)
Térreo	Hall	9,14	2720	27	200	0,8	160		
	Escadas	9,1	2708	40					
	Garagem	174,87	52884	557	400	0,8	320		
Subsolo	Dep. Lixo	2,6	956	14	100	0,8	80		
	Banheiro	2,12	779	12	600	0,8	480		
	Reservatório	5,25	1930	29	100	0,8	80	2x Bomba 3cv	5195,29
	Hall Elevadores	5,1	1771	19	100	0,8	80		
Cobertura	Garagem	199,13	52587	554	400	0,8	320		
	Reservatório	14,6	8051	85	100	0,8	80		
Pavimento Tipo (x3)	Casa de Máquinas	14,6	8051	85				Elevador 7,5cv	6494,12
	Corredores	16,65	6121	91	100	0,8	80		
	Escada	6,36	2338	35					
<b>Área Total (m²)</b>		<b>505,54</b>	<b>Pot. Ilum. Total (W)</b>	<b>1798,60</b>	<b>Pot. PTUG Total (W)</b>		<b>1840</b>	<b>Pot. PTUE Total (W)</b>	<b>11689,41</b>
<b>Potência Total Geral (W)</b>					<b>15328,02</b>				

(fonte: Autor) do item 3.2.1 a carga instalada do condomínio supera 15 kW, portanto deve-se calcular a demanda do condomínio a partir da demanda das unidades consumidoras e de serviço. O quadro 16 ilustra o cálculo da demanda das unidades consumidoras, o anexo T do

RIC mostra a demanda por unidade consumidora a partir de sua área, já o anexo U apresenta o fator de diversidade em função do número de unidades consumidoras residenciais. Multiplicando os valores obtidos em ambos os anexos por 1,2 (crescimento vegetativo) tem-se a demanda das unidades consumidoras. Caso a demanda estivesse sendo calculada para uma edificação comercial ou mista (residencial e comercial) com várias lojas, deveria ser acrescido as demandas individuais de cada loja ao cálculo da demanda do condomínio.

*Quadro 16: Demanda das unidades consumidoras*

Unidades Consumidoras				
Apartamentos	Área (m <sup>2</sup> )	Anexo T	Anexo U	Demanda (kVA)
3x apt 201	49,98	1,76	9	15,84
3x apt 202	34,28			
3x apt 203	34,51			

(fonte: Autor)

Posteriormente, deve-se calcular a demanda de serviço, ou seja, a demanda referente as cargas instaladas nas áreas comuns da edificação. O quadro 17 e o quadro 18 ilustram a demanda para iluminação e tomadas e a demanda para os motores respectivamente, sendo a demanda total de serviço a soma das demandas obtidas nessas tabelas:

*Quadro 17: Demanda de serviço iluminação e tomadas*

Iluminação e Tomadas						
Carga mínima (W/m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	Carga Mínima (W)	Carga Declarada (W)	Anexo D	FP	Demanda (kVA)
5	459,52	2297,6	3638,6	0,86	1	3,13

(fonte: Autor)

*Quadro 18: Demanda de serviço para motores*

Motores				
Equipamento	CV Motores	Potência (VA)	Anexo G	Demanda (kVA)
Bomba	3	3800	0,8	12
Bomba	3	3800		
Elevador	7,5	7400		

(fonte: Autor)

O anexo D indica o fator de demanda para iluminação e tomadas em função do ambiente da edificação, para garagens, depósitos e áreas de serviço o fator de demanda é 0,86. Já o anexo G indica o fator de demanda para os motores em função do número de motores presente na

edificação, para 3 motores o fator de demanda é 0,8.

Por fim, a demanda total de serviço é o somatório da demanda de iluminação e tomadas e a demanda de motores, para a edificação em estudo o valor é 15,13 kVA. Já a demanda total do condomínio é representada pelo somatório da demanda total de serviços com a demanda das unidades consumidoras multiplicada por 1,2 considerando possível crescimento vegetativo, sendo seu valor igual a 34,14 kVA. A partir do valor de demanda do condomínio é possível dimensionar o centro de medição.

### **3.2.3 Fornecimento de Energia e Entrada de Serviço**

O fornecimento de energia de uma edificação é feito através da entrada de energia, sendo determinado pelo regulamento da concessionária de energia local, no caso de Porto Alegre o RIC-BT da CEEE. A concessionária de energia estabelece os limites, tipos e padrões de fornecimento para as edificações em função de sua carga instalada e demanda prevista.

Segundo o RIC-BT, (2017), o fornecimento de energia deve ser efetuado em baixa tensão para unidades consumidoras individuais com carga instalada igual ou inferior a 75 kW e edificações de múltiplas unidades consumidoras com demanda calculada igual ou inferior a 115 kVA.

Existem três tipos de fornecimento de energia previstos pelo RIC-BT para unidades consumidoras individuais, monofásico (tipo A) para carga instalada de até 10 kVA para tensão 220/127V, bifásico (tipo B) para carga instalada de até 15 kVA para tensão 220/127V e trifásica (tipo C) para carga instalada superior a 15 kVA para tensão 220/127V, nesse caso deverá ser calculada a demanda. Já para edificações com múltiplas unidades consumidoras, o fornecimento será do tipo D e depende da carga instalada e da demanda da edificação, sendo essa igual ou inferior a 115kVA.

O dimensionamento da entrada de serviço é feito através do anexo J do RIC-BT após o cálculo da carga instalada e demanda de energia. Conforme apresentado no item 3.2.2, para as unidades consumidoras individuais foi calculado a demanda  $D=12,53$  kVA para o apartamento 201,  $D=11,37$  kVA para o apartamento 202 e  $D=11,36$  kVA para o apartamento 203, sendo classificados como C1. Já para o centro de medição foi calculada a demanda do condomínio  $D=34,14$  kVA, sendo classificado como D1. A figura 38 e a figura 39 ilustram as tabelas do anexo J do RIC-BT para entrada de energia individual e centro de medição, respectivamente.

Figura 38: Entrada de serviço individual.

FORNECIMENTO		CARGA INSTALADA C (KW)	DEMANDA CALCULADA D (KVA)	TIPO DE MEDIÇÃO	PROTEÇÃO		CONDUTOR (mm <sup>2</sup> )				ELETRODUTO DN (mm)		LIMITE MÁXIMO DE POTÊNCIA							
TENSÃO (V)	TIPO				DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO (A)	RAMAL DE LIGAÇÃO		RAMAL DE ENTRADA	ATERRAMENTO	PROTEÇÃO	RAMAL DE ENTRADA		MAIOR MOTOR OU SOLDA A MOTOR (CV)			CARGA INDIVIDUAL RESISTIVA (KW)				
						COBRE	ALUMÍNIO				COBRE ISOLADO	AÇO	PVC	FN	FF	FFF	FN	FF		
220/127	A1	C ≤ 10	-	DIRETA	50	10	D-10	10	10	10	20	25	20	1	-	-	5,4	-		
	B1	10 < C ≤ 15	-		50	10	T-10	10	10	10	20	25	20	2	3	-	5,4	8,8		
	C1	C > 15 Ver nota 9	D ≤ 19		50	10	Q-10	10	10	25	32	20	2	3	15	5,4	8,8	-		
	C2		19 < D ≤ 27		70	10	Q-16	25	10	16	32	40	20	2	5	20	7,5	13	-	
	C3		27 < D ≤ 38		100	16	Q-25	35	10	16	32	40	20	3	7,5	25	-	-	-	
	C4		38 < D ≤ 47		125	25	Q-35	50	16	25	40	50	25	5	7,5	30	-	-	-	
	C5		47 < D ≤ 57		150	35	Q-50	70	25	35	50	60	25	7,5	10	30	-	-	-	
	C6		57 < D ≤ 66		175	RAMAL DE ENTRADA SUBTERRÂNEO	Ver nota 10	95	25	50	50	60	32	7,5	12	30	-	-	-	
	C7		66 < D ≤ 76		200			120	35	70	65	75	40	7,5	15	30	-	-	-	
	C8		76 < D ≤ 86		225			150	50	95	100	100	40	7,5	15	30	-	-	-	
	C9		86 < D ≤ 95		250			185	50	95	100	100	40	7,5	15	30	-	-	-	
	C10		95 < D ≤ 115		300			240	70	120	100	100	50	7,5	20	30	-	-	-	
C11	115 < D ≤ 150		400	2x150	50			150	2x65	2x75	50	7,5	25	30	-	-	-			
C12	150 < D ≤ 225	600	2x300	70	300			2x85	2x100	75	7,5	30	30	-	-	-				
380/220	A2	C ≤ 15	-	DIRETA	50			10	D-10	10	10	10	20	25	20	3	-	-	8,8	-
	B2	15 < C ≤ 25	-		50			10	T-10	10	10	10	20	25	20	3	5	-	8,8	-
	C13	C > 25 Ver nota 9	D ≤ 32		50			10	Q-10	10	10	10	25	32	20	3	5	25	8,8	-
	C14		32 < D ≤ 46		70	10	Q-16	25	10	16	32	40	20	5	10	30	-	-		
	C15		46 < D ≤ 66		100	16	Q-25	35	10	16	32	40	20	7,5	12	40	-	-		
	C16		66 < D ≤ 82		125	25	Q-35	50	16	25	40	50	25	7,5	12	50	-	-		
	C17		82 < D ≤ 99		150	35	Q-50	70	25	35	50	60	25	7,5	15	50	-	-		
	C18		99 < D ≤ 132		200	RAMAL DE ENTRADA SUBTERRÂNEO	Ver nota 10	120	35	70	65	75	40	7,5	20	50	-	-	-	
	C19		132 < D ≤ 200		300			240	70	120	100	100	50	7,5	20	50	-	-	-	
	C20		200 < D ≤ 300		450			2x185	70	185	2x75	2x85	50	7,5	30	50	-	-	-	

(fonte: RIC-BT, 2017)

Figura 39: Entrada de serviço para centro de medição.

FORNECIMENTO		DEMANDA CALCULADA D (KVA)	PROTEÇÃO	CONDUTOR (mm <sup>2</sup> )				ELETRODUTO DN (mm)		BARRAMENTO GERAL -SEÇÃO MÍNIMA (mm)				
TENSÃO (V)	TIPO			DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO (A)	RAMAL DE LIGAÇÃO		RAMAL DE ENTRADA	ATERRAMENTO	PROTEÇÃO		RAMAL DE ENTRADA			
					COBRE	ALUMÍNIO					COBRE ISOLADO	AÇO	PVC	
220/127	D1	27 < D < 38	100	16	Q-25	35	10	16	32	40	20	19,0 x 1,59		
	D2	38 < D < 47	125	25	Q-35	50	16	25	40	50	25	19,0 x 1,59		
	D3	47 < D < 57	150	35	Q-50	70	25	35	50	60	25	25,4 x 1,59		
	D4	57 < D < 66	175	ENTRADA SUBTERRÂNEA		95	25	50	50	60	32	19,0 x 3,18		
	D5	66 < D < 76	200			120	35	70	65	75	40	25,4 x 3,18		
	D6	76 < D < 86	225			150	50	95	100	100	40	25,4 x 3,18		
	D7	86 < D < 95	250			185	50	95	100	100	40	38,1 x 3,18		
	D8	95 < D < 115	300			240	70	120	100	100	50	38,1 x 3,18		
380/220	D9	32 < D < 46	70			10	Q-16	25	10	16	32	40	20	12,7 x 1,59
	D10	46 < D < 66	100			16	Q-25	35	10	16	32	40	20	19,0 x 1,59
	D11	66 < D < 82	125			25	Q-35	50	16	25	40	50	25	19,0 x 1,59
	D12	82 < D < 99	150	35	Q-50	70	25	35	50	60	25	25,4 x 1,59		
	D13	99 < D < 115	175	ENTRADA SUBTERRÂNEA	95	35	50	65	75	32	19,0 x 3,18			

(fonte: RIC-BT, 2017)

### 3.2.4 Divisão de Circuitos

A divisão da instalação em circuitos foi estabelecida seguindo os critérios da NBR 5410 (2004), considerando as exigências de segurança, funcionalidade, conservação de energia e manutenções. Os circuitos de iluminação e tomadas de uso geral foram agrupados de forma que a corrente não fosse superior a 10A para os apartamentos. O quadro 19 e o quadro 20 ilustram a divisão da instalação em circuitos dos apartamentos e das áreas comuns da edificação.

*Quadro 19: Divisão de circuitos apartamentos*

Apartamento	Circuito	Descrição	Potência (VA)	Tensão (V)
201	1	Iluminação geral	1120	127
	TO1	PTUG	1200	127
	TO2	PTUG	1200	127
	TO3	PTUG	900	127
	TO4	PTUG	1200	127
	TO5	PTUG	1200	127
	AC1	Condicionador de Ar	1082	220
	AC2	Condicionador de Ar	633	220
	AC3	Condicionador de Ar	633	220
	CH1	Chuveiro Elétrico	7500	220
	SE1	Secadora	2000	220
202	1	Iluminação geral	1020	127
	TO1	PTUG	800	127
	TO2	PTUG	1200	127
	TO3	PTUG	900	127
	TO4	PTUG	1200	127
	TO5	PTUG	1200	127
	AC1	Condicionador de Ar	784	220
	AC2	Condicionador de Ar	633	220
	CH1	Chuveiro Elétrico	7500	220
	SE1	Secadora	2000	220
	203	1	Iluminação geral	920
TO1		PTUG	900	127
TO2		PTUG	1200	127
TO3		PTUG	900	127
TO4		PTUG	1200	127
TO5		PTUG	1200	127
AC1		Condicionador de Ar	784	220
AC2		Condicionador de Ar	633	220
CH1		Chuveiro Elétrico	7500	220
SE1		Secadora	2000	220

(fonte: Autor)

Quadro 20: Divisão de circuitos áreas comuns

Pavimento	Circuito	Descrição	Potência (VA)	Tensão (V)
Térreo	1	Iluminação	574,08	127
	TO1	PTUG	600,00	127
Subsolo	1	Iluminação	576,62	127
	TO1	PTUG	1300,00	127
	BO1	Bomba	2597,65	220
	BO2	Bomba	2597,65	220
Casa de Máquinas	1	Iluminação + PTUG	256,40	127
	ELEV	Elevador	8117,65	220
Pav Tipo	1	Iluminação + PTUG	647,62	127

(fonte: Autor)

### 3.2.5 Dimensionamento dos Condutores

Os condutores dos circuitos de distribuição foram dimensionados conforme o critério da seção mínima, capacidade de condução de corrente e queda de tensão. Foram considerados fatores de correção de temperatura e agrupamento segundo a figura 14 e figura 15, respectivamente. Para o dimensionamento pela queda de tensão foi considerado queda de tensão máxima de 2% para os circuitos terminais, os condutores escolhidos são de cobre com isolamento em PVC e foram dimensionados conforme o método B1 da Figura 5, para utilização em eletrodutos embutidos em alvenaria. O quadro 21 e o quadro 22 ilustram o dimensionamento dos condutores para os circuitos dos apartamentos e áreas comuns da edificação.

Quadro 21: Dimensionamento de condutores dos apartamentos.

Apartamento	Circuito	Descrição	Potência (VA)	FP	Tensão (V)	Corrente (Ib)	Corrente Corrigida (A)			Seção (mm²)	Queda de tensão	
							FCA	FCT	Corrente		Dist. Máx (m)	e%
201	1	Iluminação geral	1120	0,92	127	8,82	0,6	1,0	14,70	1,5	11	0,016
	TO1	PTUG	1200	0,8	127	9,45	0,7	1,0	13,50	2,5	11	0,009
	TO2	PTUG	1200	0,8	127	9,45	0,7	1,0	13,50	2,5	11	0,009
	TO3	PTUG	900	0,8	127	7,09	0,6	1,0	11,81	2,5	11	0,007
	TO4	PTUG	1200	0,8	127	9,45	0,6	1,0	15,75	2,5	11	0,009
	TO5	PTUG	1200	0,8	127	9,45	0,6	1,0	15,75	2,5	11	0,009
	AC1	Condicionador de Ar	1082	1	220	4,92	0,7	1,0	7,03	2,5	11	0,003
	AC2	Condicionador de Ar	633	1	220	2,88	0,7	1,0	4,11	2,5	11	0,002
	AC3	Condicionador de Ar	633	1	220	2,88	0,7	1,0	4,11	2,5	11	0,002
	CH1	Chuveiro Elétrico	7500	1	220	34,09	0,7	1,0	48,70	10	11	0,006
SE1	Secadora	2000	1	220	9,09	0,6	1,0	15,15	2,5	11	0,006	
202	1	Iluminação geral	1020	0,92	127	8,03	0,6	1,0	13,39	1,5	11	0,015
	TO1	PTUG	800	0,8	127	6,30	0,65	1,0	9,69	2,5	11	0,006
	TO2	PTUG	1200	0,8	127	9,45	0,7	1,0	13,50	2,5	11	0,009
	TO3	PTUG	900	0,8	127	7,09	0,6	1,0	11,81	2,5	11	0,007
	TO4	PTUG	1200	0,8	127	9,45	0,6	1,0	15,75	2,5	11	0,009
	TO5	PTUG	1200	0,8	127	9,45	0,6	1,0	15,75	2,5	11	0,009
	AC1	Condicionador de Ar	784	1	220	3,56	0,65	1,0	5,48	2,5	11	0,002
	AC2	Condicionador de Ar	633	1	220	2,88	0,65	1,0	4,43	2,5	11	0,002
	CH1	Chuveiro Elétrico	7500	1	220	34,09	0,7	1,0	48,70	10	11	0,006
	SE1	Secadora	2000	1	220	9,09	0,6	1,0	15,15	2,5	11	0,006
203	1	Iluminação geral	920	0,92	127	7,24	0,6	1,0	12,07	1,5	11	0,013
	TO1	PTUG	900	0,8	127	7,09	0,7	1,0	10,12	2,5	11	0,007
	TO2	PTUG	1200	0,8	127	9,45	0,7	1,0	13,50	2,5	11	0,009
	TO3	PTUG	900	0,8	127	7,09	0,6	1,0	11,81	2,5	11	0,007
	TO4	PTUG	1200	0,8	127	9,45	0,6	1,0	15,75	2,5	11	0,009
	TO5	PTUG	1200	0,8	127	9,45	0,6	1,0	15,75	2,5	11	0,009
	AC1	Condicionador de Ar	784	1	220	3,56	0,7	1,0	5,09	2,5	11	0,002
	AC2	Condicionador de Ar	633	1	220	2,88	0,7	1,0	4,11	2,5	11	0,002
	CH1	Chuveiro Elétrico	7500	1	220	34,09	0,7	1,0	48,70	10	11	0,006
	SE1	Secadora	2000	1	220	9,09	0,6	1,0	15,15	2,5	11	0,006

(fonte: Autor)

Quadro 22: Dimensionamento de condutores de áreas comuns.

Pavimento	Circuito	Descrição	Potência (VA)	FP	Tensão (V)	Corrente (Ib)	Corrente Corrigida			Seção (mm²)	Queda de tensão	
							FCA	FCT	Corrente		Dist. Máx (m)	e%
Térreo	1	Iluminação	574,08	0,92	127	4,52	0,8	1	5,65	2,5	30	0,014
	TO1	PTUG	600,00	0,80	127	4,72	0,8	1	5,91	2,5	30	0,012
Subsolo	1	Iluminação	576,62	0,92	127	4,54	0,7	1	6,49	2,5	30	0,014
	TO1	PTUG	1300,00	0,80	127	10,24	0,7	1	14,62	2,5	20	0,018
	BO1	Bomba	2597,65	1,00	220	11,81	0,7	1	16,87	4	30	0,014
	BO2	Bomba	2597,65	1,00	220	11,81	0,7	1	16,87	4	30	0,014
Casa de Máquinas	1	Iluminação + PTUG	256,40	0,92	127	2,02	0,7	1	2,88	2,5	30	0,006
	ELEV	Elevador	8117,65	0,80	220	17,04	0,7	1	24,35	16	30	0,018
Pav Tipo	1	Iluminação + PTUG	647,62	0,80	127	5,10	1	1	5,10	2,5	30	0,013

(fonte: Autor)

### 3.2.6 Dimensionamento de Eletrodutos

Os eletrodutos foram dimensionados considerando ocupação máxima de 40% para três ou mais condutores, seguindo os critérios estabelecidos pela NBR 5410 (2004). Os eletrodutos serão de PVC rígido com DN 25 mm para os circuitos terminais dos apartamentos, térreo, subsolo e corredores dos pavimentos tipo, DN 32 mm para as prumadas elétricas da coluna montante e DN 40 mm para os circuitos da casa de máquinas e cobertura. Além disso, para fins

de instalação em obra deve-se prever o número adequado de saídas dos eletrodutos da CD, procurando evitar eletrodutos com muitos circuitos, reduzindo assim o fator de agrupamento e consequentemente, o diâmetro dos eletrodutos.

### 3.2.7 Dimensionamento de Disjuntores

O dimensionamento dos disjuntores foi realizado conforme as orientações estabelecidas no item 2.1.6. O quadro 23 e o quadro 24 ilustram os disjuntores selecionados para os circuitos dos apartamentos e demais áreas da edificação. Foi escolhido o dispositivo diferencial residual de 63 A para atender o quadro geral de serviço e os quadros de carga dos apartamentos, 40 A para o quadro de cargas do condomínio e elevador e 25 A para o quadro de cargas da casa de máquinas e o quadro de bombas, conforme diagramas do apêndice A. O dispositivo DPS escolhido foi de 20kVA – 175V tipo II para todos os quadros da edificação, conforme diagramas do apêndice A.

*Quadro 23: Disjuntores dos apartamentos tipo.*

Apartamento	Circuito	Descrição	Potência (VA)	Tensão (V)	Corrente (Ib)	Disjuntor
						IN (A)
201	1	Iluminação geral	1120	127	8,82	10 - 1P
	TO1	PTUG	1200	127	9,45	13 - 1P
	TO2	PTUG	1200	127	9,45	13 - 1P
	TO3	PTUG	900	127	7,09	13 - 1P
	TO4	PTUG	1200	127	9,45	13 - 1P
	TO5	PTUG	1200	127	9,45	13 - 1P
	AC1	Condicionador de Ar	1082	220	4,92	10 - 2P
	AC2	Condicionador de Ar	633	220	2,88	10 - 2P
	AC3	Condicionador de Ar	633	220	2,88	10 - 2P
	CH1	Chuveiro Elétrico	7500	220	34,09	40 - 2P
SE1	Secadora	2000	220	9,09	10 - 2P	
202	1	Iluminação geral	1020	127	8,03	10 - 1P
	TO1	PTUG	800	127	6,30	13 - 1P
	TO2	PTUG	1200	127	9,45	13 - 1P
	TO3	PTUG	900	127	7,09	13 - 1P
	TO4	PTUG	1200	127	9,45	13 - 1P
	TO5	PTUG	1200	127	9,45	13 - 1P
	AC1	Condicionador de Ar	784	220	3,56	10 - 2P
	AC2	Condicionador de Ar	633	220	2,88	10 - 2P
	CH1	Chuveiro Elétrico	7500	220	34,09	40 - 2P
	SE1	Secadora	2000	220	9,09	10 - 2P
203	1	Iluminação geral	920	127	7,24	10 - 1P
	TO1	PTUG	900	127	7,09	13 - 1P
	TO2	PTUG	1200	127	9,45	13 - 1P
	TO3	PTUG	900	127	7,09	13 - 1P
	TO4	PTUG	1200	127	9,45	13 - 1P
	TO5	PTUG	1200	127	9,45	13 - 1P
	AC1	Condicionador de Ar	784	220	3,56	10 - 2P
	AC2	Condicionador de Ar	633	220	2,88	10 - 2P
	CH1	Chuveiro Elétrico	7500	220	34,09	40 - 2P
	SE1	Secadora	2000	220	9,09	10 - 2P

(fonte: Autor)



Quadro 24: Disjuntores dos circuitos de serviço.

Pavimento	Circuito	Descrição	Potência (VA)	Tensão (V)	Corrente (Ib)	Disjuntor
						IN (A)
Térreo	1	Iluminação	574,08	127	4,52	10 - 1P
	TO1	PTUG	600,00	127	4,72	10 - 1P
Subsolo	1	Iluminação	576,62	127	4,54	10 - 1P
	TO1	PTUG	1300,00	127	10,24	16 - 1P
	BO1	Bomba	2597,65	220	11,81	16 - 2P
	BO2	Bomba	2597,65	220	11,81	16 - 2P
Casa de Máquinas	1	Iluminação + PTUG	256,40	127	2,02	10 - 1P
	ELEV	Elevador	8117,65	220	17,04	32 - 2P
Pav Tipo	1	Iluminação + PTUG	647,62	127	5,10	10 - 1P

(fonte: Autor)

### 3.2.8 Dimensionamento do Aterramento

Segundo o RIC-BT (2017), o condutor neutro e o condutor de proteção devem ser independentes, referenciados ao mesmo eletrodo de aterramento, permitir a utilização do sistema TN-S e o valor da resistência de aterramento não deve ser superior a 25  $\Omega$ , em qualquer época do ano. No caso de não ser atingido esse limite com eletrodo de apenas uma haste, deve-se utilizar quantas forem necessárias, distanciadas em no mínimo 3 metros e interligadas através de condutor com seção mínima de 16 mm<sup>2</sup> (RIC-BT, 2017).

Para o dimensionamento do aterramento da edificação de estudo utilizou-se as prescrições e indicações de Kindermann (1995), tendo em vista que não é possível realizar medidas no local. Dessa forma as condições estipuladas são as seguintes:

- O solo considerado será jardim com 50% de umidade, com resistividade de 140  $\Omega$ m;
- A haste de aterramento terá 3m de comprimento e diâmetro de 3/4”;
- O espaçamento das hastes será de 3m;
- Serão utilizadas 3 hastes para atingir a resistência máxima de aterramento de 25 $\Omega$ , cujo índice de redução é  $K=0,391$ ;
- Para reduzir a resistência do solo para valores próximos a 10  $\Omega$  deve-se realizar tratamento do solo com gel, sendo os coeficientes de redução inferior e superior 0,29 e 0,52, respectivamente.

Seguindo as recomendações do RIC-BT e da NBR 5410 e as condições de projeto estipuladas acima, dimensionou-se o aterramento da edificação de estudo conforme ilustra o quadro 25.

Quadro 25: Resistência Equivalente Sistema de Aterramento

Resistividade do solo $\rho_a$ ( $\Omega m$ )	Comprimento da Haste L (m)	Diâmetro da Haste d (m <sup>2</sup> )	R1H ( $\Omega$ )	Espaçamento (m)	K3H	R3H ( $\Omega$ )	Ktrat inf	Ktrat sup	Rtrat inf ( $\Omega$ )	Rtrat sup ( $\Omega$ )
140,00	3,00	0,019	47,87	3,00	0,410	19,63	0,29	0,52	5,69	10,21

(fonte: Autor)

### 3.3 Projeto Luminotécnico

Este capítulo tem como objetivo apresentar o detalhamento do projeto luminotécnico das áreas comuns da edificação de estudo, a fim de encontrar os sistemas de luminárias e lâmpadas mais eficientes. O projeto foi desenvolvido utilizando o software DIALux, seguindo as orientações estabelecidas na seção 2.2 e seguindo as recomendações da NBR8995-1 de 2013.

#### 3.3.1 Iluminância dos Ambientes

A iluminância e sua distribuição nas áreas de trabalho e no entorno imediato têm um maior impacto em como uma pessoa percebe e realiza a tarefa visual de forma rápida, segura e confortável NBR ISO/CIE 8995-1 (2013). Os ambientes projetados foram os corredores, escadas, térreo e subsolo da edificação, dando maior destaque para a garagem. O quadro 26 ilustra as iluminâncias dos ambientes projetados, seguindo as recomendações da NBR 8995-1.

Quadro 26: Iluminância dos Ambientes

Local	Ambiente	Iluminância (lux)
Térreo	Hall	100
	Escadas	100
	Garagem	150
Subsolo	Dep. Lixo	100
	Banheiro	100
	Reservatório	100
	Hall Elevadores	100
	Garagem	150
Pavimento tipo	Corredores	100
	Escada	100

(fonte: Autor)

### 3.3.2 Fator de Utilização

O fator de utilização é determinado através do índice do local, da refletância dos ambientes e das luminárias selecionadas para o projeto.

A refletância dos ambientes é determinada por três parâmetros correspondendo ao teto-paredes-piso e para sua determinação, deve-se fazer uma previsão de como os ambientes projetados serão decorados e quais serão suas cores.

O índice do local é determinado pelas dimensões dos ambientes, para isso é feita uma relação entre a área do recinto e altura de montagem, ou seja, a altura em que a luminária estará em relação ao plano de trabalho. No projeto em questão foi considerado que as luminárias estarão fixadas no teto, portanto a altura de montagem será o pé direito da edificação. O quadro 27 ilustra o índice do local, a refletância e o fator de utilização do projeto.

*Quadro 27: Índice do local, refletância e fator de utilização.*

Local	Ambiente	Dimensões		Índice do Local K	Refletância	Fator de Utilização
		Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )			
Térreo	Hall	3,8	9,14	0,31	853	0,28
	Escadas	2,4	9,10	0,35	853	0,30
	Garagem	2,8	174,87	2,12	751	0,65
Subsolo	Dep. Lixo	1,7	2,60	0,49	751	0,34
	Banheiro	1,7	2,12	0,38	751	0,29
	Reservatório	1,1	5,25	1,02	751	0,52
	Hall Elevadores	2,5	5,10	0,44	751	0,32
	Garagem	2,5	199,13	2,41	751	0,67
Pavimento tipo	Corredores	2,6	16,65	0,38	751	0,29
	Escada	2,8	6,36	0,49	751	0,34

(fonte: Autor)

### 3.3.3 Fator de Manutenção

Conforme o tempo de serviço aumenta, o fluxo luminoso emitido por qualquer lâmpada diminui devido ao resultado do envelhecimento (NBR ISO/CIE 8995-1, 2013). O quanto este decréscimo é acentuado depende do tipo e da potência da lâmpada em questão e do local em que as luminárias estão inseridas. O fator de manutenção leva em consideração o nível de sujeira dos ambientes e da luminária, pois esses podem diminuir o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas, bem como o período de manutenção e troca dos dispositivos, de modo que ao final do período de manutenção, o nível de iluminação médio ainda esteja respeitando os valores

mínimos de projeto. Na edificação de estudo considerou-se um período de manutenção de 7500h e um nível de sujeira normal para os ambientes, resultando em um fator de manutenção de 0,80.

### 3.3.4 Fluxo Luminoso

O fluxo luminoso é o principal parâmetro para a determinação do número de luminárias que atendam de forma satisfatória o nível de iluminação exigido para a execução das tarefas dos usuários, e é determinado através da área, iluminância, fator de utilização e fator de manutenção dos ambientes. O quadro 28 ilustra o cálculo do fluxo luminoso dos ambientes da edificação.

*Quadro 28: Fluxo luminoso dos ambientes.*

Local	Ambiente	Dimensões		Fator de Utilização	Fator de Manutenção	Iluminância (lux)	Fluxo Luminoso Total (lm)
		Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )				
Térreo	Hall	3,8	9,14	0,28	0,8	100	4149,94
	Escadas	2,4	9,10	0,30	0,8	100	3850,78
	Garagem	2,8	174,87	0,65	0,8	150	50575,23
Subsolo	Dep. Lixo	1,7	2,60	0,34	0,8	100	949,78
	Banheiro	1,7	2,12	0,29	0,8	100	908,09
	Reservatório	1,1	5,25	0,52	0,8	100	1270,87
	Hall Elevadores	2,5	5,10	0,32	0,8	100	1977,20
	Garagem	2,5	199,13	0,67	0,8	150	55907,38
Pavimento tipo	Corredores	2,6	16,65	0,29	0,8	100	7125,10
	Escada	2,8	6,36	0,34	0,8	100	2311,29

(fonte: Autor)

### 3.3.5 Número de Luminárias

Para a determinação do número de luminárias é necessário primeiramente escolher a luminária mais adequada para o local, de modo que a atividade fim do ambiente possa ser executada de forma adequada e satisfatória pelos usuários. A figura 40 ilustra uma das luminárias escolhidas no projeto luminotécnico das garagens do subsolo e térreo, as demais luminárias e suas especificações encontram-se no Apêndice B.

Figura 40: Especificações luminária garagens DIALux

Philips – TBS165 G 2xTL5-28W HFS C6

Emissão luminosa 1

Equipagem: 2xTL5-28W/840

Grau de atuação operacional: 69,91%

Fluxo luminoso de lâmpada: 5250 lm

Fluxo luminoso de luminária: 3670 lm

Potência: 62,0 W

Rendimento luminoso: 59,2 lm/W

Indicações calorimétricas

2xTL5-28W/840: CCT 3000K, CRI 100



(fonte: Adaptado de Catálogo PHILIPS DIALux, 2019)

O número de luminárias é determinado pela razão entre o fluxo luminoso total dos ambientes e o fluxo luminoso das lâmpadas de cada luminária. O quadro 29 ilustra o número de luminárias mínimo necessário para cada recinto, bem como o número de luminárias dimensionadas pelo projeto luminotécnico realizado através do software DIALux.

Quadro 29: Número de luminárias por ambiente.

Local	Ambiente	Fluxo Luminoso Total (lm)	Fluxo Luminoso por Lâmpada (lm)	Nº Mínimo de Luminárias	Nº de Luminárias Projetadas (DIALux)
Térreo	Hall	4149,94	6600	1	1
	Escadas	3850,78	2400	2	2
	Garagem	50575,23	5250	10	11
Subsolo	Dep. Lixo	949,78	2400	1	1
	Banheiro	908,09	1200	1	2
	Reservatório	1270,87	1200	1	1
	Hall Elevadores	1977,20	5240	1	1
	Garagem	55907,38	5250	11	11
Pavimento tipo	Corredores	7125,10	2400	3	5
	Escada	2311,29	2400	1	2

(fonte: Autor)

O número de luminárias pode variar de acordo com o modelo escolhido ou condições arquitetônicas da edificação, sendo o número de luminárias determinado neste projeto, um valor de referência utilizando as luminárias escolhidas através do software DIALux a fim de atender com satisfação o nível de iluminação os ambientes da edificação.

## 4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

### 4.1 Iluminação

A iluminação representa 20% do consumo de energia elétrica em uma edificação (CARVALHO JÚNIOR, 2017). Para gerar maior eficiência energética e economizar energia elétrica na iluminação é preciso levar em consideração quais tipos de lâmpadas serão utilizados, bem como suas características e como o sistema de iluminação será utilizado durante o dia.

#### 4.1.1 Lâmpadas Fluorescentes X Lâmpadas LED

As lâmpadas fluorescentes são compostas por vidro coberto por material a base de fósforo e, dentro delas há gases inertes a baixa pressão que se ionizam quando passa corrente elétrica pelos eletrodos em sua extremidade, gerando luz. Em geral, as lâmpadas fluorescentes possuem boa eficiência luminosa (quatro a seis vezes maior que as incandescentes) e vida útil mais alta (6000 a 9000 horas). As lâmpadas fluorescentes substituíram as lâmpadas incandescentes, pois uma lâmpada fluorescente de 9W ilumina a mesma quantidade que uma incandescente de 60W (LAMBERTS *et al.*, 2014).

Os LEDs são diodos capazes de emitir luz e gerar pouco consumo de energia, portanto, possuem alta eficiência energética (LAMBERTS *et al.*, 2014). Já bastante difundidos no meio eletrônico como sinalizadores de equipamentos de som e TV, o LED tornou-se o substituto das lâmpadas fluorescentes compactas, devido ao fato dessas lâmpadas precisarem de menos potência para gerar o mesmo fluxo luminoso que as lâmpadas fluorescentes. Além disso, as lâmpadas LED possuem uma vida útil muito elevada, alta variedade de cores, não emitem calor e possuem fácil descarte e reciclagem devido ao fato de não conter chumbo ou mercúrio. A principal desvantagem do LED em relação as lâmpadas fluorescentes é o custo, hoje as lâmpadas LED ainda custam cerca de 5 vezes mais que uma lâmpada fluorescente, entretanto, apesar do investimento inicial ser maior, o LED compensa com sua maior capacidade de geração de luz com menos potência, maior eficiência luminosa e maior vida útil. O quadro 30 mostra o comparativo entre lâmpadas fluorescentes e LED.

Quadro 30: Comparativo lâmpadas fluorescentes e LED

Tipo	Fluorescentes Compactas	LED
Durabilidade	10000 a 15000h	mais de 25000h
Consumo	10W	5W
Economia	até 80%	até 95%
Emissão de Calor	média	baixa
Ecologia	contém mercúrio	não contém mercúrio
Eficiência	mediana	alta

(fonte: adaptado de Arquitetize e Akatu, 2020)

A escolha das lâmpadas mais eficientes é de extrema importância para a concepção de um projeto luminotécnico que visa a eficiência energética. A eficiência das lâmpadas é medida pela eficiência luminosa, conforme apresentado na seção 2.2.10 e, com o intuito de auxiliar os consumidores na escolha das lâmpadas mais eficientes, a Procel e a Eletrobrás desenvolveram um catálogo com diversos tipos, marcas e modelos de lâmpadas fluorescentes e LED. Para fins de projeto, as lâmpadas escolhidas foram ambas da marca PHILIPS com modelos semelhantes, mudando apenas que uma delas é fluorescente e a outra LED, dessa forma pode-se perceber que a eficiência luminosa da fluorescente era de 62 lm/W enquanto da LED era 100 lm/W, ou seja, com menor potência a lâmpada LED consegue iluminar da mesma forma que a lâmpada fluorescente. A figura 41 ilustra as lâmpadas escolhidas.

Figura 41: Lâmpada fluorescente e LED



(fonte: Catálogo PHILIPS, 2019)

Foi realizado uma simulação do uso das lâmpadas fluorescentes e LED nos ambientes de uso comum da edificação e, devido a maior eficiência luminosa das lâmpadas LED, constatou-se que seriam necessários 3947,40 W em lâmpadas LED para suprir a necessidade

da edificação, enquanto seriam necessários 4290 W de lâmpadas fluorescentes para iluminar os mesmos ambientes, mostrando que utilizando LED haverá uma redução de 342,60 W de iluminação. Isso ocorre porque as lâmpadas LED possuem maior fluxo luminoso resultando em uma iluminação melhor e mais eficiente e consumindo menos energia elétrica. Além disso, caso o projeto fosse realizado com lâmpadas fluorescentes haveria a necessidade de mais luminárias em todos os ambientes. O quadro 31 mostra a simulação do uso de lâmpadas fluorescentes e LED nas áreas comuns da edificação, a potência total para ambas as lâmpadas é referente ao térreo, subsolo, os três pavimentos.

*Quadro 31: Simulação lâmpadas fluorescentes e LED para áreas comuns da edificação*

Local	Ambiente	Fluxo Luminoso Total (lm)	Fluxo lumin. por Lâmpada		Lâmpadas por Luminária	Número de Luminárias		Potência por Lâmpada(W)		Potência Iluminação (W)	
			Fluorescente	LED		Fluorescente	LED	Fluorescente	LED	Fluorescente	LED
Térreo	Hall	4149,937453	2048	6600	2	3	1	30	85	180	170
	Escadas	3850,782541	2048	2400	2	2	2	30	38	120	152
	Garagem	50575,23494	2100	5250	2	25	11	32	62	1600	1364
Subsolo	Dep. Lixo	949,7790977	2048	2400	1	1	1	30	38	30	38
	Banheiro	908,0934349	2048	1200	1	1	2	30	13,8	30	27,6
	Reservatório	1270,873456	2048	1200	1	1	1	30	13,8	30	13,8
	Hall Elevadores	1977,196718	2100	5240	1	1	1	32	20	32	20
	Garagem	55907,37954	2100	5250	2	27	11	32	62	1728	1364
Pavimento tipo	Corredores	7125,10012	2048	2400	1	4	5	30	38	120	190
	Escada	2311,294324	2048	2400	1	2	2	30	38	60	76
									TOTAL (W)	4290	3947,4

(fonte: Autor)

#### 4.1.2 Sensor de Presença

O sensor de presença é um dispositivo capaz de detectar a presença de pessoas através da temperatura, acionando assim as lâmpadas por um tempo pré-determinado pela programação da instalação.

Há alguns anos, os sensores de presença eram utilizados apenas para a segurança, a fim de detectar invasões. Hoje em dia, os sensores estão sendo utilizados em instalações elétricas para controlar o acionamento da iluminação, com o intuito de reduzir o tempo que as lâmpadas ficam acesas sem que haja pessoas nos ambientes da edificação, reduzindo assim o consumo de energia elétrica.

Segundo CASTRO (2015), existem dois tipos de sensores de presença para a iluminação: os sensores infravermelho e ultrassônico. A principal vantagem desses equipamentos é poder acionar a iluminação apenas quando houver a presença de pessoas, mantendo a iluminação ativa apenas quando houver necessidade, poder acionar apenas a iluminação dos ambientes ou andares que a pessoa estiver utilizando e não todo o sistema de



iluminação como geralmente ocorre em sistemas de minuteria, reduzindo o consumo de energia elétrica e, por fim, não utiliza interruptores, reduzindo assim a quantidade de condutores gerando economia para a instalação elétrica.

Foi realizado um comparativo de custo utilizando sensor de presença na edificação e minuteria. Para a simulação da minuteria considerou-se que as lâmpadas dos três andares são acionadas por 8h/dia durante 30 dias do mês, pois quando a minuteria é utilizada ela aciona toda a iluminação da edificação independente de qual andar estará em uso. Já para o sensor de presença, estimou-se que o tempo em horas por dia de cada andar seria 1/3 do total de horas diárias utilizadas, pois como o sensor ativa a iluminação apenas dos andares que serão utilizados, para fins de simplificação, estimou-se que cada um dos três andares é acionado separadamente durante 2,67 h/dia. Considerou-se ainda o valor de R\$ 0,79 por KWh utilizado, segundo valores de referência de maio de 2020 da CEEE, constatando-se que o custo da iluminação do condomínio com sensor de presença é R\$ 161,92, enquanto o custo com minuteria é R\$ 212,35, ou seja, utilizar sensor de presença gera uma economia de R\$ 50,43 por mês. O quadro 32 e o quadro 33 ilustram a simulação do custo de iluminação utilizando sensor de presença e minuteria.

*Quadro 32: Custo da iluminação do condomínio utilizando sensor de presença*

Sensor de presença										
dias	horas/dia	Potência Iluminação Ativada (W)			Consumo (KWh)			Consumo total KWh	R\$/KWh	Custo R\$
		1 andar	2 andares	3 andares	1 andar	2 andares	3 andares			
30	2,67	588	854	1120	47,04	68,32	89,60	204,96	0,79	161,92

(fonte: Autor)

*Quadro 33: Custo da iluminação do condomínio utilizando minuteria*

Minuteria					
dias	horas/dia	Potência Iluminação	Consumo total KWh	R\$/KWh	Custo R\$
30	8,00	1120	268,80	0,79	212,35

(fonte: Autor)

A partir dos resultados obtidos nos quadros acima observa-se que o uso de sensor de presença na edificação resulta em uma economia de aproximadamente 25% no custo da iluminação do condomínio, mostrando que o sistema apresenta resultados atraentes quando se objetiva sustentabilidade e redução consumo de energia do consumidor final.

## 4.2 Condicionadores de Ar

Segundo CARVALHO JÚNIOR (2016), os condicionadores de ar representam 5% do consumo de energia elétrica de uma edificação, por isso, é fundamental escolher o aparelho mais eficiente, levando em consideração a melhor tecnologia disponível e realizando o estudo da necessidade do ambiente, para que seja dimensionado o condicionador de ar ideal e não haja superdimensionamento do aparelho.

Para o dimensionamento ideal da quantidade de BTU/h do ar condicionado é preciso fazer um estudo de necessidade energética do ambiente. Para isso é realizado o cálculo da carga térmica, que leva em consideração a envoltória da edificação, os ocupantes, a carga da iluminação e os demais equipamentos que possam existir no ambiente em questão.

### 4.2.1 Envoltória da Edificação

O cálculo da carga térmica da edificação foi realizado para todos os ambientes dos apartamentos que receberão aparelhos condicionadores de ar, sendo eles: os dois quartos e a sala do apartamento 201 e o quarto e a sala dos apartamentos 202 e 203, totalizando 7 aparelhos.

O primeiro item a ser definido no cálculo da carga térmica é a quantidade de calor absorvida pela envoltória da edificação, para isso foi considerado a transmitância térmica, que é a taxa de transferência de calor por metro quadrado das paredes, teto, piso, janelas e portas de todos os ambientes, além disso, foi considerado a quantidade de irradiação solar que incide diretamente na edificação através das janelas. O quadro 34 ilustra os dados de entrada para o cálculo da quantidade de calor da envoltória.

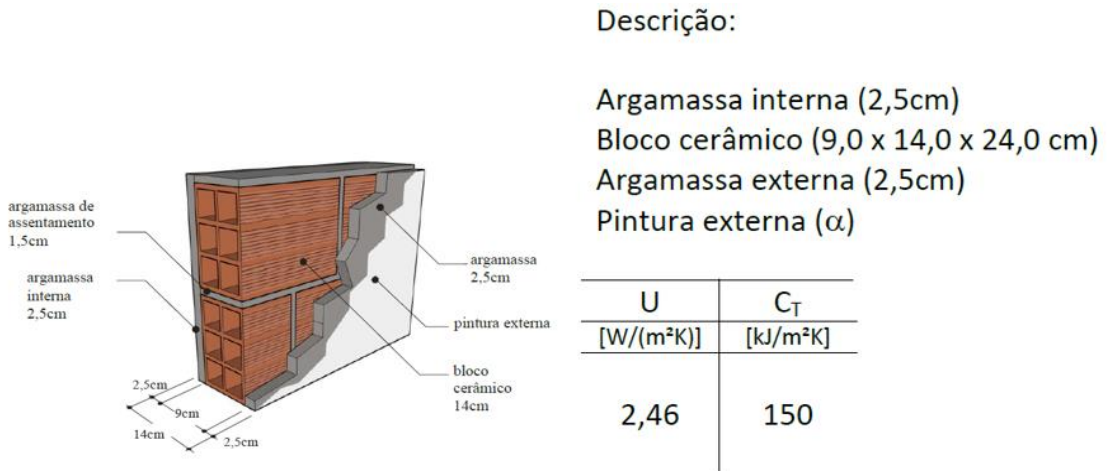
*Quadro 34: Densidade fluxo de calor (q) gerado pela envoltória.*

Envoltória											
Transmitância U (W/m <sup>2</sup> .K)			Temperatura (°C)			q1 superfícies (W/m <sup>2</sup> )			Incidência solar	Fator solar	q2 incidência de sol (W/m <sup>2</sup> )
Parede/teto/piso	Janela	Porta	Externa	Interna	Diferença	Parede/teto/piso	Janela	Porta			
2,46	4,25	1,68	30	23	7	17,22	29,75	11,76	200	0,87	174

(fonte: Autor)

O valor de transmitância térmica adotado para o cálculo foi 2,46 para paredes, teto e piso, 4,25 para janela e 1,68 para porta. Esses valores são referentes aos materiais que compõem os componentes da envoltória, a parede, o teto e o piso são de blocos cerâmicos revestidos com argamassa interna e externa e pintados com cores claras, pois as mesmas possuem alto grau de reflexão. Já as janelas foram consideradas com vidros simples e a porta de madeira. A figura 42 mostra a característica dos materiais das paredes, teto e piso.

Figura 42: Características dos materiais de paredes, teto e piso.



(fonte: INMETRO, 2013)

Como a edificação está localizada na cidade de Porto Alegre, foi adotado uma diferença de temperatura de 7 °C para o ambiente externo e interno já que seguidamente a cidade atinge temperaturas de 30 °C e, 23 °C é uma temperatura agradável para o conforto dos usuários da edificação.

É possível calcular a densidade fluxo de calor para as superfícies ( $q_1$ ) multiplicando os valores de transmitância térmica com a diferença de temperatura. Para paredes, teto e piso  $q_1=17,22 \text{ W/m}^2$ , para a janela  $q_1=29,75 \text{ W/m}^2$  e para a porta  $q_1=11,76 \text{ W/m}^2$ . Além disso é preciso definir o ganho térmico solar que passa pelo vidro ( $q_2$ ), esse é definido multiplicando o valor da incidência solar com o fator solar, resultando em  $q_2=174 \text{ W/m}^2$ . A incidência solar utilizada é a média anual para a cidade de Porto Alegre  $I=200 \text{ W/m}^2$  e o fator solar é  $FS=0,87$ .

Para quantificar a quantidade de calor absorvido pela envoltória é preciso calcular a área de todas as superfícies e descontar as aberturas de portas e janelas, em seguida calcula-se o fluxo de calor ( $Q$ ) multiplicando-se a densidade fluxo de calor com a área das superfícies, por fim, é realizado o somatório do fluxo de calor de cada ambiente ( $Q_T$ ). O quadro 35 ilustra a quantidade de calor das superfícies e aberturas, bem como a quantidade calor total absorvida pela envoltória de cada ambiente.

Quadro 35: Quantidade de calor absorvido pela envoltória

Apartamento	Cômodo	Área (m <sup>2</sup> )								Q1 (W)	Q2 (W) Janela	QT (W)
		Janela	Porta	Parede Norte	Parede Sul	Parede Leste	Parede Oeste	Piso	Teto			
Apt 201	Sala	3,99	1,89	17,00	22,49	2,80	4,90	20,81	20,81	1670,17	694,26	2364,43
	Dormitório 1	1,91	1,33	4,59	6,50	6,99	8,32	8,00	8,00	802,59	332,27	1134,86
	Dormitório 2	2,37	1,33	8,06	8,06	5,69	6,73	9,62	9,62	908,94	412,66	1321,60
Apt 202	Sala	2,37	1,89	5,43	5,91	12,22	12,22	13,8	13,8	1184,16	412,66	1596,82
	Dormitório	2,37	2,08	6,29	7,10	8,58	6,58	11	11	965,36	412,66	1378,01
Apt 203	Sala	2,37	1,89	16,38	12,22	7,54	5,17	14,1	14,1	1289,72	412,66	1702,37
	Dormitório	2,37	1,33	8,50	5,90	5,43	6,24	10,93	10,93	911,59	412,66	1324,25

(fonte: Autor)

## 4.2.2 Iluminação

A iluminação dos ambientes também gera calor, por essa razão ela exerce influência sobre a carga térmica da edificação. A carga de iluminação estimada para o projeto dos apartamentos tipo seguiu as recomendações da NBR 5410, tendo em vista que o projeto luminotécnico foi realizado apenas para as áreas de uso comum da edificação. Foi ainda estimado a carga de iluminação dos ambientes em que teriam aparelhos condicionadores de ar pelas recomendações da NBR 16401-1 – instalações de ar condicionado – sistemas centrais e unitários Parte 1: Projetos das instalações, a fim de verificar qual seria a situação mais crítica e, por fim, a carga de iluminação foi calculada multiplicando-se a potência dissipada de 9 W/m<sup>2</sup> pela área dos cômodos dos apartamentos. O quadro 36 mostra a contribuição de calor pela iluminação pela NBR 5410 e NBR 16401 e quais valores foram levados em consideração para o cálculo da carga térmica.

Quadro 36: Potência de iluminação calculadas pela NBR 5410 e NBR 16401

Iluminação				
Apartamento	Cômodo	Potência (W)		Potência Considerada (W)
		NBR 5410	NBR 16401	
Apt 201	Sala	184	187,29	184
	Dormitório 1	92	72	92
	Dormitório 2	92	86,58	92
Apt 202	Sala	276	124,2	276
	Dormitório	184	99	184
Apt 203	Sala	184	126,9	184
	Dormitório	92	98,37	92

(fonte: Autor)

A potência considerada para o cálculo da carga térmica foi a estipulada pela NBR 5410, pois apesar de possuir dois valores menores que os estabelecidos pela NBR 16401 para a sala do apartamento 201 e o dormitório do apartamento 203, apresenta valores significativamente

maiores para os outros ambientes, o que garante margem para futuras expansões na iluminação sem comprometer a eficiência do sistema de ar-condicionado.

### 4.2.3 Ocupantes

Os ocupantes também geram calor de acordo com as atividades que estão desempenhando no ambiente, por isso conforme as exigências da NBR 16401 adotou-se o calor total para os ocupantes de 115 W/pessoa, considerando que as atividades desempenhadas são leves. O número de ocupantes considerados nas salas dos apartamentos foram três, já para os dormitórios foi considerado apenas dois, em virtude das áreas e proporções dos ambientes. O quadro 37 ilustra a carga total gerada pelos ocupantes dos ambientes estudados.

*Quadro 37: Carga gerada pelos ocupantes segundo a NBR 16401.*

Ocupantes				
Apartamento	Cômodo	Q total Ocupantes		
		Nº Ocupantes	Carga/Ocup	Total (W)
Apt 201	Sala	3	115	345
	Dormitório 1	2	115	230
	Dormitório 2	2	115	230
Apt 202	Sala	3	115	345
	Dormitório	2	115	230
Apt 203	Sala	3	115	345
	Dormitório	2	115	230

(fonte: Autor)

### 4.2.4 Equipamentos Eletrônicos

O calor gerado pelos equipamentos eletrônicos presentes nos cômodos da edificação também contribui para o cálculo da carga térmica, ficando a cargo dos ocupantes determinar quais equipamentos serão utilizados em seus apartamentos, entretanto, recomenda-se a utilização de equipamentos que possuam a maior classificação energética possível, preferencialmente A, no selo Procel, uma vez que os dados dos equipamentos são recalculados anualmente deixando os critérios mais rígidos e competitivos para os fabricantes. Para o projeto dos condicionadores de ar foi considerado que cada sala possuirá um televisor de 32” e um aparelho de som, já para os quartos foi considerado um televisor de 32” e um computador. O quadro 38 ilustra a carga de cada cômodo, as potências dos equipamentos foram consideradas segundo o anexo C do RIC-BT.

Quadro 38: Carga gerada pelos equipamentos eletrônicos.

Apartamento	Ambiente	Equipamento	Potência (W)	
			Individual	Total
201	Sala	Televisor 32"	200	400
		Aparelho de Som	200	
	Dormitório 1	Televisor 32"	200	550
		Computador	350	
	Dormitório 2	Televisor 32"	200	550
		Computador	350	
202	Sala	Televisor 32"	200	400
		Aparelho de Som	200	
	Dormitório	Televisor 32"	200	550
		Computador	350	
203	Sala	Televisor 32"	200	400
		Aparelho de Som	200	
	Dormitório	Televisor 32"	200	550
		Computador	350	

(fonte: Autor)

#### 4.2.5 Carga Térmica Total

A carga térmica total da edificação é encontrada a partir do somatório das cargas da envoltória, iluminação, ocupantes e aparelhos eletrônicos. Sabendo que 1 BTU equivale a 1055,05 J e que em uma hora tem-se 3600 segundos pode-se calcular a quantidade de BTU/h a partir da carga térmica obtida em watts segundo a equação abaixo:

$$E = \frac{3600 * Q}{1055,05} \quad (26)$$

Onde:

$E$  é a energia dada em BTU/h;

$Q$  é a carga térmica total em W.

A partir da definição da quantidade de BTU/h necessária nos cômodos da edificação adota-se o aparelho de ar condicionado que possui uma quantidade de BTU/h igual ou superior ao calculado. O quadro 39 mostra a quantidade de BTU/h calculado e adotado para cada ambiente dos apartamentos da edificação.

*Quadro 39: Carga térmica total e quantidade de BTU/h calculado e adotado.*

Carga Total								
Apartamento	Cômodo	Q total envoltória (W)	Q total Ocupantes (W)	Potência Iluminação (W)	Potência Equipamentos (W)	TOTAL (W)	BTU/h calculado	BTU/h adotado
Apt 201	Sala	2364,43	345	276	400	3385,43	11551,56	12000
	Dormitório 1	1134,86	230	92	550	2006,86	6847,68	7000
	Dormitório 2	1321,60	230	92	550	2193,60	7484,87	9000
Apt 202	Sala	1596,82	345	276	400	2617,82	8932,36	9000
	Dormitório	1378,01	230	184	550	2342,01	7991,29	9000
Apt 203	Sala	1702,37	345	184	400	2631,37	8978,62	9000
	Dormitório	1324,25	230	92	550	2196,25	7493,92	9000

(fonte: Autor)

#### **4.2.6 Escolha do Aparelho Condicionador de Ar**

A escolha do aparelho condicionador de ar foi baseada no cálculo da carga térmica, na tecnologia do aparelho (convencional ou inverter) e na etiquetagem da Procel, buscando adquirir aquele que possua a maior classificação de eficiência energética, segundo os catálogos disponibilizados pelo INMETRO.

Segundo ALMEIDA (2018), ao comparar as mais diversas marcas de condicionadores de ar e suas tecnologias constatou-se que a marca Midea com a tecnologia inverter é a que apresenta a maior eficiência energética, pois de acordo com a fabricante o equipamento apresenta economia de até 74 % de energia elétrica. Entretanto quando se trata de tecnologia inverter poucos fabricantes apresentam modelos com 7000 BTU/h, que segundo os cálculos apresentados nos itens 4.2.1 a 4.2.5, é a capacidade necessária para o dormitório 1 do apartamento 201, por isso, para fins comparativos serão utilizados equipamentos da marca Electrolux para os modelos de 7000 BTU/h. Já para os equipamentos de 9000 e 12000 BTU/h a marca de referência para os comparativos será a Midea.

O quadro 40 ilustra o comparativo dos condicionadores de ar das marcas Electrolux e Midea para a tecnologia convencional e inverter, nota-se que todos os modelos com tecnologia inverter apresentam classificação A de eficiência energética (melhor classificação), segundo a etiquetagem do aparelho, enquanto os modelos com tecnologia convencional apresentam classificação B, C e D. Percebe-se ainda que os equipamentos com melhor classificação energética apresentam a menor potência elétrica, sendo a maior diferença de 224 W para o modelo de 9000 BTU/h quando comparadas as tecnologias inverter e convencional, totalizando 3360 W para a edificação. Analisando a escolha dos condicionadores de ar e o impacto de economia gerado para a edificação nota-se que, considerando todos os nove apartamentos, ao utilizar equipamentos com tecnologia convencional a carga instalada seria de 20766 W,

enquanto ao utilizar equipamentos inverter a carga seria de 16905 W, gerando uma redução de carga total de 3861 W.

*Quadro 40: Comparativo condicionadores de ar com tecnologia convencional e inverter*

Fabricante	Tecnologia	BTU/h	Classificação Procel	Potência Consumida (W)	Diferença de Potência (W)
Electrolux	Convencional	7000	B	639	6
	Inverter	7000	A	633	
Midea	Convencional	9000	D	1008	224
	Inverter	9000	A	784	
Midea	Convencional	12000	C	1243	161
	Inverter	12000	A	1082	

(fonte: Autor)

Há a possibilidade de otimizar ainda mais o sistema de climatização quando a edificação é projetada levando em consideração aspectos de eficiência energética. A localização geográfica, materiais que constituem a envoltória, número de ocupantes, sistema de iluminação e outros equipamentos instalados nos ambientes climatizados, são fatores determinantes para a redução da carga térmica e conseqüente redução da potência necessária dos aparelhos. A escolha de materiais para as fachadas com menor transmitância térmica, utilização de vidros que permitam apenas a entrada da iluminação natural e bloqueiem a entrada de calor para a edificação, projetar um sistema de iluminação eficiente e que gere pouco calor e ainda, utilizar o máximo possível de equipamentos eletrônicos com classificação energética alta, são medidas fundamentais para que haja a maior economia possível no sistema de climatização das edificações.

### 4.3 Aquecimento de Água

Segundo a ELETROBRAS (2007), o chuveiro elétrico é o responsável pelo maior consumo de energia elétrica do setor residencial no Brasil, cerca de 24%, por isso é de grande interesse a utilização de sistemas de aquecimento de água mais eficientes e que consumam menos energia. Atualmente vem se tornando cada vez mais comum a utilização de fontes alternativas para o aquecimento da água em edificações, como o gás natural ou GLP e os sistemas de aquecimento solar. Segundo o CARVALHO JÚNIOR (2016), a utilização de aquecimento solar pode reduzir em até 70% o valor da fatura de energia elétrica de uma residência, por esse motivo, a elaboração do projeto elétrico deve levar em consideração o projeto hidrossanitário, pois o mesmo contribui para a redução do consumo de energia elétrica e também pode gerar economia no que tange a elaboração do projeto, como número de circuitos,



seção de condutores e eletrodutos e dimensionamento da entrada de energia e demanda contratada.

### **4.3.1 Sistemas de Aquecimento de Água**

Segundo SANGOI (2015) o sistema de aquecimento de água de uma edificação é composto pelo sistema de geração de água quente, reserva e distribuição até os pontos de consumo.

#### **4.3.1.1 Sistemas Instantâneos e de acumulação**

O sistema instantâneo, ou de passagem, é aquele em que a água é aquecida ao passar pelo equipamento quando um ponto de consumo é acionado. As principais vantagens desse tipo de sistema em relação ao de acumulação é ocupar menos espaço, pois a água não é armazenada em reservatório, não haver perda de calor enquanto o sistema não está sendo solicitado, fornecer água quente continuamente, pois a mesma é aquecida ao passar pelo equipamento, conforme a necessidade, ter menor custo de operação e maior vida útil quando comparado com o sistema de acumulação.

Segundo SANGOI (2015), no sistema de acumulação, a água aquecida é armazenada em um reservatório para posterior utilização. O sistema é composto por um reservatório com resistência elétrica ou queimador acoplado, no caso de aquecimento a gás, ou então quando há um aquecedor instantâneo junto a um reservatório. Para que o reservatório mantenha a água na temperatura desejada, é necessário que o mesmo tenha a menor perda térmica possível, para isso, são utilizados isolantes térmicos como lã de vidro ou poliuretano expandido. De acordo com SANGOI (2015), quando mal dimensionado, o sistema de acumulação pode resultar em gastos excessivos de energia para manter a água do reservatório aquecida, se o volume do reservatório for muito superior a demanda diária, ocorrerá o consumo de energia elétrica para manter aquecido um volume de água que não será utilizado.

De acordo com SANGOI (2015), a acumulação de água quente permite que a energia seja utilizada fora do horário de pico, diminuindo a carga da rede nesse período. Essa é uma vantagem em relação aos sistemas instantâneos, que demandam energia no momento que a água é utilizada. Além disso, os sistemas de acumulação permitem maiores vazões de água quente simultaneamente, entretanto, não por um longo período tendo em vista que o sistema é limitado pelo volume do reservatório. Já os aquecedores instantâneos podem fornecer água quente por

tempo indefinido, mas tem a capacidade do aquecedor como fator limitante no momento que o sistema necessita de grandes vazões, fazendo com que não seja possível conseguir água na temperatura desejada.

### **4.3.2 Fontes de Energia Para Geração de Água Quente**

Atualmente existem inúmeras maneiras de aquecer a água de uma edificação, sendo as principais fontes de energia a eletricidade, os gases combustíveis e a energia solar. Nesta seção serão apresentados as vantagens e desvantagens de cada uma dessas fontes, bem como os tipos de aquecedores que cada uma delas possui.

#### **4.3.2.1 Eletricidade**

A eletricidade é utilizada principalmente para aquecer água através de aquecedores individuais (torneiras e chuveiros elétricos), aquecedores de acumulação (reservatórios com resistências elétrica) e bombas de calor (SANGOI, 2015).

Conforme apresentado na seção 4.3, o chuveiro elétrico é utilizado na maioria das residências brasileiras (ELETROBRAS, 2007), principalmente devido ao seu baixo custo de implantação. De acordo com SANGOI (2015), esse equipamento apresenta alto consumo energético, sendo responsável por uma parcela significativa do gasto de energia do usuário. A figura 43 ilustra um chuveiro elétrico.

*Figura 43: Chuveiro Elétrico*



(fonte: Catálogo Hydra, 2017)

Já os aquecedores elétricos de acumulação consistem em reservatórios de água quente com uma resistência elétrica em seu interior. Quando comparado com os aquecedores a gás, esse sistema tem a vantagem de ser mais seguro, podendo ser instalado em qualquer lugar e não gerar gases poluentes.

#### 4.3.2.2 Gases combustíveis

Os gases combustíveis mais utilizados para o aquecimento de água são o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) e o Gás Natural. A utilização do gás ao invés da eletricidade para a produção de água quente, reduz consideravelmente a demanda de energia elétrica da rede em horários de pico (COMGÁS; ABRINSTRAL, 2011).

Os aquecedores a gás podem ser instantâneos ou de acumulação, entretanto, apresentam como desvantagem o local de sua instalação, pois por questões de segurança, os aquecedores devem ser instalados em locais apropriados, com ventilação adequada para o escoamento dos gases da combustão (SINDIGÁS, 2014).

Segundo SANGOI (2015), ao analisar a eficiência de diferentes sistemas de aquecimento de água com aquecedores a gás, diversos autores afirmam que os aquecedores a gás de acumulação, com queimador acoplado ao reservatório, são menos eficientes que os instantâneos ou de passagem. Isso ocorre devido as perdas térmicas do reservatório e, principalmente, a menor eficiência de combustão desse aparelho, sendo a economia de energia de um sistema de aquecimento a gás instantâneo variando de 8% a 43% em relação ao de acumulação. Já quando comparados equipamentos de acumulação, os reservatórios com resistência elétrica apresentam menos perdas térmicas que os aquecedores a gás, devido as trocas de calor pela chaminé dos equipamentos a gás. A figura 44 ilustra um modelo de aquecedor de passagem a gás

*Figura 44: Aquecedor de passagem a gás*



(fonte: Catálogo Rinnai, 2019)

### 4.3.2.3 Aquecimento solar

No sistema de aquecimento solar, a energia térmica do sol é utilizada para aquecer a água. O sistema é composto por coletores solares que absorvem a radiação e transferem o calor para a água, que fica armazenada em um reservatório para posterior utilização (SANGOI, 2015).

A principal vantagem da energia solar é ser uma fonte renovável, limpa (não há a emissão de gases poluentes), e gratuita (sem consumo de eletricidade ou combustíveis). Entretanto, enfrenta como maior dificuldade o alto custo de implantação dos equipamentos, sendo essa a principal barreira para a disseminação deste tipo de sistema.

A utilização da energia solar como fonte de energia está diretamente ligada com as condições climáticas da região em que será feita a instalação. Por isso, é necessário um sistema de apoio para garantir o fornecimento de água quente quando as condições climáticas não são favoráveis. Os sistemas solares são geralmente dimensionados para atender uma parcela da demanda anual, por consequência, muitas vezes não será possível atingir a temperatura desejada em boa parte do inverno e esteja superdimensionada no verão. Por esse motivo, o sistema solar acaba funcionando como um complemento a outros sistemas de aquecimento (SANGOI, 2015).

Segundo SANGOI (2015), o desempenho do sistema solar é influenciado por diversos fatores, sendo os principais: o local da edificação, a orientação dos coletores e as condições climáticas locais. Parâmetros como a área de eficiência dos coletores, dimensões do reservatório e o diâmetro e comprimento das tubulações também devem ser levados em conta quando é feito o dimensionamento do projeto.

Em muitos casos a maior parte da demanda de água quente ocorre a noite, quando o sistema não está mais recebendo energia solar, fazendo com que boa parte da energia seja perdida. Buscando minimizar esse inconveniente, no Brasil o sistema de aquecimento solar individual para cada unidade habitacional funciona juntamente com um aquecimento auxiliar por chuveiro elétrico. A figura 45 ilustra um modelo de coletor solar.

Figura 45: Coletor solar



(fonte: Catálogo Komeco, 2020)

### 4.3.3 Escolha do Sistema de Aquecimento de Água

Para a edificação de estudo, a fonte de energia que melhor se adequaria a eficiência energética seria a gás utilizando aquecedor de passagem, pois o mesmo possui maiores vantagens e é mais eficiente que o aquecedor de acumulação. Haveria a redução da carga instalada nos apartamentos, pois não teria o chuveiro elétrico, reduzindo significativamente a classe de demanda dos três apartamentos. O quadro 41 ilustra a redução da classe de demanda caso não fosse utilizado chuveiro elétrico na edificação.

Quadro 41: Comparativo Classe de Demanda com e sem chuveiro elétrico

Apartamento	Carga Instalada (W)		Classe de Demanda	
	Com chuveiro elétrico	Sem chuveiro elétrico	Com chuveiro elétrico	Sem chuveiro elétrico
201	17589,4	10089,4	C1	B1
202	16209,6	8709,6	C1	A1
203	16197,6	8697,6	C1	A1

(fonte: Autor)

Nota-se ainda que reduzindo a classe da demanda também é possível reduzir o diâmetro dos eletrodutos do ramal de entrada de 32 mm para 25mm. Além disso, reduziria a demanda da rede de energia elétrica nos horários de pico.

Entretanto, analisando o consumo de energia e o custo de cada sistema pode-se notar que o sistema a gás de vazão 27 l/min é ligeiramente mais oneroso aos usuários do que um chuveiro elétrico de 7500W. Caso os usuários optassem por um aquecedor a gás o gasto mensal seria de R\$ 129,60, já para o chuveiro elétrico o gasto mensal seria de R\$ 88,88, segundo valores de referência de maio de 2020 da Sulgás e CEEE, respectivamente. Já quando analisado o custo total dos nove apartamentos o valor do aquecedor de passagem seria R\$1167,21 e o valor do

chuveiro elétrico R\$799,88, resultando em uma diferença de R\$367,33/mês, sem considerar o custo de implantação do aquecedor a gás e da tubulação hidráulica o que tornaria o sistema ainda mais oneroso aos usuários. O quadro 42 ilustra o comparativo de custo mensal entre o sistema elétrico e a gás.

*Quadro 42: Comparativo custo aquecedor de passagem e chuveiro elétrico.*

Aquecedor a gás								
Consumo Gás (m <sup>3</sup> /h)	Usuários/apt	tempo uso (min)	Tempo total (min)	Tempo total (h)	Consumo gás mensal (m <sup>3</sup> )	Custo gás (R\$/m <sup>3</sup> )	Custo mensal	Custo total (R\$)
1,65	3	10	30	0,5	24,75	5,24	129,69	1167,21
Chuveiro elétrico								
Potência (W)	Usuários/apt	tempo uso (min)	Tempo total (min)	Tempo total (h)	Consumo mensal	Custo (R\$/KWh)	Custo mensal	Custo total (R\$)
7500	3	10	30	0,5	112,5	0,79	88,88	799,88

(fonte: Autor)

Por fim, o projeto elétrico da edificação estudada foi realizado utilizando o chuveiro elétrico, pois além de possuir um custo menor que o sistema a gás permite ao projetista prever uma carga instalada para o aquecimento de água, mesmo que futuramente se opte por outro sistema de aquecimento.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de elaborar o projeto elétrico de uma edificação residencial multifamiliar, aplicando conceitos de eficiência energética de forma a gerar economia de energia elétrica. Foi realizado o estudo de eficiência energética para os sistemas de iluminação, climatização e aquecimento de água, com o objetivo de melhorar o projeto elétrico através da escolha de equipamentos eficientes.

Os objetivos para a iluminação foram atingidos através do projeto luminotécnico, pois foi possível implementar um sistema de luminárias com lâmpadas LED que apresentam alta eficiência luminosa em relação as lâmpadas fluorescentes, gerando uma redução de potência instalada de 342,60 W e redução de energia elétrica para a edificação de 82,22 kWh/mês considerando a utilização do sistema de iluminação por 8h/dia durante 30 dias, gerando economia financeira de R\$ 64,95/mês. Aliado a isso o uso de um sistema com sensores de presença que acionam a iluminação dos corredores da edificação apenas quando requisitado, é possível gerar economia adicional de energia elétrica de 63,84kWh/mês em contraponto ao sistema de minuteria, o que resultaria em uma economia financeira adicional de R\$ 50,43/mês. Por fim, o uso de sensores de presença com uma iluminação em LED gera uma economia mensal de R\$ 115,38 para a edificação.

O sistema de climatização foi dimensionado através do cálculo da carga térmica para a escolha da potência adequada dos aparelhos condicionadores de ar em cada ambiente a ser refrigerado, além disso, foi realizada a simulação dos equipamentos levando em consideração a sua tecnologia (convencional e inverter) e as diversas marcas e modelos, afim de escolher aqueles que possuíam a maior classificação energética segundo o selo Procel. O estudo concluiu que condicionadores de ar inverter possuem maior classificação energética que os convencionais, pois a maioria desses equipamentos possuem classificação A no selo Procel, independente de sua marca ou modelo, gerando uma redução na carga instalada de 3861W para a edificação. Vale ressaltar que é possível otimizar ainda mais o sistema de climatização de uma edificação quando o projeto é concebido em conjunto com o projeto arquitetônico, pois a carga térmica gerada pela envoltória é a maior contribuinte para o calor interno dos ambientes da edificação, o que pode ser minimizado quando se utiliza materiais construtivos com valores menores de transmitância térmica, o que indicaria que o material teria maiores capacidades de reter o calor gerado nas paredes e transferi-lo em menor quantidade para o interior da edificação.

Já quando se trata do sistema de aquecimento de água, os aquecedores a gás de

passagem possuem maiores vantagens quando se analisa sua eficiência energética, pois diminuem a necessidade da rede elétrica em horários de pico, além disso, utilizar o sistema a gás diminuiria a carga instalada da edificação, de forma a reduzir a classe de demanda dos apartamentos de C1 para B1 e A1. Entretanto, quando se trata dos custos de implementação e mensal para os usuários, o sistema elétrico tem vantagens em relação ao a gás, pois além de possuir custo de implementação muito reduzido, quando se considera um apartamento com 3 usuários que utilizam o chuveiro por 10 minutos por dia cada um, tem-se que o custo do sistema elétrico é de R\$ 88,88/mês enquanto o do sistema a gás é de R\$ 129,69/mês, o que indica que ainda não é viável economicamente em Porto Alegre a substituição do sistema de aquecimento de água elétrico pelo a gás.

Por fim, quando se analisa a economia total da edificação por utilizar iluminação LED com sensor de presença e os condicionadores de ar inverter, tem-se que a carga instalada da edificação seria reduzida em 4203,60 W. Já a energia economizada mensalmente pela edificação seria de 1008,86 kWh considerando o uso dos sistemas por 8h/dia, resultando em uma economia financeira mensal de R\$ 847,43.

Para trabalhos futuros é possível realizar uma análise econômica a médio e longo prazo para avaliar a economia gerada pelos sistemas de iluminação e climatização. Além disso, compatibilizar o projeto elétrico com outros projetos da edificação (como o arquitetônico, hidrossanitário e de climatização) é fundamental para que o produto final seja uma edificação com altos índices de eficiência energética e sustentável, pois dessa forma é possível analisar o impacto e a economia que cada projeto, elaborado visando a eficiência energética, causa na concepção da edificação. Por fim, atualmente existem uma série de classificações que avaliam a eficiência energética de uma edificação não apenas no âmbito do projeto elétrico, sendo alguns deles: o selo Procel de eficiência energética para edificações e o selo LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*). O primeiro avalia a envoltória, iluminação e condicionamento de ar para edificações comerciais e a envoltória e aquecimento de água para edificações habitacionais. Já o segundo, tem o intuito de promover práticas de construções sustentáveis, satisfazendo critérios para a construção verde, levando em consideração as seguintes categorias: sustentabilidade do espaço, racionalização do uso da água, eficiência energética, qualidade ambiental interna, materiais e recursos, inovação e processos de projeto e créditos regionais.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho Térmico de Edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-1**: Projetos das Instalações de Ar Condicionado - Sistemas Centrais e Unitários. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro, 2004.

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

ALMEIDA, A. O. **Estudo Comparativo do Consumo de Energia Entre Condicionadores de Ar com Velocidade Fixa e Variável**. 2018. 127f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Engenharia Elétrica, Porto Alegre, 2018.

CARVALHO JÚNIOR, R. DE. **Instalações Elétricas e o Projeto de Arquitetura**. 7<sup>a</sup> ed. São Paulo: Blucher, 2016.

CASTRO, D. F. **Eficiência Energética Aplicada a Instalações Elétricas Residenciais**. 2015. 138f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. Rio de Janeiro, 2015.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. (ELETROBRAS). **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso**: ano base 2005 - Classe residencial. Relatório Brasil. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2007.

COMGÁS; ABRINSTRAL. **Sistemas de Aquecimento de Água para Edifícios através da associação Energia Solar e Gás Natural - Manual Técnico para Projeto e Construção de Sistemas de Aquecimento Solar & Gás Natural**. [S.I.], 2011. 61p. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/manuais/Manual\\_Tecnico\\_para\\_Projeto\\_e\\_Constr](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/manuais/Manual_Tecnico_para_Projeto_e_Constr)

ucao\_de\_Sistemas\_de\_Aquecimento\_Solar\_e\_Gas\_Natural.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2019.

DECA. **Catálogo de Chuveiros HYDRA 2019**. Disponível em: [em:<https://www.deca.com.br/biblioteca/catalogos-e-publicacoes/>](https://www.deca.com.br/biblioteca/catalogos-e-publicacoes/). Acesso em: 20 dez. 2019.

FIORINI, T. M. S. **Projeto de Iluminação de Ambientes Internos Especiais**. 2006. 128f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Espírito Santo. Departamento de Engenharia Elétrica, Vitória, 2006.

FRIGELAR – **Ar Condicionado: Convencional X Inverter**. Disponível em:  [<https://www.frigelar.com.br/convencional-x-inverter >](https://www.frigelar.com.br/convencional-x-inverter). Acesso em: 04 jan. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA - INMETRO. **Anexo da Portaria Nº 50/2013: Anexo Geral V - Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros**. Disponível em:  [<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/regulamentos/AnexoV.pdf>](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/regulamentos/AnexoV.pdf). Acesso em: 02 dez. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA - INMETRO. **Eficiência Energética - Condicionadores De Ar Split Hi-Wall Com Rotação Fixa e Variável**. Disponível em:  [<www.eletronbras.com/procel.>](http://www.eletronbras.com/procel). Acesso em: 15 ago. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA - INMETRO. **Etiqueta Procel**. Disponível em:  [<https://www2.inmetro.gov.br/pbe/a\\_etiqueta.php>](https://www2.inmetro.gov.br/pbe/a_etiqueta.php). Acesso em: 4 jan. 2020.

KINDERMANN, G.; CAMPAGNOLO, J. M. **Aterramento Elétrico**. 3ª ed. Porto Alegre:Sagra, 1991.

KOMECO. **Aquecedor de Água Solar**. Disponível em:  [<http://www.komeco.com.br/produtos-e-acessorios/linha/aquecedor-de-agua-solar/>](http://www.komeco.com.br/produtos-e-acessorios/linha/aquecedor-de-agua-solar/) Acesso em: 02 jan. 2020.

LÂMPADAS QUE DURAM ATÉ 20 ANOS JÁ SÃO REALIDADE. In: **Akatu, 2020**. Disponível em:  [<https://www.akatu.org.br/noticia/lampadas-que-duram-ate-20-anos-ja-sao-realidade/>](https://www.akatu.org.br/noticia/lampadas-que-duram-ate-20-anos-ja-sao-realidade/) Acesso em: 02 jan. 2020

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Eletrobrás Procel, 2014.

LIMA FILHO, D. L. **Projetos de Instalações Elétricas Prediais**. 12ª ed. [s.l.]: 1997

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. 2006. 28 p. Disponível em: <<https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>>. Acesso em: 1 mar. 2020.

PHILIPS. **Lâmpada Decorativa em Formato Espiral Eficiente e com Qualidade**. Disponível em: <<https://www.lighting.philips.com.br/prof/lampadas-e-tubos-convencionais/lamp.fluoresc.compactas-integradas/energy-saver-twister-shape/eco-twister>>. Acesso em: 4 jan. 2020.

PHILIPS. **Standard LED bulbs**. Disponível em: <<https://www.lighting.philips.com.br/prof/lampadas-e-tubos-led/lampadas-led/standard-led-bulbs>>. Acesso em: 4 jan. 2020.

PROCEL; ELETROBRAS. **Lâmpadas Fluorescentes Compactas**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BB70B5A3C-19EF-499D-B7BC-D6FF3BABE5FA%7D>>. Acesso em: 4 jan. 2020.

PROCEL; ELETROBRAS. **Lâmpadas LED**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BB70B5A3C-19EF-499D-B7BC-D6FF3BABE5FA%7D>>. Acesso em: 4 jan. 2020.

PRYSMIAN CABLES AND SYSTEMS. **Instalações Elétricas Residenciais**, 2006. 136 p.

RIC-BT. **Regulamento de Instalações Consumidoras**. 2017, 177 p. Disponível em: <<http://www.cee.com.br/pportal/cee/Component/Controller.aspx?CC=7248>>. Acesso em: 04 jan. 2020.

RINNAI. **Aquecedores a Gás**. Disponível em: <<https://www.rinnai.com.br/aquecedores-a-gas>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

SANGOI, J. M. **Análise Comparativa do Desempenho de Sistemas de Aquecimento de Água em Edificações Residenciais**. 2015, 270 p. (Dissertação de Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis,

2015.

SINDIGÁS. **Guia da Eficiência Energética em Edificações Contribuição do Gás LP.** Disponível em: <<http://www.sindigas.org.br/Download/Arquivo/Guia-de-Eficiencia-resumo-executivo.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2020.

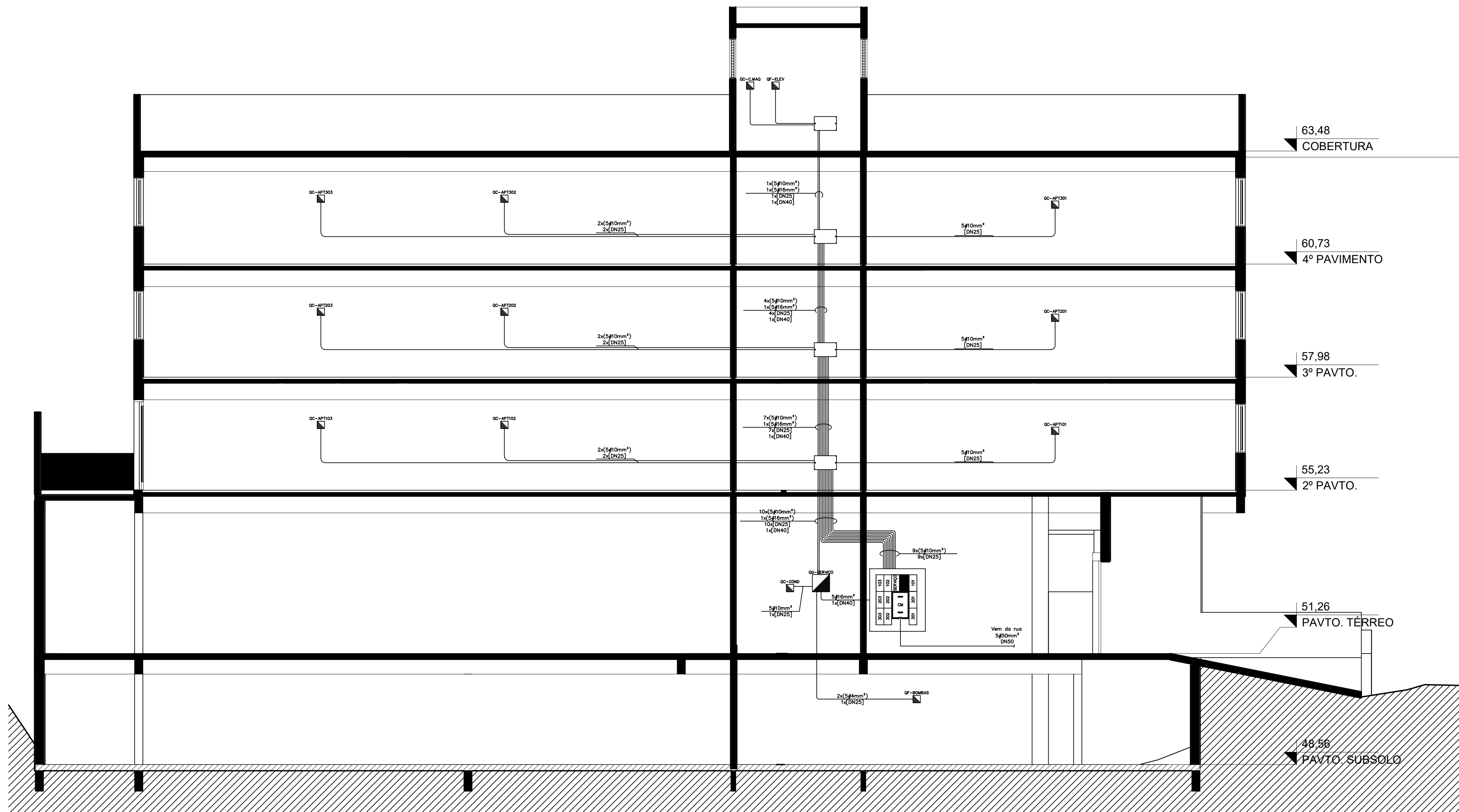
STECK. **Steck Tabela de Produtos**, 2017. Disponível em: <<https://www.steck.com.br/produtos/comando-e-protecao>>. Acesso em: 15 dez. 2019

VANTAGENS DE UTILIZAR LÂMPADAS LED. In: **Arquitetize**, 2019. Disponível em: <<https://arquitetize.com.br/saiba-quais-sao-as-vantagens-de-utilizar-lampadas-led/>>. Acesso em: 15 dezembro 2019

VISACRO FILHO, S. **Aterramentos Elétricos: Conceitos Básicos Técnicas de Medição e Instrumentação Filosofias de Aterramento**. 1ª ed. São Paulo: Artliber, 2012.

WILTUSCHNIG, I. P. **Instalações Elétricas Prediais**. 2017. Material de aula - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

**APÊNDICE A – PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL  
MULTIFAMILIAR**



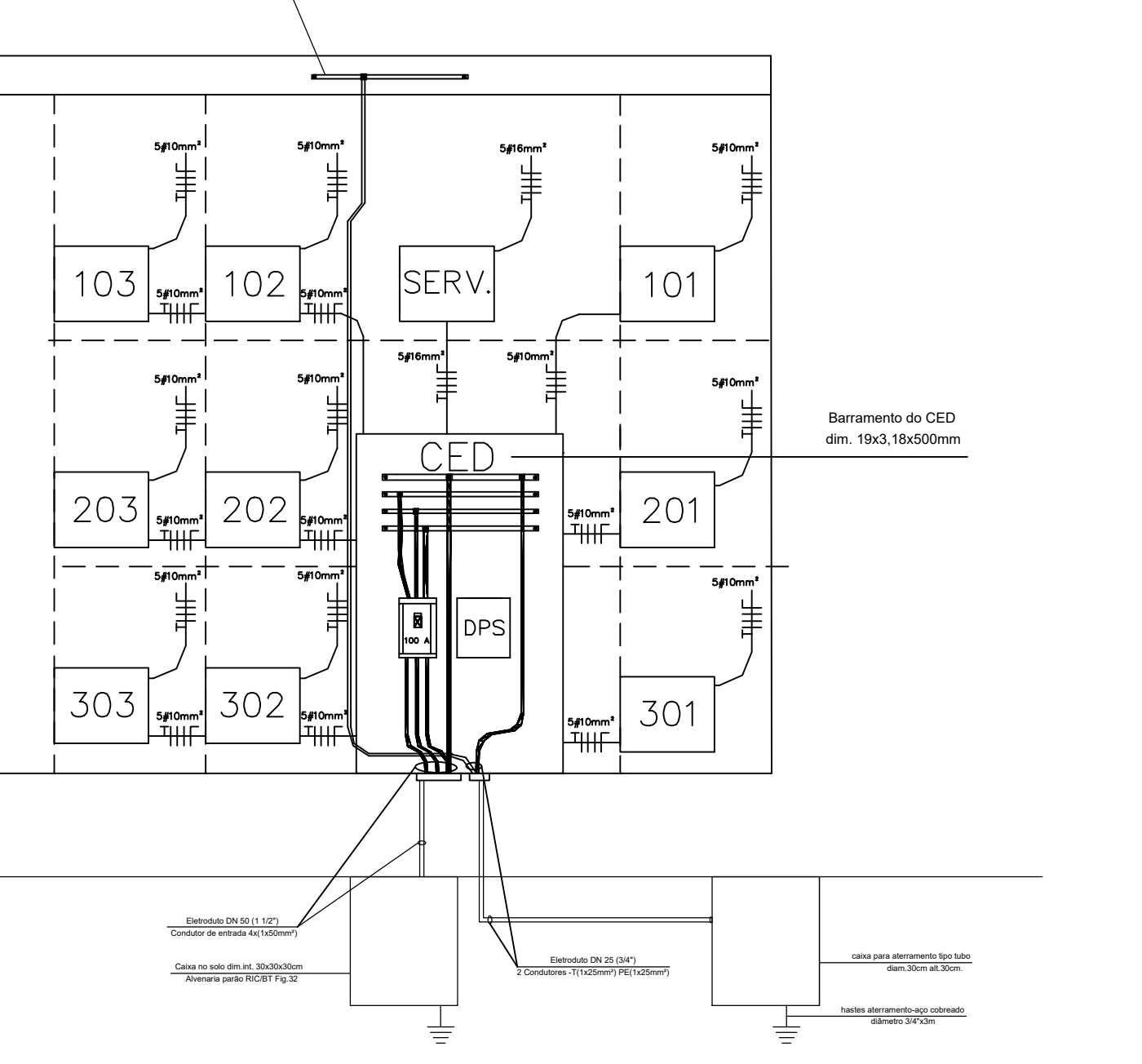
COLUNA MONTANTE E CENTRO DE MEDIÇÃO

LEGENDA	
	LUMINÁRIA CIRCULAR TIPO ARANDELA PARA ESCADA DE EMERGÊNCIA, CORPO E GRANDE FRONTAL EM ALUMÍNIO PINTADO COM PINTURA ELETROSTÁTICA EPOXI-PO NA COR BRANCA, DISSIPADOR EM VIDRO TRANSPARENTE PRISMA REF. ABATY FAB. ITAM OU EQUIVALENTE TÉCNICO COM 1 LÂMPADA FLUORESCENTE/LED DE 60W INSTALADA A 2100mm DO PISO DA ESCADA.
	CAIXA DE FERRO ESMALTADO OCTOGONAL 4"x4" PARA ELETRODUTO FLEXÍVEL CORRIGIDO REFORÇADO, COM PLATÃO E PONTO DE ILUMINAÇÃO PARA LÂMPADA DE 60W FLUORESCENTE OU LED INSTALADA NOS APARTAMENTOS.
	SENDAIR DE PRENSÃO INFRAPRENSÃO, DE FABRICAÇÃO SENDAIR DO EQUIVALENTE TÉCNICO, TENSÃO 220V - 1000W - 80°, SIDA TEMPORALIZADA DE 3 MINUTOS, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBUTIDA NA PAREDE, A 1500mm DA ESCADA, REGULADO A UM ÂNGULO DE 3 METROS NA HORIZONTAL.
	SENDAIR ULTRASSONICO 300°, REF. 488 05 DE FABRICAÇÃO LEGRAND DO EQUIVALENTE TÉCNICO, TENSÃO 220V, SIDA TEMPORALIZADA DE 3 MINUTOS, INSTALADO EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO OCTOGONAL 4"x4" EMBUTIDA NA LAJE DE TETO NA ESCADA DE EMERGÊNCIA E INSTALADA NO ENTRE-FORNO NOS CORREDORES.
	ELETRODUTO INSTALADO EMBUTIDO NA LAJE DE TETO E NAS PAREDES NOS APARTAMENTOS E ESCADA DE EMERGÊNCIA E EMBUTIDO NAS PAREDES NAS DECORAS PARA OS PONTOS DE NOTA DE FLUO, TOMADAS E INTERRUPTORES NOS CORREDORES.
	ELETRODUTO INSTALADO EMBUTIDO NA LAJE DE PISO NOS CORREDORES, TOMADAS E INTERRUPTORES NOS CORREDORES.
	INTERRUPTOR SIMPLES FAB. PAL LEGRAND DO EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x50x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).
	INTERRUPTOR DE DUAS VÍZIAS FAB. PAL LEGRAND DO EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x50x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).
	COLUNAS E INTERRUPTORES PARALELOS FAB. PAL LEGRAND DO EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x50x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).
	INTERRUPTOR SIMPLES E UMA TOMADA MONOFÁSICA COM "TERMA" UNIVERSAL (CP-1-20A/250V-AC) FAB. PAL LEGRAND DO EQUIVALENTE TÉCNICO EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x50x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 300mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA) E/OU AJUSTAR CONFORME ALTURA DA PIA.
	INTERRUPTOR SIMPLES E UMA TOMADA MONOFÁSICA COM "TERMA" UNIVERSAL (CP-1-20A/250V-AC) FAB. PAL LEGRAND DO EQUIVALENTE TÉCNICO EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x50x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 1250mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA) E/OU AJUSTAR CONFORME ALTURA DA PIA.
	TOMADA MONOFÁSICA COM "TERMA" UNIVERSAL (CP-1-10A/250V) FAB. PAL LEGRAND DO EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x50x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO EM ÁREAS COMBOS E NA COZINHA ACIMA DA PIA 1200mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA) E/OU AJUSTAR CONFORME ALTURA DA PIA.
	TOMADA MONOFÁSICA COM "TERMA" UNIVERSAL (CP-1-20A/250V-AC) FAB. PAL LEGRAND DO EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x50x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO EM ÁREAS COMBOS E NA COZINHA ACIMA DA PIA 1200mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA) E/OU AJUSTAR CONFORME ALTURA DA PIA.
	COLUNAS COM DUAS TOMADAS MONOFÁSICAS COM "TERMA" UNIVERSAL (CP-1-10A/250V) FAB. PAL LEGRAND DO EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x50x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 300mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).
	COLUNAS COM DUAS TOMADAS MONOFÁSICAS COM "TERMA" UNIVERSAL (CP-1-20A/250V-AC) FAB. PAL LEGRAND DO EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x50x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 1200mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA) E/OU AJUSTAR CONFORME ALTURA DA PIA.
	COLUNAS COM DUAS TOMADAS MONOFÁSICAS COM "TERMA" UNIVERSAL (CP-1-10A/250V) FAB. PAL LEGRAND DO EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x50x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 300mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).
	PLACADOR DE CAMPANHA (220V-AC) FAB. PAL LEGRAND DO EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x50x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).
	CAIXA DE FERRO ESMALTADO OCTOGONAL 4" x 4".
	CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x50x50mm EMBUTIDA NA PAREDE.
	CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBUTIDA NA PAREDE.
	CAIXA METÁLICA OPA EMBUTIDA EM PAREDE.
	ELETRODUTO QUE SOBE
	ELETRODUTO QUE DESCE
	ELETRODUTO QUE PASSA
	FIO : PRÁSTIC SUPER ANTOXAMA FLEX 750V - NEUTRO, FASE, RETORNO E PROTEÇÃO.
	QUANDO ELETRODUTO EMBUTIDO EM PAREDE A 1500mm DO PISO ACABADO "PARÃO 114" CONFORME NBR EC 9049-3.

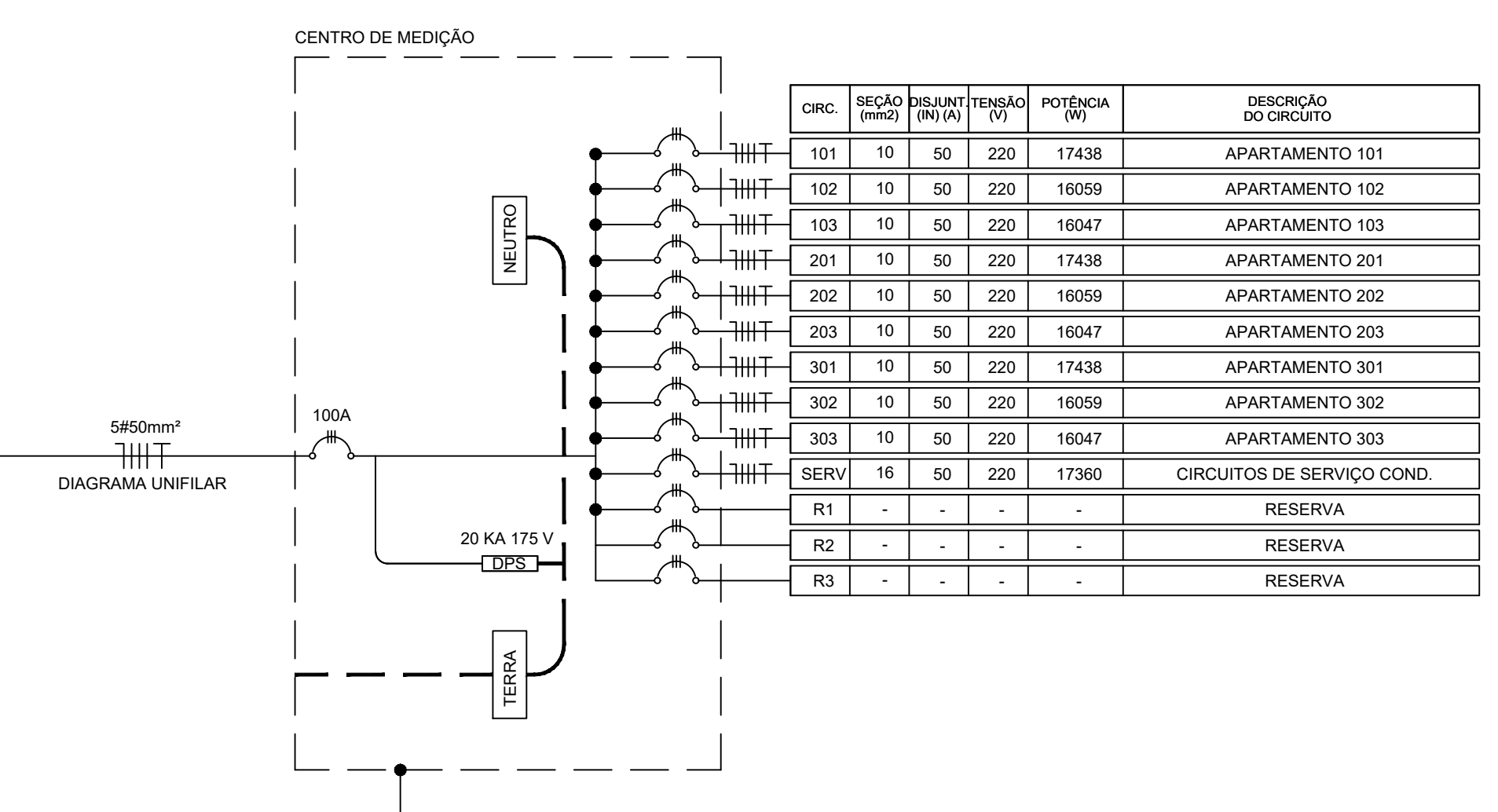
NOTAS

1. ELETRODUTOS NÃO COTADOS : CLORETO DE POLIURETA (PVC) DN53(47) QUANDO INSTALADOS EMBUTIDOS E DE AÇO CARBONO GALVANIZADO DN53(47) QUANDO INSTALADOS APARENTES.
2. OS ELETRODUTOS ESTÃO COTADOS EM MILÍMETROS (mm), SENDO SEUS DIÂMETROS INTERNOS.
3. FIOS E CABOS ESTÃO COTADOS EM mm².
4. FIO PRÁSTIC SUPER ANTOXAMA FLEX 750 V) NÃO COTADOS - Ø=3mm PARA CIRCUITOS DE ILUMINAÇÃO Ø=2mm PARA CIRCUITOS DE TOMADAS.
5. OS ELETRODUTOS SÃO DE PVC PLÁSTIC CORRIGIDO REFORÇADO EMBUTIDOS NA LAJE E PAREDES NOS APARTAMENTOS E ESCADA DE EMERGÊNCIA, DE AÇO CARBONO GALVANIZADO INSTALADOS APARENTES NO ENTRE-FORNO NOS CORREDORES E PAREDES NOS PÓDIOS DOS ELEVADORES.
6. AS COTAS ESTÃO EM MILÍMETROS.
7. TODAS AS LUMINÁRIAS SERÃO DE COR BRANCA.
8. OS CABOS PARA ENERGIA SERÃO DO TIPO (PRÁSTIC SUPER ANTOXAMA FLEX 750 V) NA CORES : VERMELHO/BRANCO/PRETO PARA FASES R/S/T, AZUL CLARO PARA NEUTRO, VERDE PARA PROTEÇÃO, E PRETO PARA RETORNO.
9. OS INTERRUPTORES E TOMADAS SERÃO DE FABRICAÇÃO PAL DO EQUIVALENTE TÉCNICO.
10. QUANDO ELETRODUTOS EMBUTIDOS NA PAREDE PARA OS APARTAMENTOS A UMA ALTURA 1500mm DO PISO ACABADO PADRÃO "114".
11. DEIXAR AMARRADO OBA DENTRO DOS ELETRODUTOS NOS TRECHOS DESTACADOS AO QUANDO ELÉTRICO.

Barra para derivação de cond. de proteção individuais de cada unidade consumidora dim. 19x3,18x500mm



DETALHE CENTRO DE MEDIÇÃO

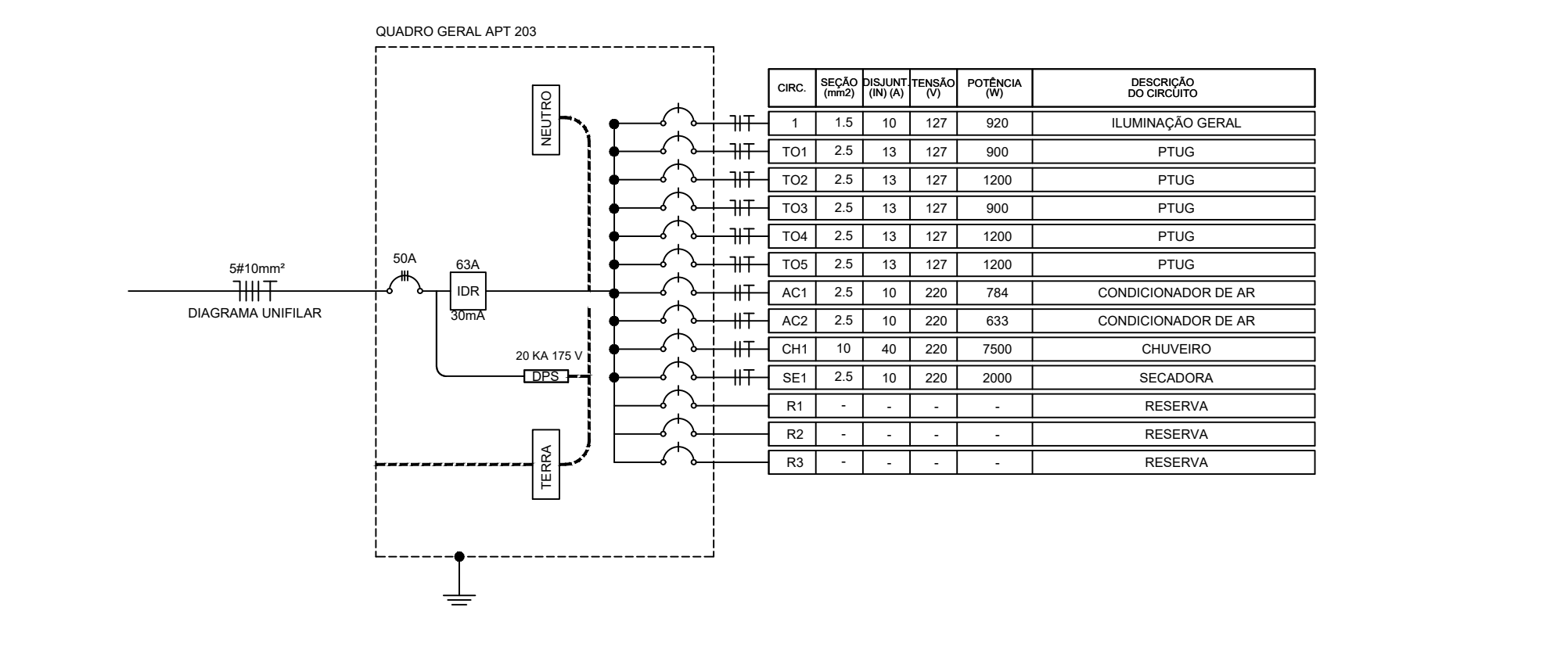
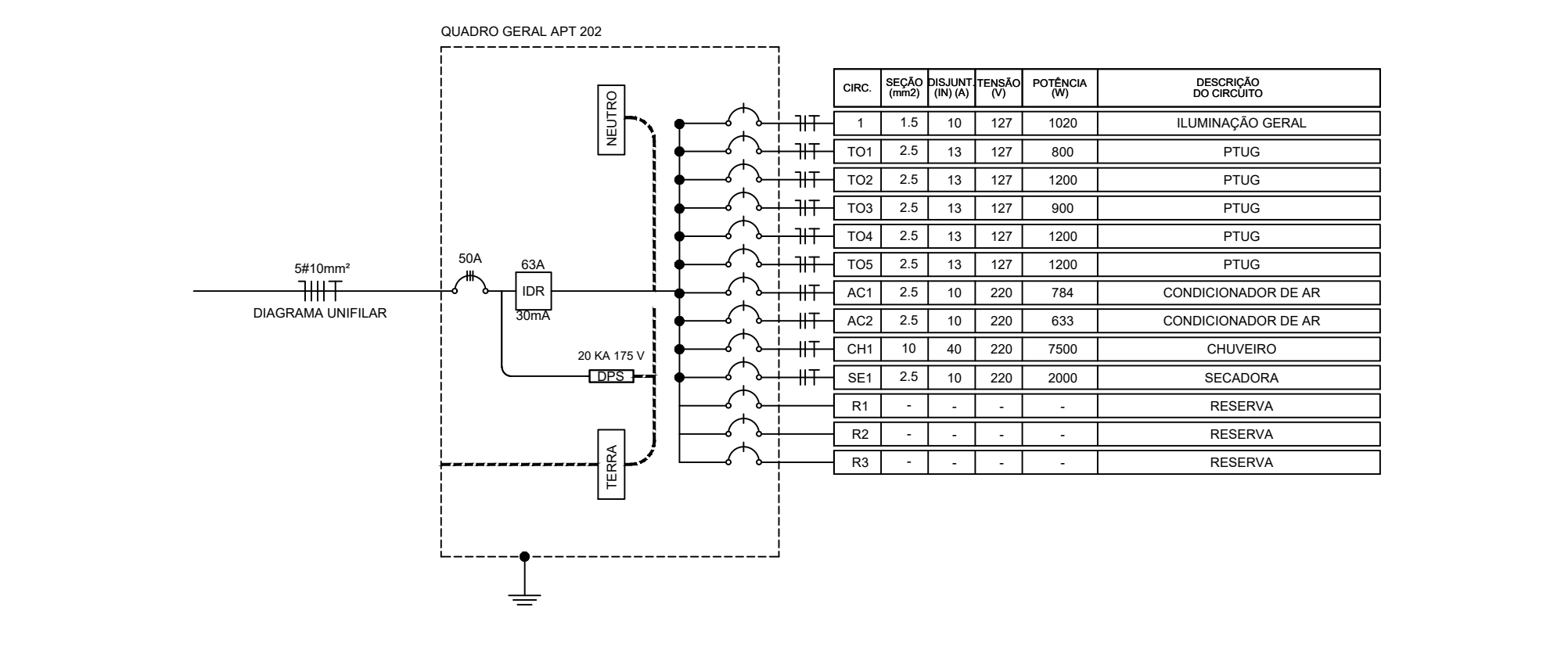
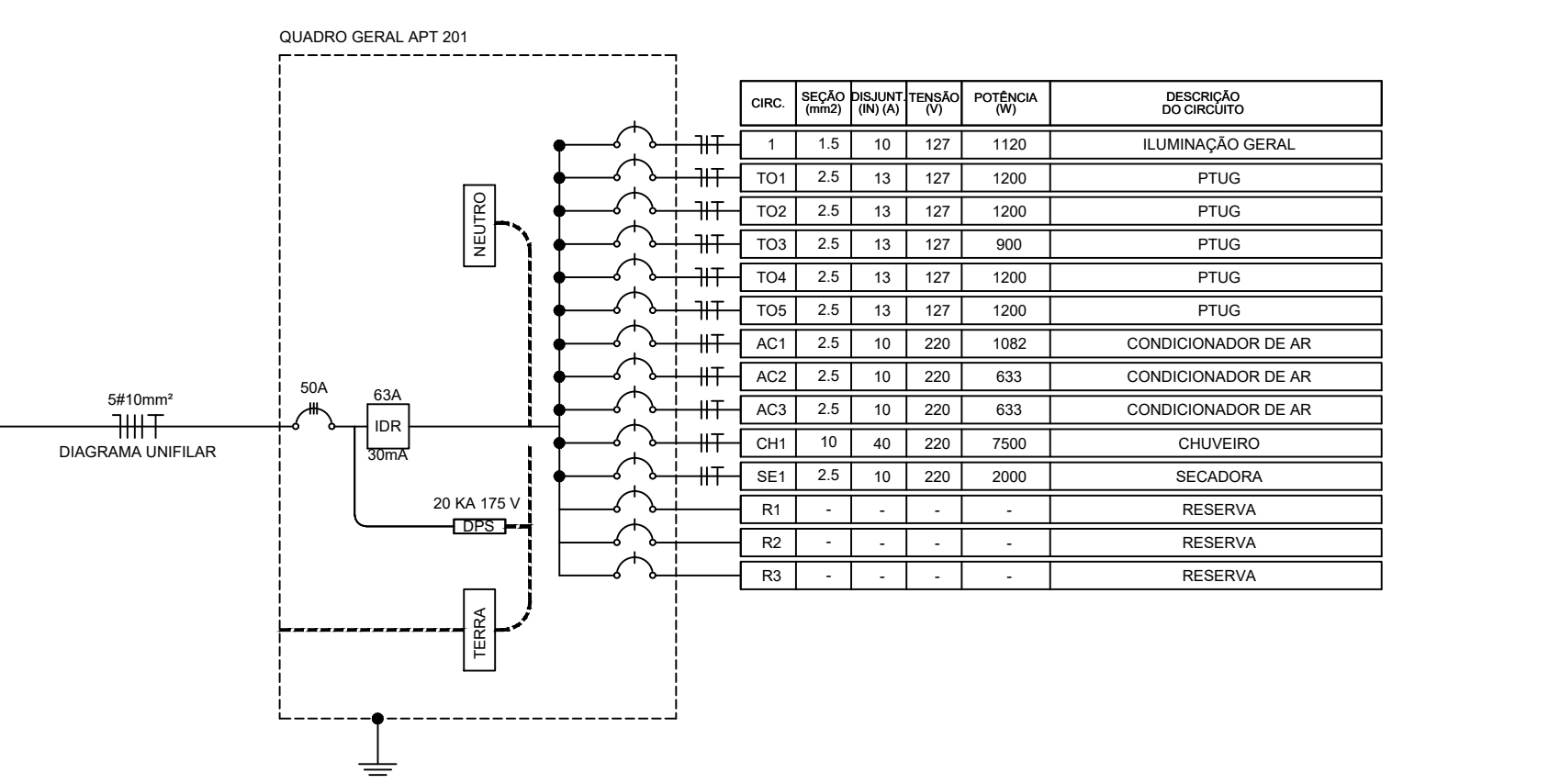
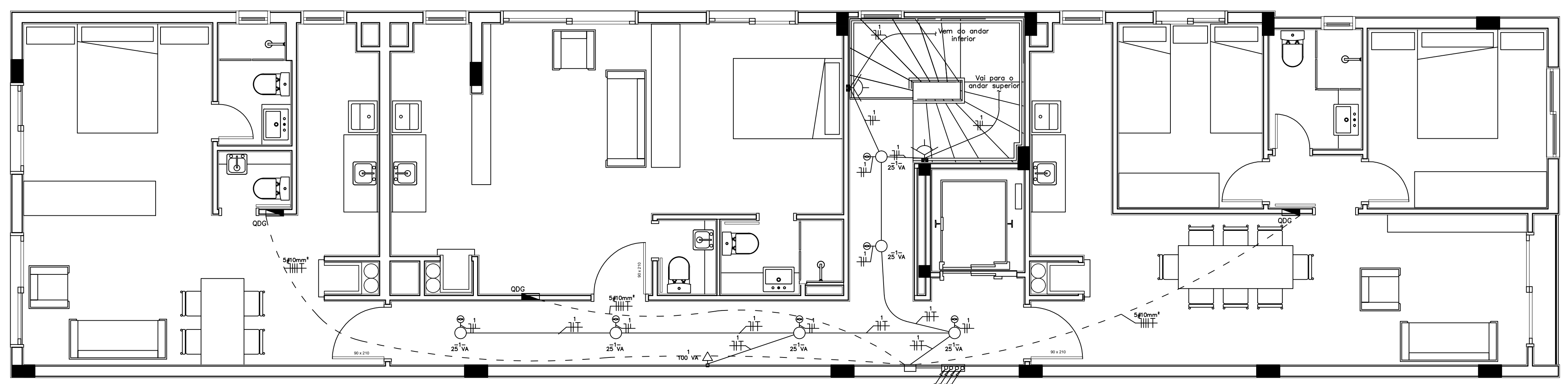
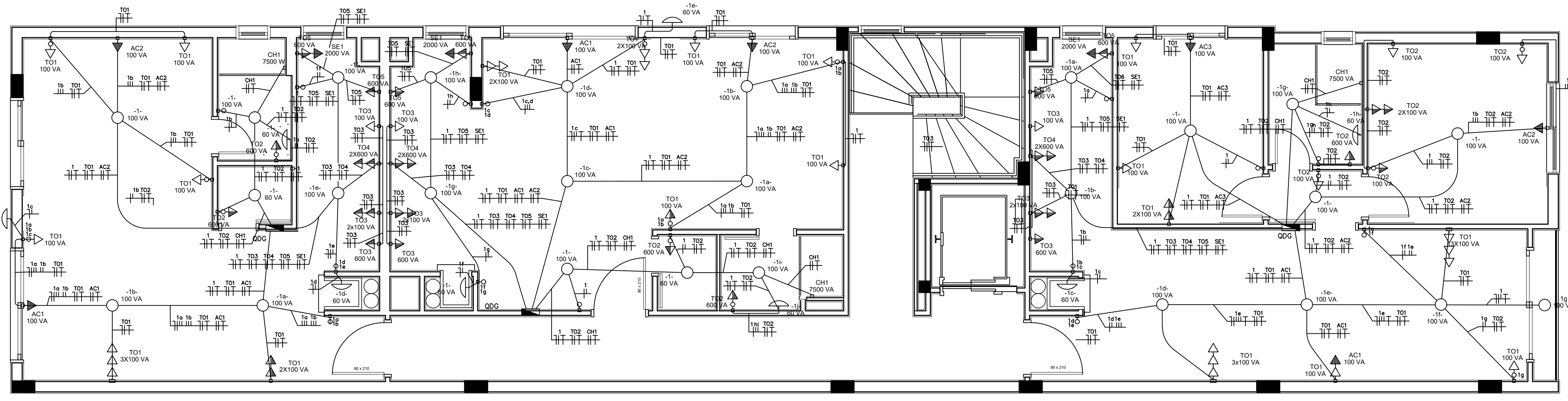


Circuito CM	Tensão (V)	Potência (VA)	Fases			Corrente (A)	Disjuntor (A)	Dispositivo DR (A)	Seção Condutores (mm²)		
			R	S	T				Fase	Neutro	Proteção
101	220	17438	5813	5813	5813	45,76	50 - 3P	63 - 30mA	3x10	10	10
102	220	16059	5353	5353	5353	42,14	50 - 3P	63 - 30mA	3x10	10	10
103	220	16047	5349	5349	5349	42,11	50 - 3P	63 - 30mA	3x10	10	10
201	220	17438	5813	5813	5813	45,76	50 - 3P	63 - 30mA	3x10	10	10
202	220	16059	5353	5353	5353	42,14	50 - 3P	63 - 30mA	3x10	10	10
203	220	16047	5349	5349	5349	42,11	50 - 3P	63 - 30mA	3x10	10	10
301	220	17438	5813	5813	5813	45,76	50 - 3P	63 - 30mA	3x10	10	10
302	220	16059	5353	5353	5353	42,14	50 - 3P	63 - 30mA	3x10	10	10
303	220	16047	5349	5349	5349	42,11	50 - 3P	63 - 30mA	3x10	10	10
Serviço	220	17360	5787	5787	5787	45,56	50 - 3P	63 - 30mA	3x16	16	16
Carga (VA)		165991	55330	55330	55330	89,59	100 - 3P	-	3x50	50	50
Demanda (VA)		34137,20	Equilíbrio %								

LEGENDA	
	LUMINÁRIA CIRCULAR TIPO ARANDELA PARA ESCADA DE EMERGÊNCIA, CORPO E GRANDE FRONTAL EM ALUMÍNIO PAVADO COM PINTURA ELETROSTÁTICA EPOXI-NO CO COM BRANCA DIFUSOR EM VIDRO TRANSPARENTE PRISMA REF. ABATTI FAB: TIAN OU EQUIVALENTE TÉCNICO COM 1 LÂMPADA FLUORESCENTE/LED DE 6W INSTALADA A 2100mm DO PISO DA ESCADA.
	LUMINÁRIA CIRCULAR TIPO ARANDELA PARA ESCADA DE EMERGÊNCIA, CORPO E GRANDE FRONTAL EM ALUMÍNIO PAVADO COM PINTURA ELETROSTÁTICA EPOXI-NO CO COM BRANCA DIFUSOR EM VIDRO TRANSPARENTE PRISMA REF. ABATTI FAB: TIAN OU EQUIVALENTE TÉCNICO COM 1 LÂMPADA FLUORESCENTE/LED DE 6W INSTALADA A 2100mm DO PISO DA ESCADA.
	SENDORE DE PRESENÇA INFRAVERMELHO, DE FABRICAÇÃO SENSOIR OU EQUIVALENTE TÉCNICO, TENSÃO 220V - 1000W - 80% SIDA TEMPORIZADA DE 3 MINUTOS, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBITA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).
	SENDORE ULTRASSONICO 300W, 48V DC DE FABRICAÇÃO LERAN OU EQUIVALENTE TÉCNICO, TENSÃO 220V, SIDA TEMPORIZADA DE 3 MINUTOS, INSTALADO EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO OCTOGONAL 4"x4" EMBITA NA LAJE DE TETO NA ESCADA DE EMERGÊNCIA E INSTALADO NO ENTRE-FORNO NOS CORREDORES.
	SENDORE INFRAVERMELHO EMBITA NA LAJE DE TETO E NAS PAREDES NOS APARTAMENTOS E ESCADA DE EMERGÊNCIA E EMBITA NAS PAREDES NAS DECORAS PARA OS PONTOS DE ROTA DE FUGO, TOMADAS E INTERRUPTORES NOS CORREDORES.
	ELETRÓDUTO INSTALADO EMBITA NA LAJE DE PISO NOS CORREDORES, TOMADAS E INTERRUPTORES NOS CORREDORES.
	INTERRUPTOR SIMPLES FAB: PAL. LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBITA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).
	INTERRUPTOR DE DUAS VÉZES FAB: PAL. LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBITA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).
	DISJUNTORES E INTERRUPTORES PARALELOS FAB: PAL. LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBITA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).
	INTERRUPTOR SIMPLES E UMA TOMADA MONOFÁSICA COM "TERMO" UNIVERSAL (DP-T-10A/250V-AC) FAB: PAL. LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBITA NA PAREDE A 1200mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA) E/OU AJUSTAR CONFORME ALTURA DA PIA.
	INTERRUPTOR SIMPLES E UMA TOMADA MONOFÁSICA COM "TERMO" UNIVERSAL (DP-T-20A/250V-AC) FAB: PAL. LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBITA NA PAREDE A 1200mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA) E/OU AJUSTAR CONFORME ALTURA DA PIA.
	TOMADA MONOFÁSICA COM "TERMO" UNIVERSAL (DP-T-10A/250V) FAB: PAL. LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBITA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO EM ÁREAS COMUM E NA COZINHA AGUA DA PIA 1200mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA) E/OU AJUSTAR CONFORME ALTURA DA PIA.
	TOMADA MONOFÁSICA COM "TERMO" UNIVERSAL (DP-T-20A/250V-AC) FAB: PAL. LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBITA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO EM ÁREAS COMUM E NA COZINHA AGUA DA PIA 1200mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA) E/OU AJUSTAR CONFORME ALTURA DA PIA.
	TOMADA MONOFÁSICA COM "TERMO" UNIVERSAL (DP-T-10A/250V-AC) FAB: PAL. LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBITA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).
	DISJUNTORES COM DUAS TOMADAS MONOFÁSICAS COM "TERMO" UNIVERSAL (DP-T-10A/250V-AC) FAB: PAL. LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBITA NA PAREDE A 1200mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA) E/OU AJUSTAR CONFORME ALTURA DA PIA.
	DISJUNTORES COM DUAS TOMADAS MONOFÁSICAS COM "TERMO" UNIVERSAL (DP-T-20A/250V-AC) FAB: PAL. LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBITA NA PAREDE A 1200mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).
	PULSADOR DE CAMPANHA (220V-AC) FAB: PAL. LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBITA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).
	CAIXA DE FERRO ESMALTADO OCTOGONAL 4" x 4".
	CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBITA NA PAREDE.
	CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBITA NA PAREDE.
	CAIXA METÁLICA 075 EMBITA NA PAREDE.
	ELETRÓDUTO QUE SOBE
	ELETRÓDUTO QUE DESCE
	ELETRÓDUTO QUE PASSA
	FIOS : PRÁSTIC SUPER ANTI-CHAMA FLEX 750V - NEUTRO, FASE, RETORNO E PROTEÇÃO.
	QUANDO ELETRÓDUTO EMBITA NA PAREDE A 1500mm DO PISO ACABADO "TIPO" CONFORME NBR 6838-3.

NOTAS

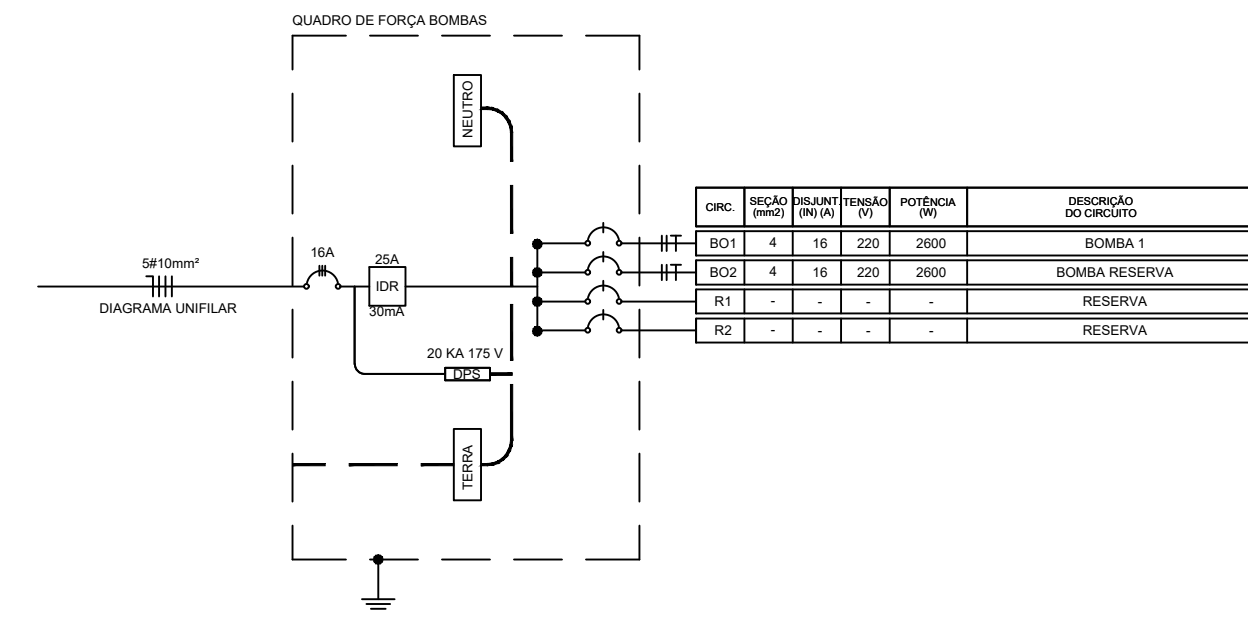
1. ELETRÓDUTOS NÃO COTADOS : CLORETO DE POLIUREA (PVC) DIÁMETRO (Ø) QUANDO INSTALADOS EMBITA E DE ADO CARBONO GALVANIZADO DIÁMETRO (Ø) QUANDO INSTALADOS APARENTES.
2. OS ELETRÓDUTOS ESTÃO COTADOS EM MILÍMETROS (mm), SENDO SUOS DIÂMETROS INTERNOS.
3. FIOS E CABOS ESTÃO COTADOS EM mm<sup>2</sup>.
4. FIOS PRÁSTIC SUPER ANTI-CHAMA FLEX 750 V) NÃO COTADOS - Ø=3mm PARA CIRCUITOS DE ILUMINAÇÃO Ø=2mm PARA CIRCUITOS DE TOMADAS.
5. OS ELETRÓDUTOS SÃO DE PVC PLÁSTIC CORRUGADO REFORÇADO EMBITA NA LAJE E PAREDES NOS APARTAMENTOS E ESCADA DE EMERGÊNCIA, DE ADO CARBONO GALVANIZADO INSTALADOS APARENTES NA LAJE E PAREDES NOS PISOS DOS ELEVADORES.
6. AS COTAS ESTÃO EM MILÍMETROS.
7. TODAS AS LUMINÁRIAS SERÃO DE COR BRANCA.
8. OS CABOS PARA ENERGIA SERÃO DO TIPO (PRÁSTIC SUPER ANTI-CHAMA FLEX 750 V) NAS CORES : VERMELHO/BRANCO/PRETO PARA FASES R/S/T, AZUL CLARO PARA NEUTRO, VERDE PARA PROTEÇÃO, E PRETO PARA RETORNO.
9. OS INTERRUPTORES E TOMADAS SERÃO DE FABRICAÇÃO PAL. LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO.
10. QUANDO ELETRÓDUTOS EMBITA NA PAREDE PARA OS APARTAMENTOS A UMA ALTURA 1500mm DO PISO ACABADO PADRÃO "TIPO".
11. DEIXAR AMARE COMO SIA DENTRO DOS ELETRÓDUTOS NOS TUBOS DESTAVES AO QUADRO ELÉTRICO.



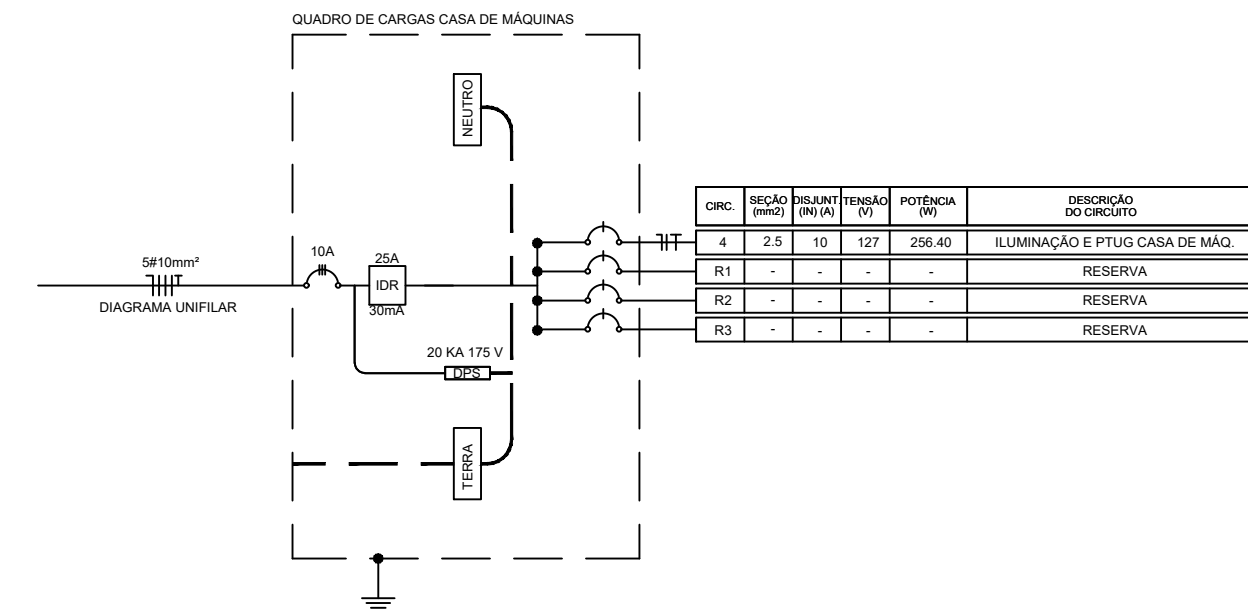
Circuitos APT 201	Tensão (V)	Potência (VA)	Fases			Corrente (A)	Disjuntor (A)	Dispositivo DR (A)	Seção Condutores (mm <sup>2</sup> )		
			R	S	T				Fase	Neutro	Proteção
1	127	1120	1120			8,82	10 - 1P	-	1,5	1,5	1,5
TO1	127	1200		1200		9,45	13 - 1P	-	2,5	2,5	2,5
TO2	127	1200			1200	9,45	13 - 1P	-	2,5	2,5	2,5
TO3	127	900	900			7,09	13 - 1P	-	2,5	2,5	2,5
TO4	127	1200	1200			9,45	13 - 1P	-	2,5	2,5	2,5
TO5	127	1200	1200			9,45	13 - 1P	-	2,5	2,5	2,5
AC1	220	1082	541		541	4,92	10 - 2P	-	2x2,5	-	2,5
AC2	220	633	317		317	2,88	10 - 2P	-	2x2,5	-	2,5
AC3	220	633		317	317	2,88	10 - 2P	-	2x2,5	-	2,5
CH1	220	7500		3750	3750	34,09	40 - 2P	-	2x10	-	10
SE1	220	2000	1000	1000		9,09	10 - 2P	-	2x2,5	-	2,5
Carga (VA)		18668	6278	6267	6125						
Demanda (VA)		12380,01		Equilíbrio %	2,44%	45,76	50 - 3P	63 - 30mA	3x10	10	10

Circuitos APT 202	Tensão (V)	Potência (VA)	Fases			Corrente (A)	Disjuntor (A)	Dispositivo DR (A)	Seção Condutores (mm <sup>2</sup> )		
			R	S	T				Fase	Neutro	Proteção
1	127	1020	1020			8,03	10 - 1P	-	1,5	1,5	1,5
TO1	127	800		800		6,30	13 - 1P	-	2,5	2,5	2,5
TO2	127	1200			1200	9,45	13 - 1P	-	2,5	2,5	2,5
TO3	127	900	900			7,09	13 - 1P	-	2,5	2,5	2,5
TO4	127	1200	1200			9,45	13 - 1P	-	2,5	2,5	2,5
TO5	127	1200	1200			9,45	13 - 1P	-	2,5	2,5	2,5
AC1	220	784	392		392	3,56	10 - 2P	-	2x2,5	-	2,5
AC2	220	633		317	317	2,88	10 - 2P	-	2x2,5	-	2,5
CH1	220	7500		3750	3750	34,09	40 - 2P	-	2x10	-	10
SE1	220	2000	1000	1000		9,09	10 - 2P	-	2x2,5	-	2,5
Carga (VA)		17237	5712	5867	5659						
Demanda (VA)		11215,63		Equilíbrio %	3,55%	42,14	50 - 3P	63 - 30mA	3x10	10	10

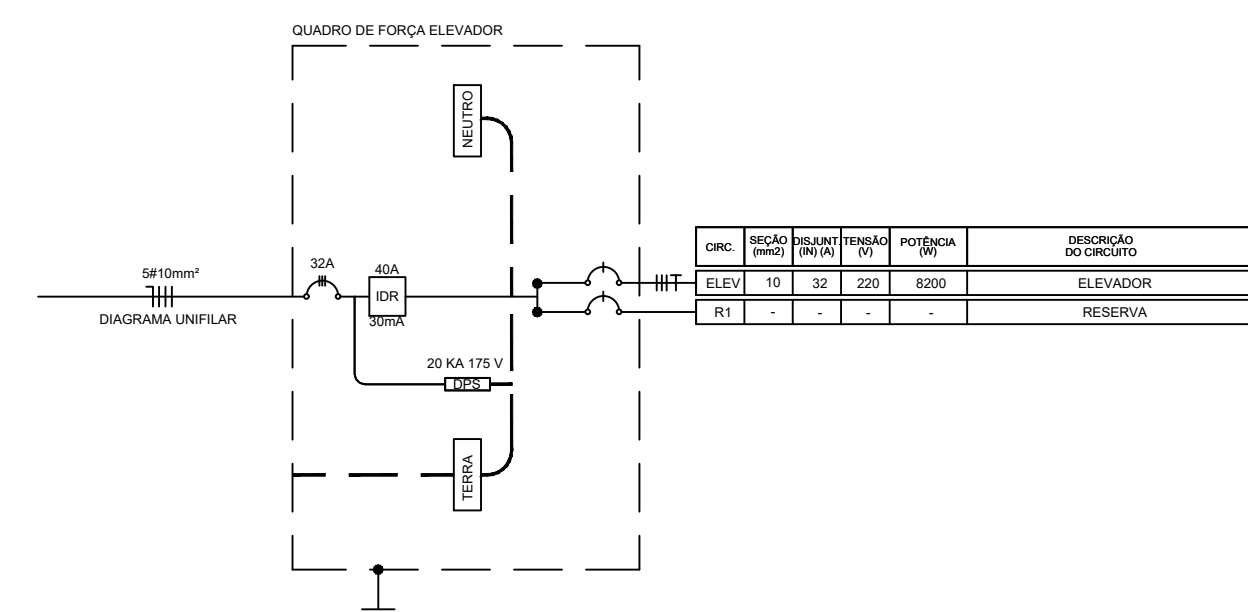
Circuitos APT 203	Tensão (V)	Potência (VA)	Fases			Corrente (A)	Disjuntor (A)	Dispositivo DR (A)	Seção Condutores (mm <sup>2</sup> )		
			R	S	T				Fase	Neutro	Proteção
1	127	920	920			7,24	10 - 1P	-	1,5	1,5	1,5
TO1	127	900		900		7,09	13 - 1P	-	2,5	2,5	2,5
TO2	127	1200			1200	9,45	13 - 1P	-	2,5	2,5	2,5
TO3	127	900	900			7,09	13 - 1P	-	2,5	2,5	2,5
TO4	127	1200	1200			9,45	13 - 1P	-	2,5	2,5	2,5
TO5	127	1200	1200			9,45	13 - 1P	-	2,5	2,5	2,5
AC1	220	784	392		392	3,56	10 - 2P	-	2x2,5	-	2,5
AC2	220	633	317		317	2,88	10 - 2P	-	2x2,5	-	2,5
CH1	220	7500		3750	3750	34,09	40 - 2P	-	2x10	-	10
SE1	220	2000	1000	1000		9,09	10 - 2P	-	2x2,5	-	2,5
Carga (VA)		17237	5612	5659	5867						
Demanda (VA)		11209,39		Equilíbrio %	4,35%	42,11	50 - 3P	63 - 30mA	3x10	10	10



CIRC.	SEÇÃO (mm²)	SEÇÃO (mm²)	TENSÃO (V)	POTÊNCIA (VA)	OBSEÇÃO DO CIRCUITO
BO1	4	16	220	2600	BOMBA 1
BO2	4	16	220	2600	BOMBA RESERVA
R1	-	-	-	-	RESERVA
R2	-	-	-	-	RESERVA



CIRC.	SEÇÃO (mm²)	SEÇÃO (mm²)	TENSÃO (V)	POTÊNCIA (VA)	OBSEÇÃO DO CIRCUITO
4	2,5	10	127	256,40	ILUMINAÇÃO E PTUS CASA DE MÁQ.
R1	-	-	-	-	RESERVA
R2	-	-	-	-	RESERVA
R3	-	-	-	-	RESERVA



CIRC.	SEÇÃO (mm²)	SEÇÃO (mm²)	TENSÃO (V)	POTÊNCIA (VA)	OBSEÇÃO DO CIRCUITO
ELEV	10	32	220	8200	ELEVADOR
R1	-	-	-	-	RESERVA

Circuitos Bombas	Tensão (V)	Potência (VA)	Fases			Corrente (A)	Disjuntor (A)	Dispositivo DR (A)	Seção Condutores (mm²)		
			R	S	T				Fase	Neutro	Proteção
BO1	220	2600	867	867	867	6,82	13 - 2P	-	3x4	4	4
BO2	220	2600	867	867	867	6,82	13 - 2P	-	3x4	4	4
<b>Carga (VA)</b>		<b>5200</b>	<b>1733</b>	<b>1733</b>	<b>1733</b>	<b>13,65</b>	<b>16 - 3P</b>	<b>25 - 30mA</b>	<b>3x10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>Demanda (VA)</b>		<b>5200,00</b>	<b>Equilíbrio %</b>		<b>0,00%</b>						

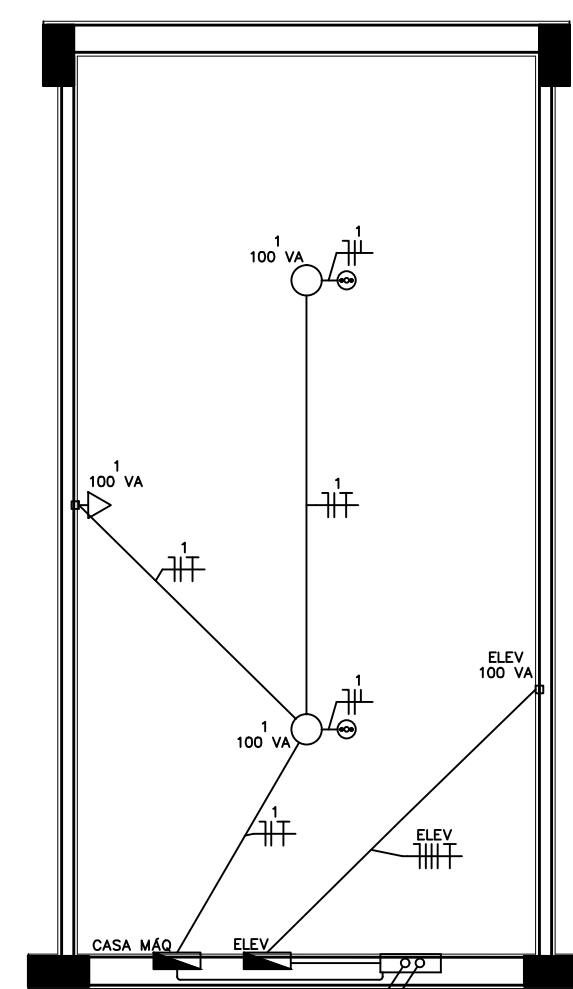
Circuito Casa Máq.	Tensão (V)	Potência (VA)	Fases			Corrente (A)	Disjuntor (A)	Dispositivo DR (A)	Seção Condutores (mm²)		
			R	S	T				Fase	Neutro	Proteção
4	127	256	-	256	-	1,17	10 - 1P	-	3x2,5	2,5	2,5
<b>Carga (VA)</b>		<b>256</b>	-	<b>256</b>	-	<b>0,68</b>	<b>10 - 3P</b>	<b>25 - 30mA</b>	<b>3x10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>Demanda (VA)</b>		<b>256,40</b>	<b>Equilíbrio %</b>		<b>0,00%</b>						

Circuito Elevador	Tensão (V)	Potência (VA)	Fases			Corrente (A)	Disjuntor (A)	Dispositivo DR (A)	Seção Condutores (mm²)		
			R	S	T				Fase	Neutro	Proteção
ELEV	220	8200	2733	2733	2733	21,52	32 - 3P	40 - 30mA	3x10	10	10
<b>Carga (VA)</b>		<b>8200</b>	<b>2733</b>	<b>2733</b>	<b>2733</b>	<b>21,52</b>	<b>32 - 3P</b>	<b>40 - 30mA</b>	<b>3x10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>Demanda (VA)</b>		<b>8200,00</b>	<b>Equilíbrio %</b>		<b>0,00%</b>						

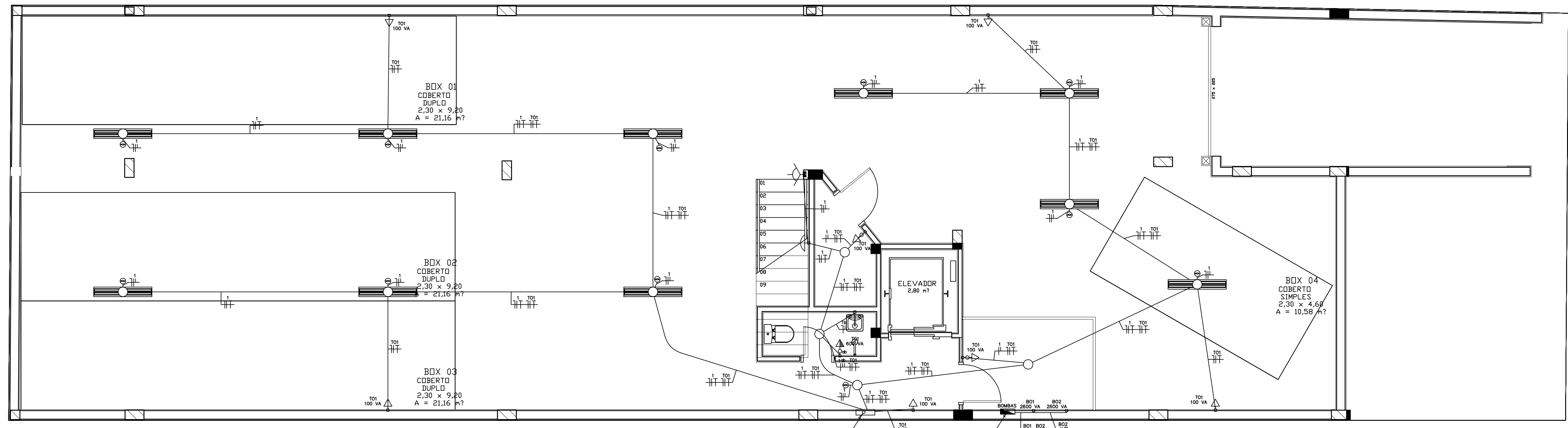
LEGENDA		
	LUMINÁRIA CIRCULAR TIPO ARANDELA PARA ESCADA DE EMERGENCIA, CORPO E GRANDE FRONTAL EM ALUMÍNIO PAVADO COM PINTURA ELETROSTATICA EPOXI-PO NA COR BRANCA. DISSIPADOR EM VEDRO TRANSPARENTE PRISMA REF. ABATTI FAB. ITAM OU EQUIVALENTE TÉCNICO COM 1 LÂMPADA FLUORESCENTE/LED DE 60W INSTALADA A 2100mm DO PISO DA ESCADA.	
	CAIXA DE FERRO ESMALTADO OCTOGONAL 4x4" PARA ELETRODUTO FLEXÍVEL CORRUGADO REFORÇADO, COM PLANO E PONTO DE ILUMINAÇÃO PARA LÂMPADA DE 60W FLUORESCENTE OU LED INSTALADA NOS APARTAMENTOS.	
	SENSOR DE PRESENÇA INFRAVERMELHO, DE FABRICAÇÃO SENZIEM OU EQUIVALENTE TÉCNICO, TENSÃO 220V - 1000W - IP20, SADA TEMPORIZADA DE 3 MINUTOS, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBUTIDA NA PAREDE, A 1500mm DA ESCADA, REGULADO A UM ALÇANCE DE 3 METROS NA HORIZONTAL.	
	SENSOR ULTRASSÔNICO 300°, REF. 488 OS DE FABRICAÇÃO LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, TENSÃO 220V, SADA TEMPORIZADA DE 3 MINUTOS, INSTALADO EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO OCTOGONAL 4x4" EMBUTIDA NA LAJE DE TETO NA ESCADA DE EMERGENCIA E INSTALADA NO ENTRE-FORNO NOS CORREDORES.	
	ELETRODUTO INSTALADO EMBUTIDO NA LAJE DE TETO E NAS PAREDES NOS APARTAMENTOS E ESCADA DE EMERGENCIA E EMBUTIDO NAS PAREDES NAS DECORAS PARA OS PONTOS DE NOTA DE FUGA, TOMADAS E INTERRUPTORES NOS CORREDORES.	
	ELETRODUTO INSTALADO EMBUTIDO NA LAJE DE PISO NOS CORREDORES, TOMADAS E INTERRUPTORES NOS CORREDORES.	
	INTERRUPTOR SIMPLES FAB. P&L LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).	
	INTERRUPTOR DE DUAS VIAS SIMPLES FAB. P&L LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).	
	CONJUNTO DE INTERRUPTORES PARALELOS FAB. P&L LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).	
	INTERRUPTOR SIMPLES E UMA TOMADA MONOFÁSICA COM "TERRA" UNIVERSAL (DP-T-20A/250V-AC) FAB. P&L LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm, EMBUTIDA NA PAREDE A 300mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA) E/OU AJUSTAR CONFORME ALTURA DA P&L.	
	INTERRUPTOR SIMPLES E UMA TOMADA MONOFÁSICA COM "TERRA" UNIVERSAL (DP-T-20A/250V-AC) FAB. P&L LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm, EMBUTIDA NA PAREDE A 1200mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA) E/OU AJUSTAR CONFORME ALTURA DA P&L.	
	TOMADA MONOFÁSICA COM "TERRA" UNIVERSAL (DP-T-20A/250V-AC) FAB. P&L LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO EM ÁREAS COMUNS E NA COZINHA AGMA DA P&L 1200mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA) E/OU AJUSTAR CONFORME ALTURA DA P&L.	
	TOMADA MONOFÁSICA COM "TERRA" UNIVERSAL (DP-T-20A/250V-AC) FAB. P&L LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO EM ÁREAS COMUNS E NA COZINHA AGMA DA P&L 1200mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA) E/OU AJUSTAR CONFORME ALTURA DA P&L.	
	TOMADA MONOFÁSICA COM "TERRA" UNIVERSAL (DP-T-20A/250V-AC) FAB. P&L LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 2100mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).	
	TOMADA MONOFÁSICA COM "TERRA" UNIVERSAL (DP-T-20A/250V-AC) FAB. P&L LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 2100mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).	
	CONJUNTO COM DUAS TOMADAS MONOFÁSICAS COM "TERRA" UNIVERSAL (DP-T-20A/250V-AC) FAB. P&L LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 300mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).	
	CONJUNTO COM DUAS TOMADAS MONOFÁSICAS COM "TERRA" UNIVERSAL (DP-T-20A/250V-AC) FAB. P&L LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 1200mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA) E/OU AJUSTAR CONFORME ALTURA DA P&L.	
	CONJUNTO COM DUAS TOMADAS MONOFÁSICAS COM "TERRA" UNIVERSAL (DP-T-20A/250V-AC) FAB. P&L LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 300mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).	
	PULSADOR DE CAMPAINHA (220V-AC) FAB. P&L LEGRAND OU EQUIVALENTE TÉCNICO, EM CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBUTIDA NA PAREDE A 1100mm DO PISO ACABADO (CENTRO DA CAIXA).	
	CAIXA DE FERRO ESMALTADO OCTOGONAL 4" x 4".	
	CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBUTIDA NA PAREDE.	
	CAIXA DE FERRO ESMALTADO DE 100x100x50mm EMBUTIDA NA PAREDE.	
	CAIXA METÁLICA 075 EMBUTIDA NA PAREDE.	
	ELETRODUTO QUE SOBEM	
	ELETRODUTO QUE DESCE	
	ELETRODUTO QUE PASSA	
	FIOS PRÁSTICO SUPER ANTICHAMA FLEX 750V - NEUTRO, FASE, RETORNO E PROTEÇÃO.	
	QUANDO ELETRODUTO EMBUTIDO NA PAREDE A 1500mm DO PISO ACABADO "TIPO 111" CONFORME NBR EC 9049-3.	

**NOTAS**

1. ELETRODUTOS NÃO COTADOS: CLORETO DE POLIURETA (PVC) DN50(3/4") QUANDO INSTALADOS EMBUTIDO E DE AÇO CARBONO GALVANIZADO DN50(3/4") QUANDO INSTALADOS APARENTES.
2. OS ELETRODUTOS ESTÃO COTADOS EM MILÍMETROS (mm), SEGUNDO SEUS DIÂMETROS INTERNOS.
3. FIOS E CABOS ESTÃO COTADOS EM mm².
4. FIOS PRÁSTICO SUPER ANTICHAMA FLEX 750 V) NÃO COTADOS - Ø=10mm PARA CIRCUITOS DE ILUMINAÇÃO Ø=16mm PARA CIRCUITOS DE TOMADAS.
5. OS ELETRODUTOS SÃO DE PVC FLEXÍVEL CORRUGADO REFORÇADO EMBUTIDOS NA LAJE E PAREDES NOS APARTAMENTOS E ESCADA DE EMERGENCIA, DE AÇO CARBONO GALVANIZADO INSTALADOS APARENTES NO ENTRE-FORNO NOS CORREDORES E PAREDES NOS PÓDIOS DOS ELEVADORES.
6. AS COTAS ESTÃO EM MILÍMETROS.
7. TODAS AS LUMINÁRIAS SERÃO DE COR BRANCA.
8. OS CABOS PARA ENERGIA SERÃO DO TIPO (PRÁSTICO SUPER ANTICHAMA FLEX 750 V) NAS CORES: VERMELHO/BRANCO/PRETO PARA FASES R/S/T, AZUL CLARO PARA NEUTRO, VERDE PARA PROTEÇÃO, E PRETO PARA RETORNO.
9. OS INTERRUPTORES E TOMADAS SERÃO DE FABRICAÇÃO P&L OU EQUIVALENTE TÉCNICO.
10. QUANDO ELETRODUTOS EMBUTIDOS NA PAREDE PARA OS APARTAMENTOS A UMA ALTURA 1500mm DO PISO ACABADO PADRÃO "TI1".
11. DEIXAR AMARELO COMO SINAL DENTRO DOS ELETRODUTOS NOS TRECHOS DISTANTES DO QUADRO ELÉTRICO.



Cobertura



Subsolo

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL			
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - CIVIL			
PROJETO E ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADO A EDIFICAÇÕES			
ALUNO: Fernando Lunelli de Araujo		ORIENTADOR: Msc. Igor Pasa Wiltuschnig	
EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR		SUBSOLO E COBERTURA	
DATA: FEV/2020	REVISÃO: 00	ESCALA: 1:50	FOLHA: 03/04



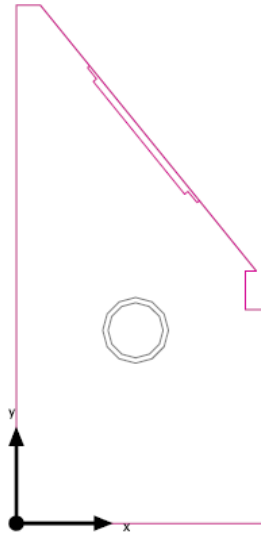


## **APÊNDICE B – PROJETO LUMINOTÉCNICO**

# Projeto Luminotécnico Subsolo

## Depósito de lixo subsolo

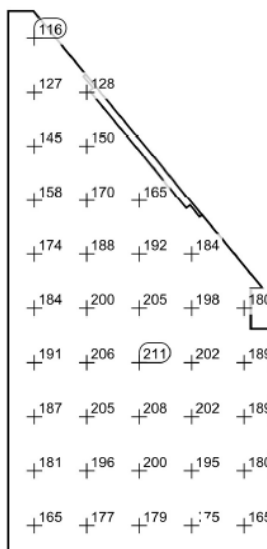
Plano de uso (Depósito de lixo) / Potência luminosa perpendicular (adaptivo)



Plano de uso (Depósito de lixo): Potência luminosa perpendicular (adaptivo) (Superfície)  
Cenário de Luz: Cenário de Luz 1  
Médio: 180 lx (Nominal:  $\geq 100$  lx), Min: 114 lx, Máx: 211 lx, Min/Médio: 0.63, Min/ Máx: 0.54  
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

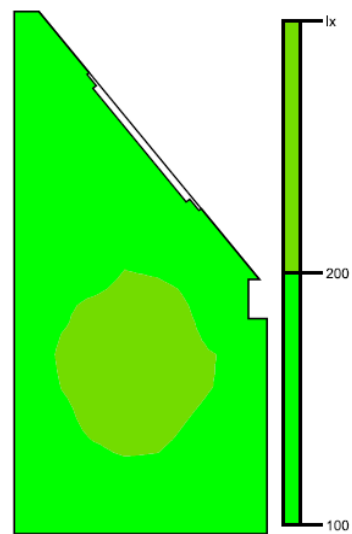
## Resultados de Iluminância em lux

Grelha de valores [lx]




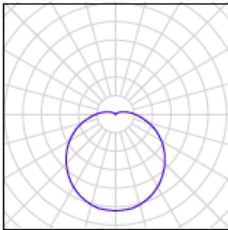
Escala: 1 : 25

Cores falsas [lx]



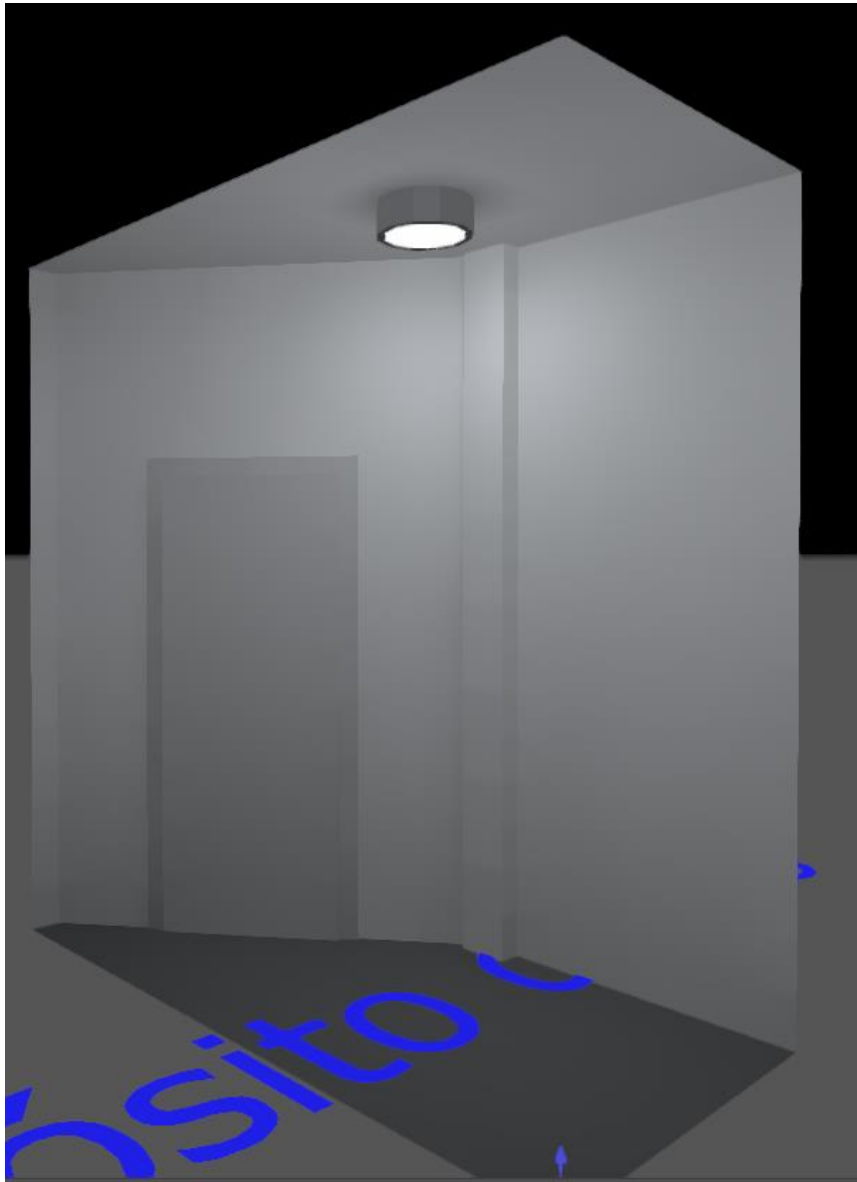
Escala: 1 : 25

## Luminárias utilizadas

Quantidade	Luminária (Emissão luminosa)		
1	Philips - FGW201 2xPL-C/4P18W HF Emissão luminosa 1 Equipagem: 2xPL-C/4P18W/840 Grau de actuação operacional: 40.18% Fluxo luminoso de lâmpada: 2400 lm Fluxo luminoso da luminária: 964 lm Potência: 38.0 W Rendimento luminoso: 25.4 lm/W  Indicações colorimétricas 2xPL-C/4P18W/840: CCT 3000 K, CRI 100		

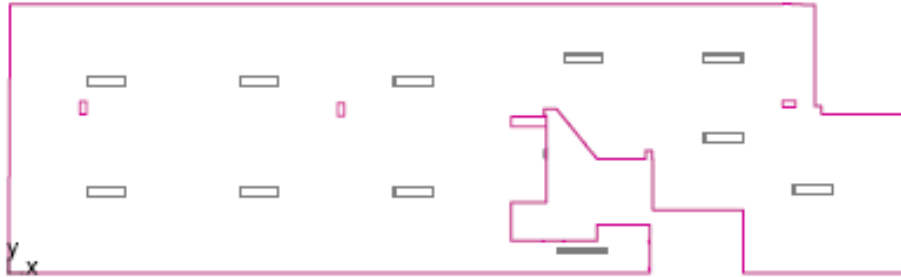
Fluxo luminoso total das lâmpadas: 2400 lm, Fluxo luminoso total das luminárias: 964 lm, Potência total: 38.0 W, Rendimento luminoso: 25.4 lm/W

## Representação tridimensional do Depósito de lixo subsolo



Garagem subsolo

Plano de uso (Garagem) / Potência luminosa perpendicular (adaptivo)



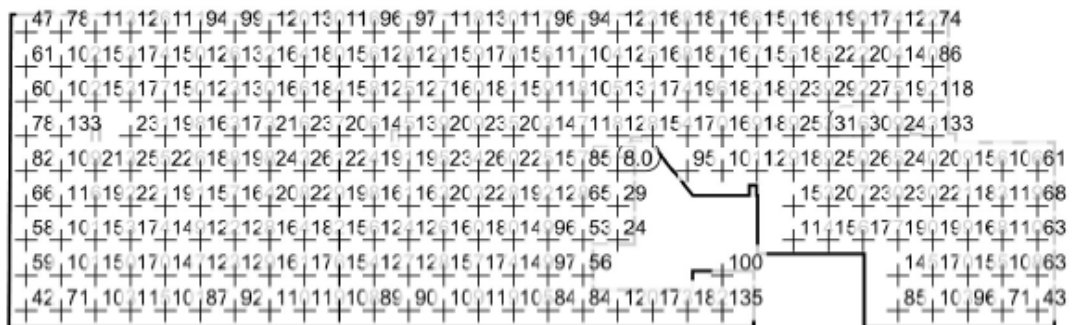
Plano de uso (Garagem): Potência luminosa perpendicular (adaptivo) (Superfície)

Cenário de Luz: Cenário de Luz 1

Médio: 148 lx (Nominal:  $\geq 150$  lx), Min: 4.25 lx, Máx: 328 lx, Mín/Médio: 0.029, Mín/ Máx: 0.013

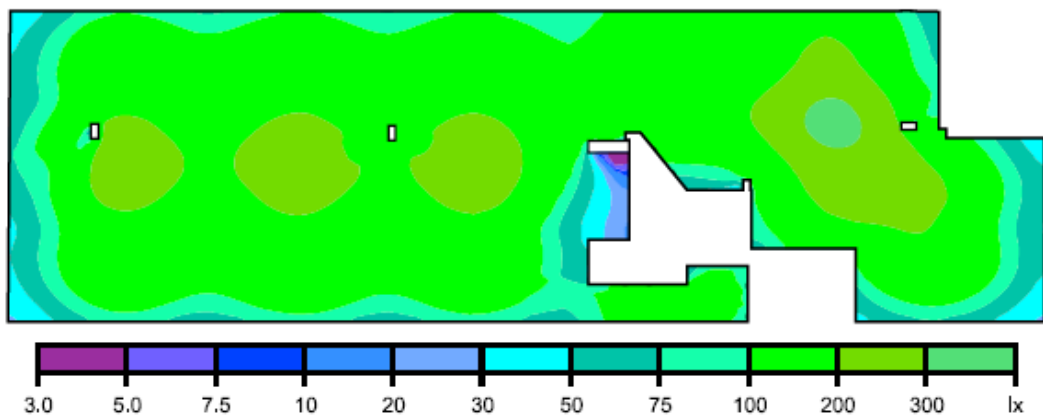
Resultados de Iluminância em lux

Grelha de valores [lx]




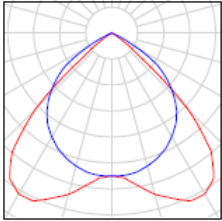

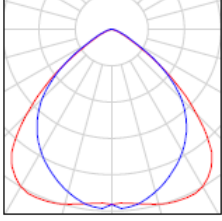

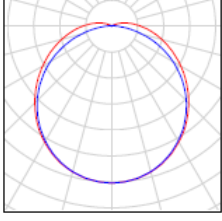
Escala: 1 : 200

Cores falsas [lx]



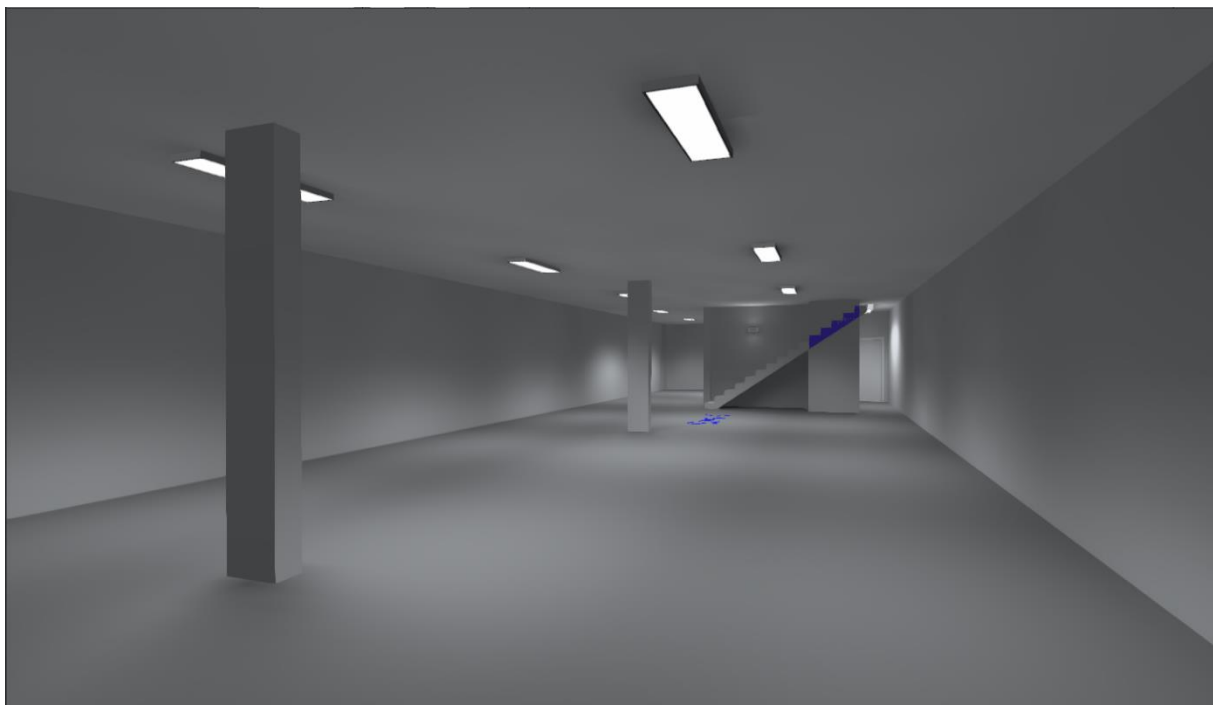
Escala: 1 : 200

## Luminárias utilizadas

Quantidade	Luminária (Emissão luminosa)		
10	<p>Philips - TBS165 G 2xTL5-28W HFS C6                      Emissão luminosa 1                      Equipagem: 2xTL5-28W/840                      Grau de actuação operacional: 69.91%                      Fluxo luminoso de lâmpada: 5250 lm                      Fluxo luminoso da luminária: 3670 lm                      Potência: 62.0 W                      Rendimento luminoso: 59.2 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas                      2xTL5-28W/840: CCT 3000 K, CRI 100</p>		
1	<p>Philips - TTX188 581 1xTL-D58W HFE +GMX188 M6                      Emissão luminosa 1                      Equipagem: 1xTL-D58W/840                      Grau de actuação operacional: 53.97%                      Fluxo luminoso de lâmpada: 5240 lm                      Fluxo luminoso da luminária: 2828 lm                      Potência: 0.0 W                      Rendimento luminoso: ∞ lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas                      1xTL-D58W/840: CCT 3000 K, CRI 100</p>		
1	<p>Philips - WL121V LED5S/830                      Emissão luminosa 1                      Equipagem: 1xLED5S/830/-                      Grau de actuação operacional: 99.87%                      Fluxo luminoso de lâmpada: 500 lm                      Fluxo luminoso da luminária: 499 lm                      Potência: 8.0 W                      Rendimento luminoso: 62.4 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas                      1xLED5S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100</p>		

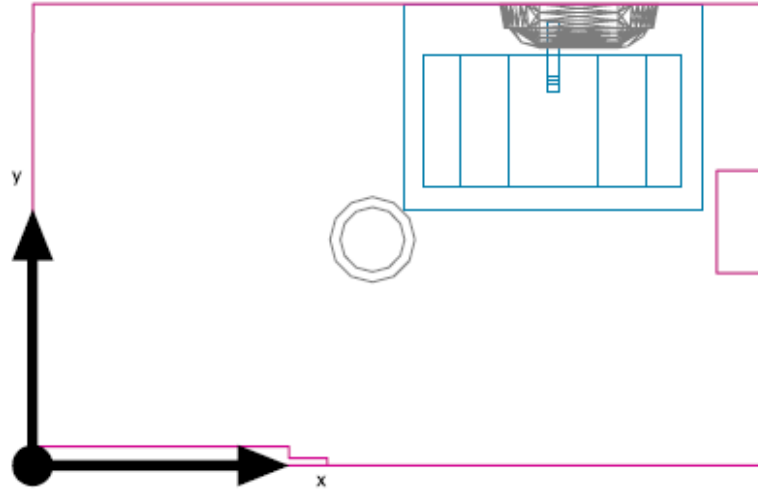
Fluxo luminoso total das lâmpadas: 58240 lm, Fluxo luminoso total das luminárias: 40027 lm, Potência total: 628.0 W, Rendimento luminoso: 63.7 lm/W

## Representação tridimensional da garagem do subsolo



## Lavabo subsolo

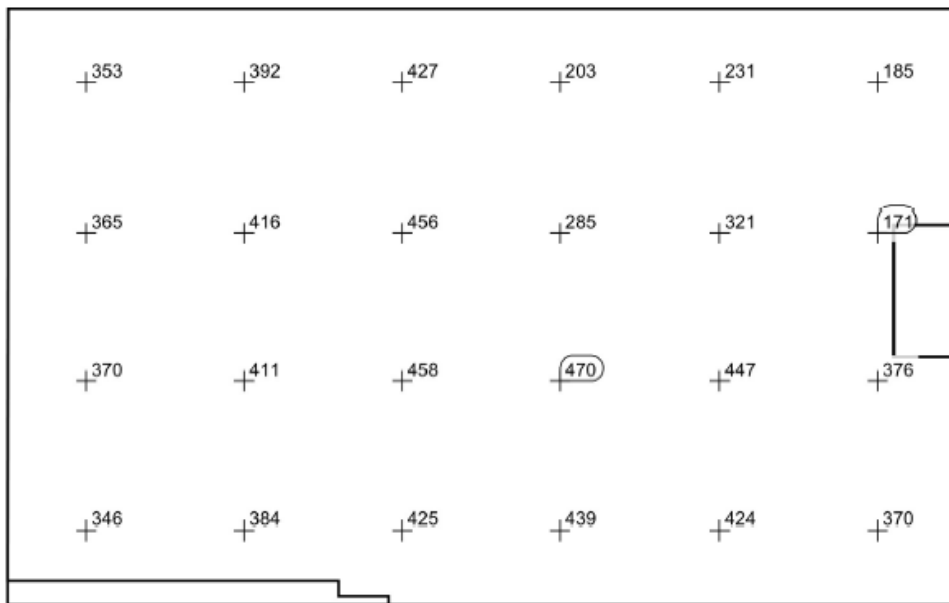
### Plano de uso (Lavabo) / Potência luminosa perpendicular (adaptivo)



Plano de uso (Lavabo): Potência luminosa perpendicular (adaptivo) (Superfície)  
Cenário de Luz: Cenário de Luz 1  
Médio: 369 lx (Nominal:  $\geq 200$  lx), Min: 43.1 lx, Máx: 467 lx, Min/Médio: 0.12, Min/ Máx: 0.092  
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

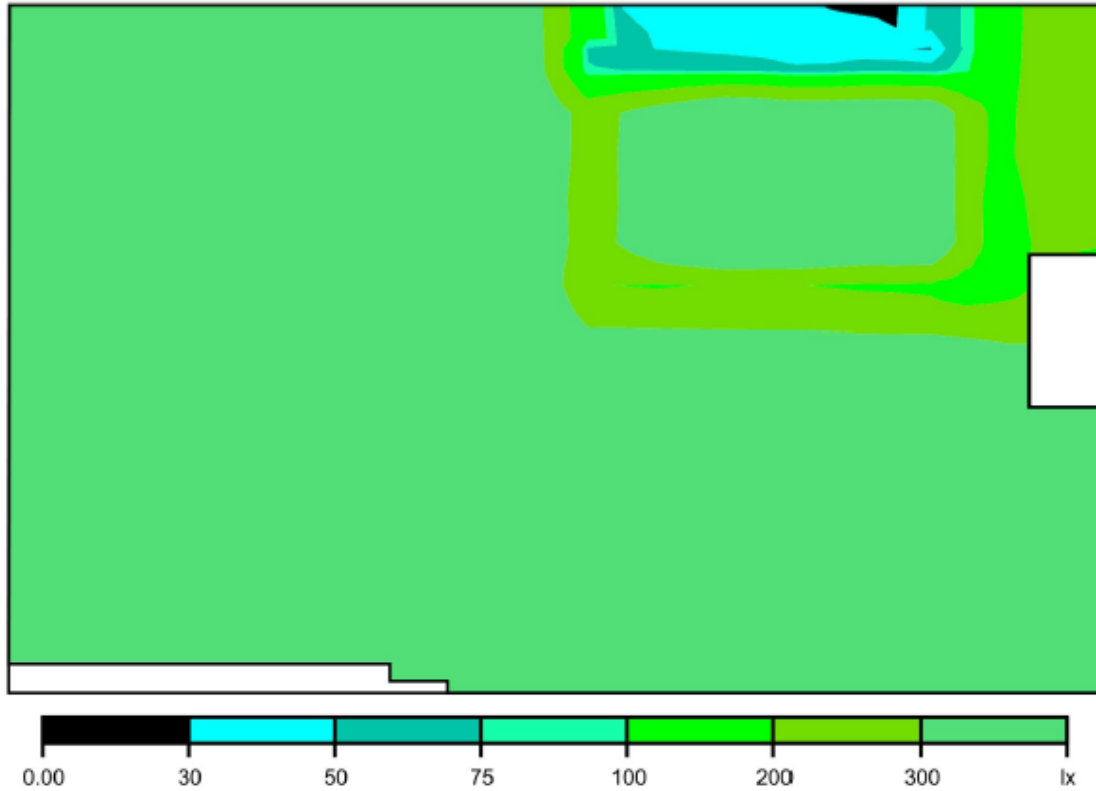
### Resultados de Iluminância em lux

Grade de valores [lx]



Escala: 1 : 10

Gorron foloon [lx]



Escala: 1 : 10

### Luminárias utilizadas

Quantidade	Luminária (Emissão luminosa)		
1	<p>Philips - DN460B 1xLED11S/830 C                      Emissão luminosa 1                      Equipagem: 1xLED11S/830/-                      Grau de actuação operacional: 100%                      Fluxo luminoso de lâmpada: 1200 lm                      Fluxo luminoso da luminária: 1200 lm                      Potência: 13.8 W                      Rendimento luminoso: 87.0 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas                      1xLED11S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100</p>		
1	<p>Philips - WL121V LED5S/830                      Emissão luminosa 1                      Equipagem: 1xLED5S/830/-                      Grau de actuação operacional: 99.87%                      Fluxo luminoso de lâmpada: 500 lm                      Fluxo luminoso da luminária: 499 lm                      Potência: 8.0 W                      Rendimento luminoso: 62.4 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas                      1xLED5S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100</p>		

] Fluxo luminoso total das lâmpadas: 1700 lm, Fluxo luminoso total das luminárias: 1699 lm, Potência total: 21.8 W, Rendimento luminoso: 77.9 lm/W

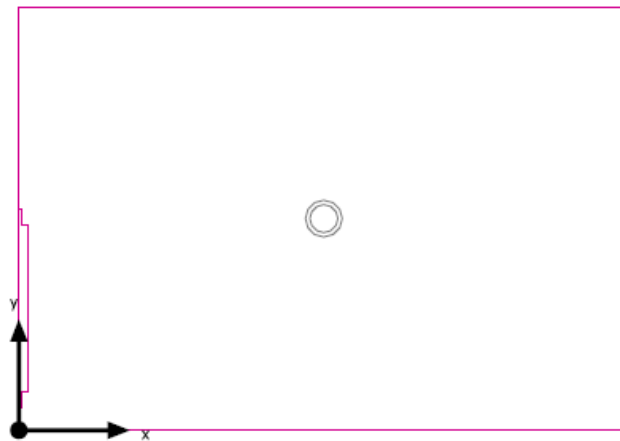


## Representação tridimensional do lavabo subsolo



## Reservatório inferior subsolo

Plano de uso (Reservatório) / Potência luminosa perpendicular (adaptivo)



Plano de uso (Reservatório): Potência luminosa perpendicular (adaptivo) (Superfície)  
Cenário de Luz: Cenário de Luz 1  
Médio: 126 lx (Nominal:  $\geq 100$  lx), Min: 58.1 lx, Máx: 200 lx, Min/Médio: 0.46, Min/ Máx: 0.29  
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

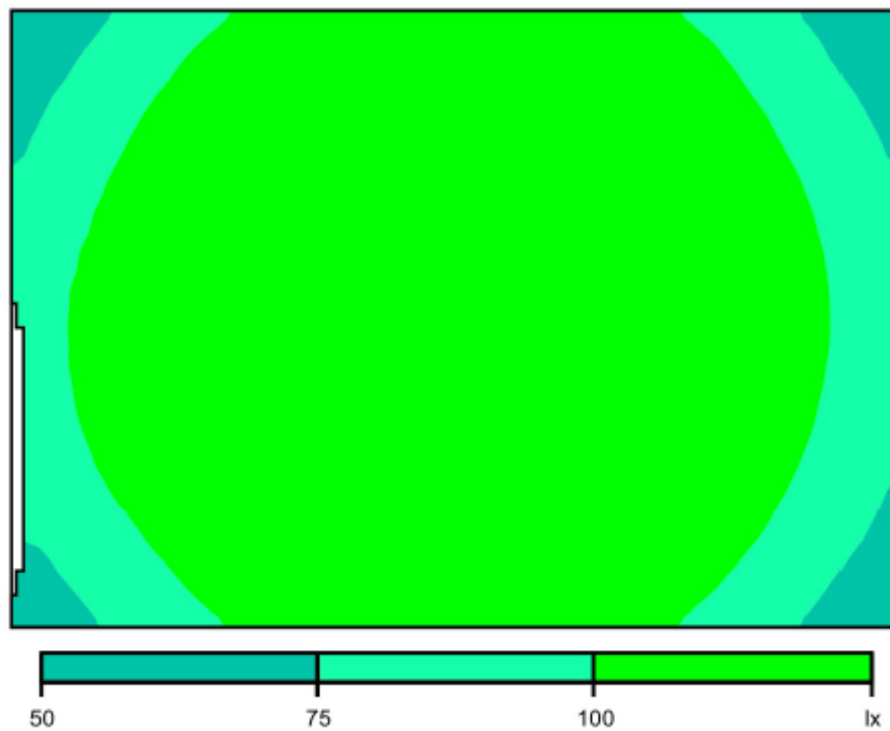
## Resultados de Iluminância em lux

Grelha de valores [lx]

+76	+107	+133	+142	+132	+107	(75)
+92	+128	+161	+175	+161	+128	+91
+102	+137	+173	(200)	+171	+135	+98
+97	+130	+162	+174	+160	+127	+92
+79	+109	+133	+142	+131	+107	+76


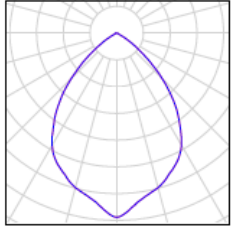
Escala: 1 : 25

Cores falsas [lx]



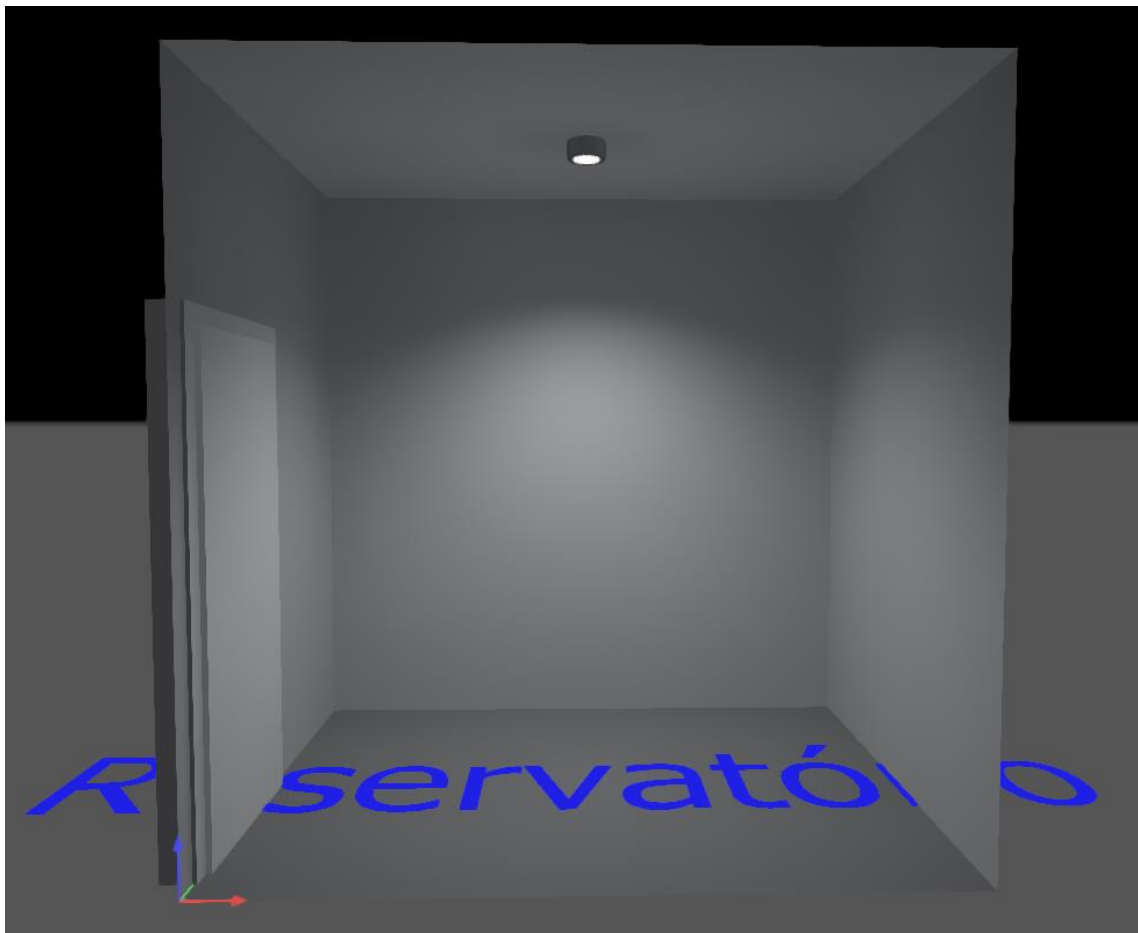
Escala: 1 : 25

## Luminárias utilizadas

Quantidade	Luminária (Emissão luminosa)		
1	Philips - DN460B 1xLED11S/830 C Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xLED11S/830/- Grau de actuação operacional: 100% Fluxo luminoso de lâmpada: 1200 lm Fluxo luminoso da luminária: 1200 lm Potência: 13.8 W Rendimento luminoso: 87.0 lm/W  Indicações colorimétricas 1xLED11S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100		

Fluxo luminoso total das lâmpadas: 1200 lm, Fluxo luminoso total das luminárias: 1200 lm, Potência total: 13.8 W, Rendimento luminoso: 87.0 lm/W

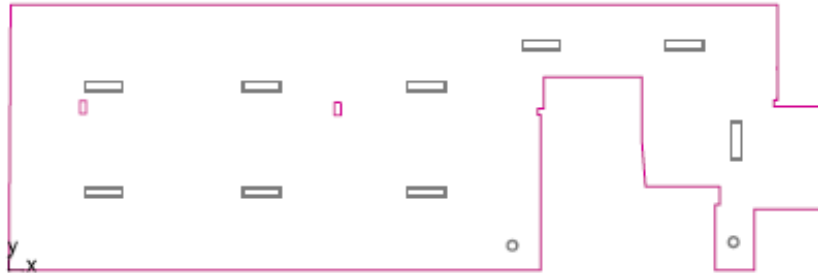
## Representação tridimensional do reservatório inferior subsolo



# Projeto Luminotécnico Térreo

## Garagem térreo

### Plano de uso (Garagem) / Potência luminosa perpendicular (adaptivo)



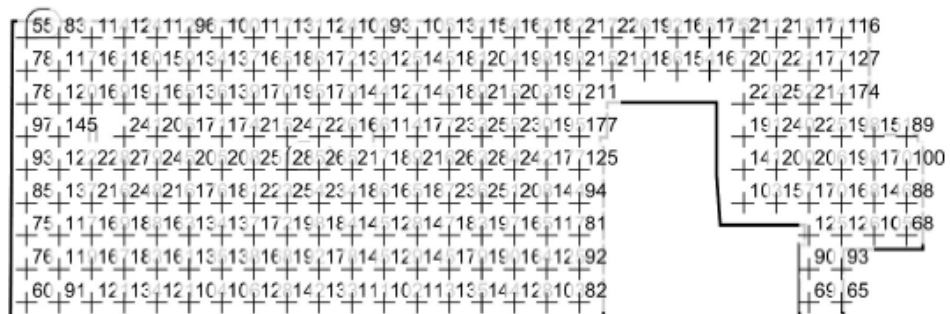
Plano de uso (Garagem): Potência luminosa perpendicular (adaptivo) (Superfície)

Cenário de Luz: Cenário de Luz 1

Médio: 162 lx (Nominal:  $\geq 150$  lx), Min: 41.8 lx, Máx: 286 lx, Mín/Médio: 0.26, Mín/ Máx: 0.15

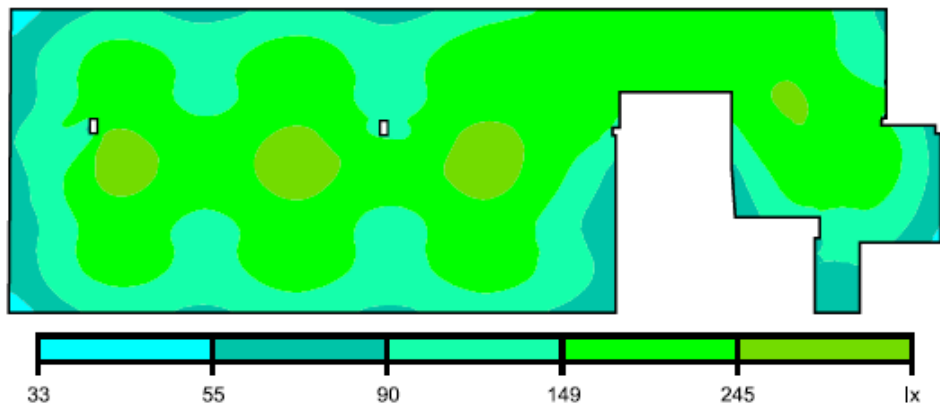
### Resultados de Iluminância em lux

Grelha de valores [lx]




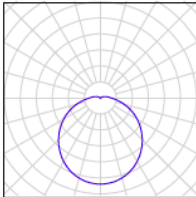
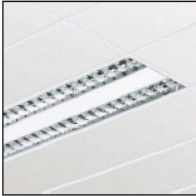
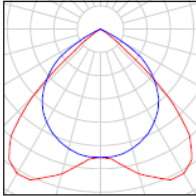
Escala: 1 : 200

Cores falsas [lx]



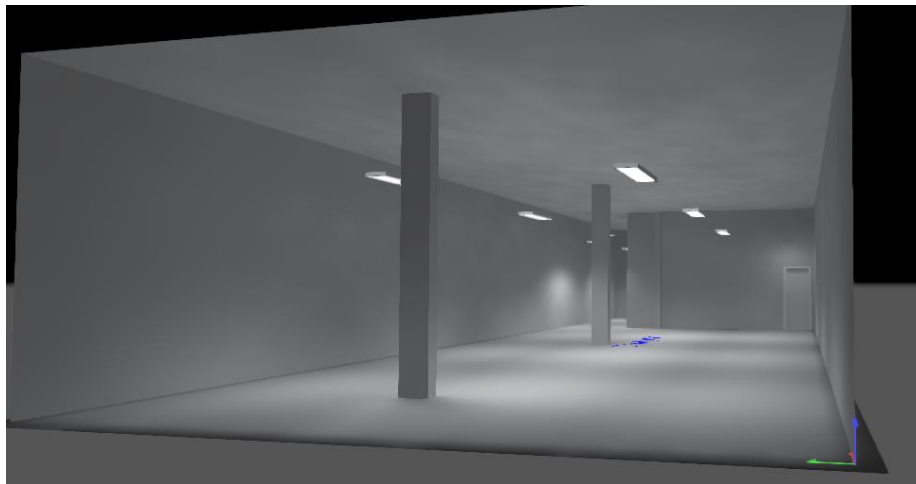
Escala: 1 : 200

## Luminárias utilizadas

Quantidade	Luminária (Emissão luminosa)		
2	<p>Philips - BWG201 1xLED700/830                      Emissão luminosa 1                      Equipagem: 1xLED700/830/-                      Grau de actuação operacional: 73.43%                      Fluxo luminoso de lâmpada: 1000 lm                      Fluxo luminoso da luminária: 734 lm                      Potência: 24.0 W                      Rendimento luminoso: 30.6 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas                      1xLED700/830/-: CCT 3000 K, CRI 100</p>		
9	<p>Philips - TBS165 G 2xTL5-28W HFS C6                      Emissão luminosa 1                      Equipagem: 2xTL5-28W/840                      Grau de actuação operacional: 69.91%                      Fluxo luminoso de lâmpada: 5250 lm                      Fluxo luminoso da luminária: 3670 lm                      Potência: 62.0 W                      Rendimento luminoso: 59.2 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas                      2xTL5-28W/840: CCT 3000 K, CRI 100</p>		

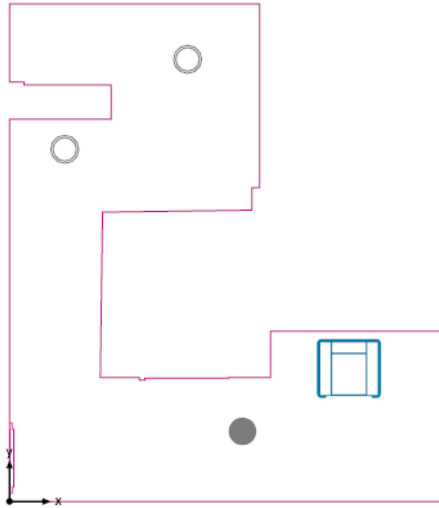
Fluxo luminoso total das lâmpadas: 49250 lm, Fluxo luminoso total das luminárias: 34498 lm, Potência total: 606.0 W, Rendimento luminoso: 56.9 lm/W

## Representação tridimensional da garagem térreo



## Hall de entrada e escadas térreo

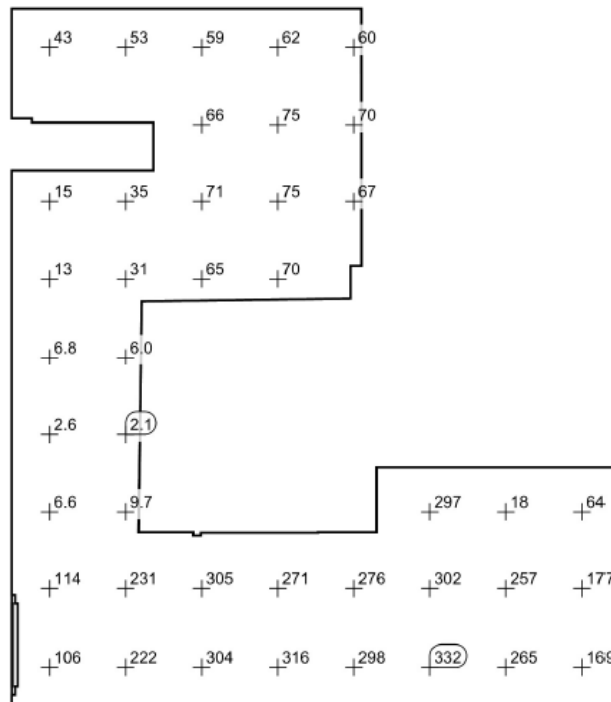
Plano de uso (Hall e Escadas) / Potência luminosa perpendicular (adaptivo)



Plano de uso (Hall e Escadas): Potência luminosa perpendicular (adaptivo) (Superfície)  
 Cenário de Luz: Cenário de Luz 1  
 Médio: 132 lx (Nominal:  $\geq 100$  lx), Min: 1.04 lx, Máx: 349 lx, Min/Médio: 0.008, Min/ Máx: 0.003

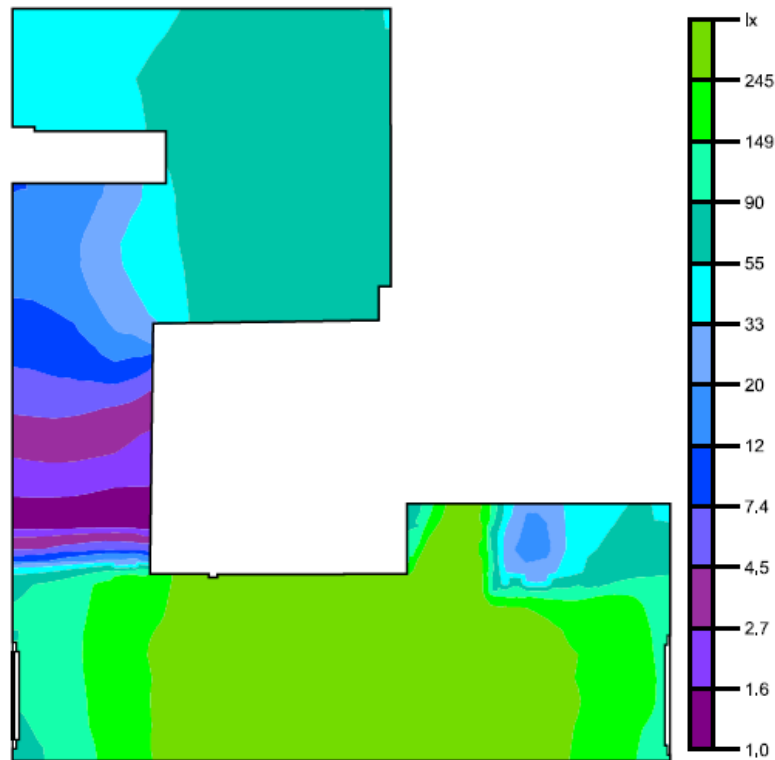
## Resultados de Iluminância em lux

Grelha de valores [lx]



Escala: 1 : 50

Cores falsas [lx]



Escala: 1 : 50

Luminárias utilizadas

Quantidade	Luminária (Emissão luminosa)		
2	<p>Philips - FGW201 2xPL-C/4P18W HF Emissão luminosa 1 Equipagem: 2xPL-C/4P18W/840 Grau de actuação operacional: 40.18% Fluxo luminoso de lâmpada: 2400 lm Fluxo luminoso da luminária: 964 lm Potência: 38.0 W Rendimento luminoso: 25.4 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas 2xPL-C/4P18W/840: CCT 3000 K, CRI 100</p>		
1	<p>Philips - MPK630 D/I 1xCDM-T70W P-D315 Emissão luminosa 1 Equipagem: 1xCDM-T70W/830 Grau de actuação operacional: 65.42% Fluxo luminoso de lâmpada: 6600 lm Fluxo luminoso da luminária: 4317 lm Potência: 85.0 W Rendimento luminoso: 50.8 lm/W</p> <p>Indicações colorimétricas 1xCDM-T70W/830: CCT 3000 K, CRI 100</p>		

Fluxo luminoso total das lâmpadas: 11400 lm, Fluxo luminoso total das luminárias: 6245 lm, Potência total: 161.0 W, Rendimento luminoso: 38.8 lm/W

Representação tridimensional do hall de entrada e escadas térreo

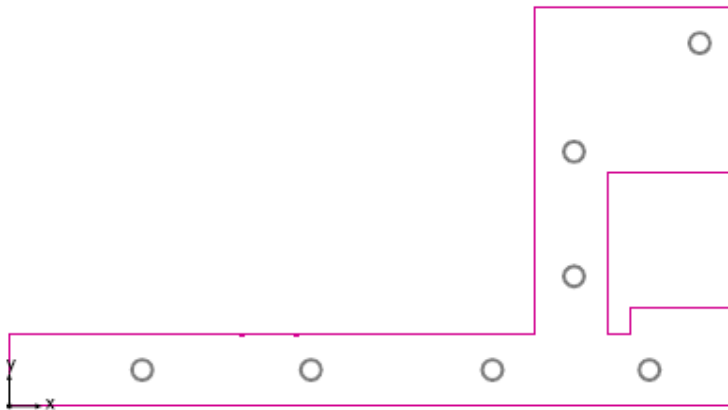




# Projeto Luminotécnico Corredor dos Pavimentos Tipo

Corredor e escadas pavimento tipo

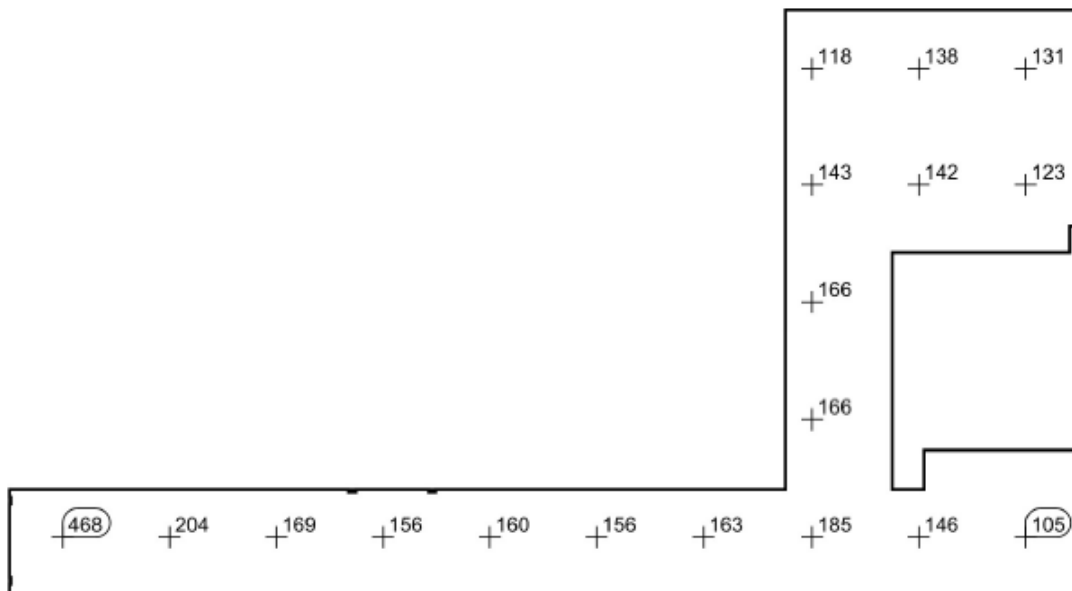
Plano de uso (Corredor pav. tipo) / Potência luminosa perpendicular (adaptivo)



Plano de uso (Corredor pav. tipo): Potência luminosa perpendicular (adaptivo) (Superfície)  
Cenário de Luz: Cenário de Luz 1  
Médio: 158 lx (Nominal:  $\geq 100$  lx), Min: 81.4 lx, Máx: 664 lx, Min/Médio: 0.52, Min/ Máx: 0.12

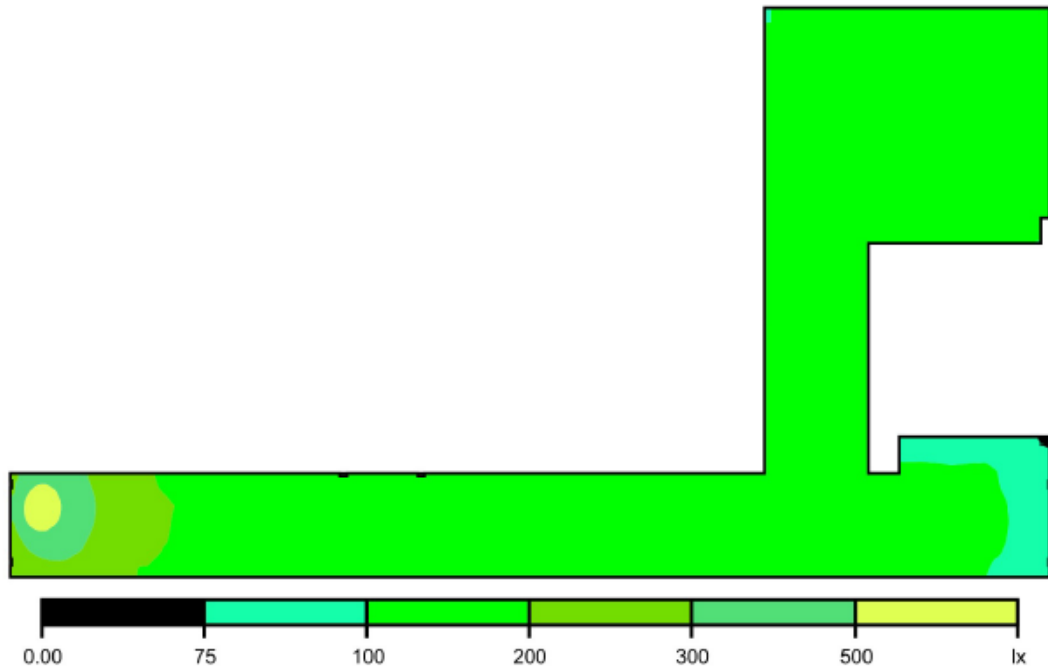
## Resultados de Iluminância em lux

Grelha de valores [lx]


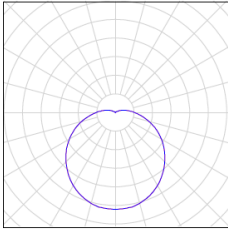


Escala: 1 : 75

Cores falsas [lx]



### Luminárias utilizadas

Quantidade	Luminária (Emissão luminosa)		
7	Philips - FGW201 2xPL-C/4P18W HF Emissão luminosa 1 Equipagem: 2xPL-C/4P18W/840 Grau de actuação operacional: 40.18% Fluxo luminoso de lâmpada: 2400 lm Fluxo luminoso da luminária: 964 lm Potência: 38.0 W Rendimento luminoso: 25.4 lm/W  Indicações colorimétricas 2xPL-C/4P18W/840: CCT 3000 K, CRI 100		

Fluxo luminoso total das lâmpadas: 16800 lm, Fluxo luminoso total das luminárias: 6748 lm, Potência total: 266.0 W, Rendimento luminoso: 25.4 lm/W

### Representação tridimensional do corredor e escadas do pavimento tipo

