



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Francisco Maerle Pinto Araújo

## **Relatório de Estágio**

Campina Grande, Paraíba

Agosto de 2018

Francisco Maerle Pinto Araújo

## **Relatório de Estágio**

*Relatório de estágio integrado submetido à  
Coordenação de Engenharia Elétrica da Uni-  
versidade Federal de Campina Grande, como  
parte dos requisitos necessários para a ob-  
tenção do grau de Bacharel em Engenharia  
Elétrica.*

Área de Concentração: Eletrotécnica

Orientador: Edgar Roosevelt Braga Filho, D. Sc

Campina Grande, Paraíba

Agosto de 2018

---

Francisco Maerle Pinto Araújo

Relatório de Estágio/ Francisco Maerle Pinto Araújo. – Campina Grande,  
Paraíba, Agosto de 2018-

113 p. : il. ; 30 cm.

Orientador: Edgar Roosevelt Braga Filho, D. Sc

Relatório de Estágio Integrado – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG,  
Agosto de 2018.

---

Francisco Maerle Pinto Araújo

## Relatório de Estágio

*Relatório de estágio integrado submetido à Coordenação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.*

Aprovado em \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

---

**Professor Avaliador**

Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

---

**Edgar Roosevelt Braga Filho, D. Sc**

Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador

Campina Grande, Paraíba  
Agosto de 2018

*Dedico este trabalho à minha mãe,  
Maristela, e ao meu pai Assis.*

# Agradecimentos

Aos meus pais Francisco de Assis e Maristela Ferreira, que tanto batalharam para que eu chegasse até aqui, dedicados no meu crescimento como pessoa. A todos os cuidados que obtive e necessidades supridas, sem eles nada disso seria possível. Também à minha irmã, Mariana Pinto, pelo apoio em tantas etapas de vida e pelas atitudes e maneira de ser que a torna uma irmã invejável. Muito obrigado!

Aos meus amigos e colegas de universidade pela parceria e todo o apoio ao longo dessa jornada.

Ao engenheiro Ricardo Amadeu por ter me dado essa oportunidade de aprendizado. À engenheira Maiara Jihane, ao engenheiro Matheus Costa e a Elenilson por todo o apoio nos momentos de dúvidas e por toda a ajuda na elaboração dos projetos. Aos colegas do escritório Amadeu, Bico, Carla, Edmilson, Rafael, Saulo, Adelson, Katya e Fernandes pelos momentos de muitas risadas juntos.

Ao meu orientador Edgar, pelos conhecimentos compartilhados e pelo exemplo de comprometimento e afincos na execução de seus trabalhos.

A Adail e Tchai, pela dedicação com que executam suas funções, pela preocupação verdadeira com o sucesso de todos os estudantes e sobretudo pelo aspecto humano com que tratam as pessoas.

*“Nós somos o que repetidamente fazemos. Excelência, então, não é um ato, mas um hábito.”*

*(Stephen Covey)*

# Resumo

Este documento, apresentado sob a forma de relatório, descreve de maneira sequencial as principais atividades desenvolvidas pelo graduando junto à empresa Amadeu Projetos e Construções Ltda., nesta cidade de Campina Grande, correspondente a estágio discente, prestado durante os meses de maio a agosto (02/05 - 27/08) do ano em curso. Com ênfase na área de eletrotécnica, os trabalhos levados a efeito na empresa foram inicialmente direcionados às tarefas de adequação e treinamento em instalações elétricas visando à capacitação do estagiário em especificação de componentes e projetos em baixa tensão, segundo o que preconiza as diretrizes da empresa, em consonância com a normalização vigente. Outrossim, e em se partindo de critérios técnicos estabelecidos para a execução de projetos dos tipos residencial, predial e de serviço, foi desenvolvida uma ampla visão do sistema elétrico configurado, para cada demanda específica, desde a interligação da subestação abaixadora à alimentação da instalação expedida, contemplando os circuitos de força e luz, bem como, suas proteção e aterramento. Por outro lado, baseado em documentação normalizada e referente a instalações elétricas de baixa e média tensão, bem como, padrões e especificações de materiais elétricos diversos e afetos àquelas instalações, foram realizados trabalhos de adequação e execução, no que concerne à norma brasileira ABNT NBR-5410/2004, como também, de especificação e projetos propriamente ditos.

**Palavras-chave:** estágio; projetos elétricos.



# Abstract

This document, presented in the form of a report, sequentially describes the main activities developed by the undergraduate at the Amadeu Projetos e Construções LLC company, in the city of Campina Grande, corresponding to an internship, provided during the months from May to August (05/02 - 08/27) of the current year. With emphasis in the area of electrotechnology, the work carried out at the company was primarily targeted to the tasks of adequacy and training in electrical installations aiming at the trainee's qualification in components specification and low voltage projects, according to what is recommended as guidelines of the company, in line with current standardization. Also, and based on established technical criteria for the execution of residential, building and service projects, it was developed a broad vision of the configured electrical system, for each specific demand, from the interconnection of the step-down substation to the expedited installation power supply, contemplating the circuits of power and light, as well as their protection and grounding. On the other hand, based on standard documentation and according to low and medium voltage electrical installations, as well as standards and specifications of several electrical materials and related to those installations, work was carried out on its adequacy and execution, regarding the Brazilian standard ABNT NBR-5410/2004, as well as such specifications and projects.

**Keywords:** internship; electrical installation projects.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Curva fotométrica de uma luminária . . . . .	23
Figura 2 – Plano de trabalho para o índice local . . . . .	24
Figura 3 – Seção mínima dos condutores . . . . .	29
Figura 4 – Fator de correção aplicáveis a condutores agrupados . . . . .	30
Figura 5 – Elementos componentes da entrada de serviço de fornecimento em baixa tensão . . . . .	40
Figura 6 – Perdas de carga localizada. Equivalência em metros de tubulação de PVC rígido . . . . .	44
Figura 7 – Ábaco para cálculo de perda de carga em tubulações de PVC rígido . . . . .	45
Figura 8 – Elos-fusíveis para transformadores trifásicos . . . . .	48
Figura 9 – Fornecimento trifásico em média tensão com medição na baixa tensão . . . . .	49
Figura 10 – Planta baixa da residência . . . . .	53
Figura 11 – Planta baixa com pontos de iluminação, tomadas e quadros da residência . . . . .	54
Figura 12 – Instalação elétrica de um quarto da residência . . . . .	55
Figura 13 – Passagem de condutores e eletrodutos da instalação . . . . .	55
Figura 14 – QD do projeto residencial . . . . .	57
Figura 15 – Alimentação do QD e aterramento . . . . .	58
Figura 16 – Detalhe do quadro de medição . . . . .	59
Figura 17 – Planta baixa do condomínio residencial . . . . .	60
Figura 18 – Planta baixa do pavimento de um dos bloco do condomínio . . . . .	61
Figura 19 – Planta baixa de um dos apartamentos de um dos blocos do condomínio . . . . .	61
Figura 20 – Pontos de iluminação e tomadas em um dos apartamentos de um dos blocos do condomínio . . . . .	63
Figura 21 – Passagem de condutores e eletrodutos da instalação . . . . .	64
Figura 22 – Sensores de presença na área comum para iluminação . . . . .	64
Figura 23 – Localização e dimensão do reservatório inferior . . . . .	66
Figura 24 – Sistema de recalque típico . . . . .	67
Figura 25 – Localização e altura do reservatório superior . . . . .	68
Figura 26 – Escolha da bomba a partir da altura manométrica e vazão . . . . .	68
Figura 27 – Quadro de distribuição dos apartamentos . . . . .	69
Figura 28 – Quadro de distribuição do bloco A e B . . . . .	69
Figura 29 – Quadro de distribuição da guarita . . . . .	69
Figura 30 – Quadro de distribuição dos portões . . . . .	70
Figura 31 – Quadro de distribuição geral do condomínio . . . . .	70
Figura 32 – Demanda por área para apartamentos residenciais . . . . .	71
Figura 33 – Quadro de medição 01 do condomínio . . . . .	74

Figura 34 – Especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor por tarefas e atividades . . . . .	76
Figura 35 – Holofote modular Zeus 100W Tecnologia LED SMD . . . . .	76
Figura 36 – Dimensões do galpão da DIVCOM . . . . .	77
Figura 37 – Tabela de fator de utilização para refletores suspensos em teto . . . . .	77
Figura 38 – Pontos de luz distribuídos no galpão da DIVCOM . . . . .	78
Figura 39 – Eletrocalhas e perfilado para suspensão e passagem de circuito das luminárias . . . . .	78
Figura 40 – Quadro de cargas geral, QGBT . . . . .	79
Figura 41 – Quadro de iluminação do galpão, QDL . . . . .	80
Figura 42 – Quadro de força do galpão, QDT . . . . .	80
Figura 43 – Quadro de cargas do pavimento térreo da administração . . . . .	80
Figura 44 – Quadro de cargas do pavimento superior da administração . . . . .	81
Figura 45 – Quadro de cargas geral dos equipamentos de condicionamento de ar, QGAr . . . . .	81
Figura 46 – Seis quadros que alimentam condensadores e evaporadores, QFAr 01-06 . . . . .	81
Figura 47 – Sétimo quadro que alimenta um condensador e um evaporador, QFAr 07 . . . . .	81
Figura 48 – Quadro de cargas dos equipamentos das cortinas de ar . . . . .	82
Figura 49 – Localização do trafo da Energisa e SE da Divcom . . . . .	83
Figura 50 – Ramal de ligação e entrada . . . . .	84
Figura 51 – Destaque do ramal de ligação e entrada no diagrama unifilar . . . . .	85
Figura 52 – Aterramento da entrada de energia . . . . .	85
Figura 53 – Diagrama unifilar elétrico com datalhes do inter travamento . . . . .	86
Figura 54 – Grupo gerador modelo CD300D6 Cummins Power Generation . . . . .	87

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Valor de reflexão da superfície . . . . .	24
Tabela 2 – Fator de perdas luminosas de luminárias . . . . .	25
Tabela 3 – Área de seção dos condutores neutro . . . . .	28
Tabela 4 – Área de seção dos condutores de proteção . . . . .	28
Tabela 5 – Diâmetro e área de seção dos cabos condutores . . . . .	32
Tabela 6 – Estimativa de consumo diário de água . . . . .	42
Tabela 7 – Diâmetro mínimos das tubulações . . . . .	43
Tabela 8 – Condutores e proteção normalmente utilizados na empresa . . . . .	56
Tabela 9 – Dimensões das dependências dos apartamentos . . . . .	62

# Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas e Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
BT	Baixa tensão
CAD	Computer Aided Design
CIE	Comissão Internacional de Eletrotécnica
DR	Disjuntor diferencial residual
ISO	International Organization for Standardization
MT	Média tensão
NBR	Norma brasileira
NR	Norma regulamentadora

# Lista de símbolos

A	Ampere
cv	Cavalo-vapor
mca	Metro de coluna d'água
N	Newton
$\rho$	Resistividade do material condutor
V	Volt
VA	Volt-Ampere
W	Watt

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>A EMPRESA</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>Softwares utilizados</b>	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>Definições</b>	<b>19</b>
<b>3.3</b>	<b>Instalações elétricas de baixa tensão</b>	<b>20</b>
3.3.1	Iluminação de interiores	20
3.3.1.1	Tipos de lâmpadas e luminárias	21
3.3.1.2	Método dos lúmens	23
3.3.1.3	Iluminação de Emergência	25
3.3.2	Pontos de tomada	25
3.3.3	Divisão dos circuitos de uma instalação	26
3.3.4	Dimensionamento dos condutores elétricos	27
3.3.4.1	Critério da seção mínima	29
3.3.4.2	Critério da capacidade de condução de corrente	29
3.3.4.3	Critério do limite de queda de tensão	30
3.3.5	Dimensionamento de eletrodutos	31
3.3.6	Sistemas de aterramento	32
3.3.7	Dimensionamento de proteção	33
3.3.7.1	Proteção contra correntes de sobrecarga	33
3.3.7.2	Proteção contra correntes de curto-circuito	34
3.3.7.3	Proteção contra sobretensões	35
3.3.7.4	Proteção contra choques elétricos	36
<b>3.4</b>	<b>Normas de Distribuição Unificada</b>	<b>36</b>
3.4.1	Cálculo de demanda	37
3.4.2	Entrada de energia elétrica	39
3.4.2.1	Ponto de entrega de energia	40
3.4.2.2	Ramal de ligação ou derivação	40
3.4.2.3	Ramal de entrada	40
3.4.2.4	Ramal interno ou de saída	41
<b>3.5</b>	<b>Especificação de motores para um sistema de recalque</b>	<b>41</b>
3.5.1	Especificação	42
<b>3.6</b>	<b>Projeto de subestações</b>	<b>46</b>
3.6.1	Equipamentos da subestação	47

3.6.1.1	Para-raios . . . . .	47
3.6.1.2	Chaves fusíveis . . . . .	48
3.6.1.3	Transformador . . . . .	48
3.6.1.4	Disjuntores . . . . .	49
3.6.1.5	Medição de energia . . . . .	49
3.6.1.6	Sistema de aterramento . . . . .	50
<b>3.7</b>	<b>Unidade de geração para emergência . . . . .</b>	<b>51</b>
<b>4</b>	<b>PARTES COMPONENTES DE UM PROJETO . . . . .</b>	<b>52</b>
<b>5</b>	<b>PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL . . . . .</b>	<b>53</b>
<b>5.1</b>	<b>Quadros e circuitos . . . . .</b>	<b>53</b>
<b>5.2</b>	<b>Cálculo de demanda . . . . .</b>	<b>57</b>
<b>5.3</b>	<b>Entrada e medição de energia . . . . .</b>	<b>58</b>
<b>6</b>	<b>PROJETO ELÉTRICO PREDIAL . . . . .</b>	<b>60</b>
<b>6.1</b>	<b>Quadros e circuitos . . . . .</b>	<b>62</b>
<b>6.2</b>	<b>Cálculo de demanda . . . . .</b>	<b>71</b>
6.2.1	Quadro de distribuição geral . . . . .	71
6.2.2	Quadro de medição 01 . . . . .	72
6.2.3	Quadros de medição 02, 03 e 04 . . . . .	73
6.2.4	Quadros de distribuição individual dos apartamentos . . . . .	73
<b>6.3</b>	<b>Entrada e medição de energia . . . . .</b>	<b>73</b>
<b>7</b>	<b>PROJETO ELÉTRICO COMERCIAL . . . . .</b>	<b>75</b>
<b>7.1</b>	<b>Projeto luminotécnico . . . . .</b>	<b>75</b>
<b>7.2</b>	<b>Quadros e circuitos . . . . .</b>	<b>79</b>
<b>7.3</b>	<b>Cálculo de demanda . . . . .</b>	<b>82</b>
<b>7.4</b>	<b>Entrada e medição de energia . . . . .</b>	<b>83</b>
<b>7.5</b>	<b>Geração . . . . .</b>	<b>86</b>
<b>7.6</b>	<b>Características técnicas do grupo gerador . . . . .</b>	<b>87</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO . . . . .</b>	<b>88</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>90</b>
	<b>APÊNDICE A – PLANTA DO PROJETO RESIDENCIAL . . . . .</b>	<b>92</b>
	<b>APÊNDICE B – PLANTAS DO PROJETO PREDIAL . . . . .</b>	<b>93</b>
	<b>APÊNDICE C – PLANTAS DO PROJETO COMERCIAL . . . . .</b>	<b>99</b>



ANEXO A – ESPECIFICAÇÃO DAS CATEGORIAS DE ATENDIMENTO . . . . .	106
ANEXO B – CARACTERÍSTICAS E DEMANDA DE MOTORES TRIFÁSICOS . . . . .	107
ANEXO C – FATORES DE DEMANDA EM FUNÇÃO DE APARTAMENTOS RESIDENCIAIS DA EDIFICAÇÃO . . . . .	108
ANEXO D – FATORES DE DEMANDA PARA ILUMINAÇÃO E PEQUENOS APARELHOS . . . . .	109
ANEXO E – CARACTERÍSTICAS E DEMANDA DE MOTORES MONOFÁSICOS . . . . .	110
ANEXO F – ESPECIFICAÇÃO DE ENTRADA DE SERVIÇO DE EDIFICAÇÃO DE MÚLTIPLAS UNIDADES CONSUMIDORAS . . . . .	111
ANEXO G – CONSUMO DE COMBUSTÍVEL E DIMENSÕES DO GRUPO GERADOR CD300D6 . . . . .	112
ANEXO H – DADOS TÉCNICOS DO GRUPO GERADOR CD300D6	113

# 1 Introdução

Este trabalho tem como objetivo principal expor as atividades desenvolvidas na disciplina Estágio Integrado. A disciplina de Estágio Integrado faz parte da grade curricular do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande. O Estágio teve uma carga horária de 674 horas que foi cumprida no período de 2 de Abril a 27 de Agosto de 2018. O estágio foi realizado na empresa Amadeu Projetos e Construções Ltda., situada na Av. Dom Pedro II, 900, em Campina Grande, Paraíba.

Seguindo as normas prescritas da ABNT e da concessionária de energia elétrica, foram elaborados projetos de instalações elétricas residenciais, prediais e comerciais, os quais incluíram o planejamento de pontos de luz e tomada necessários a cada ambiente, a divisão de circuitos, levantamento da carga instalada juntamente com a elaboração dos respectivos quadros de carga, dimensionamento dos quadros de medição e entrada de energia.

A organização do trabalho será feita da seguinte forma: No Capítulo 2 será apresentada uma descrição da empresa Amadeu Projetos e Construções Ltda., passando pelo aspecto histórico bem como o trabalho realizado pela mesma. No Capítulo 3 será apresentada a teoria necessária para a realização das atividades do estágio, apresentando assim, as definições, os softwares utilizados, as normas regulamentadoras e as etapas para a elaboração de projetos. O Capítulo 4 descreve brevemente quais são as partes componentes de um projeto necessárias para a sua aprovação e realização. Do capítulo 5 a diante são descritos os projetos realizados durante o estágio, seus detalhes e especificidades: projeto elétrico residencial (Capítulo 5), predial (Capítulo 6) e comercial (Capítulo 7). Por fim, serão apresentadas as conclusões contendo um breve resumo comentando sobre o que foi desenvolvido e a experiência adquirida.

## 2 A Empresa

A empresa AMADEU PROJETOS E CONSTRUÇÕES Ltda. foi fundada em 10 de setembro de 1996 pelo engenheiro eletricitista Ricardo Amadeu Costa Aranha. A AMADEU é localizada na cidade de Campina Grande, Paraíba, e é composta por uma equipe técnica formada por engenheiros eletricitistas e civis, arquitetos, estagiários, desenhistas especializados na ferramenta AutoCAD e auxiliares administrativos.

Desde sua concepção, o núcleo de engenharia elétrica da empresa vem atuando na área de projetos elétricos de instalações residenciais, prediais, comerciais, industriais, laudos técnicos de aterramento e de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, dentre outros empreendimentos nos ramos de baixa, média e alta tensão.

As etapas de trabalho na empresa são divididas conforme a necessidade dos clientes para entrega dos projetos. O fluxo se inicia no recebimento do projeto arquitetônico da edificação. Informações complementares e plantas de situação também são repassadas e os projetos complementares como o hidráulico e contra incêndio são observados para facilitar o trabalho do engenheiro eletricitista. A partir daí, os projetos elétricos são desenvolvidos seguindo a ordem de elaboração das plantas com os esquemas elétricos. Correções e ajustes são realizados se necessário. Os estágios são finalizados de forma que se complementem e forneçam o produto final ao cliente em forma de Memorial Descritivo, com as informações do projeto de uma forma geral, pranchas de desenho, com as especificações físicas, e as anotações de responsabilidade técnica de natureza legal.

A gama de clientes do escritório abrange pessoas físicas e jurídicas, dos setores públicos e privados.

Com relação aos fornecedores de materiais elétricos aplicados aos projetos, visando um perfeito equilíbrio entre qualidade e preço, de modo a satisfazer plenamente ao cliente final, tem-se os seguintes: Disjuntores SIEMENS ou PIAL, Lâmpadas e Luminárias PHILIPS, ITAIM e ALMEC, Fios e cabos FICAP, CORDEIRO ou PRYSMIAN, Transformadores COMTRAFO, Eletrodutos KANAFLEX e Barramentos e equipamentos elétricos BEGHIM.

## 3 Fundamentação Teórica

Neste capítulo será apresentada a teoria base para a elaboração de projetos no estágio.

### 3.1 Softwares utilizados

Para o desenvolvimento das atividades de Estágio foram utilizados os softwares da Microsoft (Word e Excel) e o AutoCAD, que é o software gráfico mais utilizado no desenvolvimento de desenhos e projetos nas áreas da engenharia, arquitetura, design, desenho industrial e comunicação visual.

O AutoCAD possui comandos e ambientes para a representação gráfica com elevado grau de precisão, além de recursos visuais estáticos e dinâmicos que possibilitam o controle do processo de desenvolvimento. No caso do Estágio aqui descrito, o AutoCAD foi utilizado na confecção de plantas, quadros de carga, diagramas unifilares, etc.

### 3.2 Definições

As instalações elétricas podem ser classificadas quanto à sua tensão nominal  $U_N$ , utilizada para designar a instalação, como:

- Extra baixa tensão, com  $U_N \leq 50V$  em corrente alternada, ou com  $U_N \leq 120V$  em corrente contínua.
- Baixa tensão (BT), com  $U_N \leq 1000V$  em corrente alternada, ou com  $U_N \leq 1500V$  em corrente contínua, sendo tratadas de acordo com a NBR-5410/2004;
- Média tensão (MT), com  $36,2kV > U_N > 1kV$  em corrente alternada ou com  $U_N > 1,5kV$  em corrente contínua, sendo tratadas de acordo com a NBR-14039/2003;

A seguir serão listadas algumas definições para auxiliar o entendimento das próximas seções (ENERGISA, 2017a):

- Concessionária ou Permissionária: agente titular de concessão ou permissão Federal para prestar o serviço público de energia elétrica;
- Carga instalada: expressa em kW, representa a soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora que estão em condições de entrar em funcionamento;

- Demanda: em um intervalo de tempo especificado, corresponde à média das potências elétricas solicitadas ao sistema elétrico pela parcela de carga instalada em operação na unidade de consumo;
- Demanda contratada: a demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela Concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados no contrato de fornecimento e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW);
- Prumada ou alimentador principal: constituído pelos condutores, eletrodutos e acessórios, instalados a partir da proteção geral ou do quadro de distribuição geral (QDG), é a continuação do ramal de entrada;

### 3.3 Instalações elétricas de baixa tensão

A norma brasileira de instalações elétricas de baixa tensão, mais conhecida como NBR-5410/2004, estabelece condições mínimas (e obrigatórias) necessárias para o correto funcionamento das instalações, garantindo a segurança de pessoas e animais. Desde sua edição de 1980 que esta norma descrita baseia-se na IEC 60364. A edição mais recente (e tratada neste trabalho) da norma brasileira é do ano de 2004.

#### 3.3.1 Iluminação de interiores

Uma boa iluminação propicia a visualização do ambiente, permitindo que as pessoas vejam, se movam com segurança e desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, precisa e segura, sem causar fadiga visual e desconforto. A iluminação pode ser natural, artificial ou uma combinação de ambas.

As grandezas fundamentais, baseadas nas definições apresentadas pela ABNT são:

- Intensidade luminosa – candela (cd): propagação da luz em uma dada direção dentro de um ângulo sólido unitário;
- Fluxo luminoso – lúmen (lm): radiação total da fonte luminosa ou a quantidade de luz emitida em todas as direções por uma fonte de luz;
- Iluminância – lux (lx): densidade de fluxo luminoso na superfície sobre a qual este incide.
- Luminância –  $cd/m^2$  ou nit: medida física de brilho de uma superfície, através do qual os seres humanos enxergam.

- Eficiência Luminosa – lm/W
- Índice de Ofuscamento Unificado (UGR)
- Índice Geral de Reprodução de Cor ( $R_a$ )

Na Norma ISO CIE 8995-1/13 foi levado em consideração não apenas a iluminância, mas também o limite referente ao desconforto por ofuscamento e o índice de reprodução de cor mínimo da fonte, para especificar os vários locais de trabalho e tipos de tarefas. Os valores recomendados são considerados, a fim de representar um balanço razoável, respeitando os requisitos de segurança, saúde e um desempenho eficiente do trabalho. (ABNT, 2013)

Cada aparelho de utilização consome uma carga específica em watts ou VA que o projetista precisa conhecer. A carga a considerar para um equipamento de utilização é a sua potência nominal absorvida, dada pelo fabricante ou calculada a partir da tensão nominal, da corrente nominal e do fator de potência. Nos casos em que for dada a potência nominal fornecida pelo equipamento, e não a potência absorvida, devem ser considerados o rendimento e o fator de potência. (ABNT, 2004)

Na determinação de quantidade de pontos e carga mínima de iluminação exigida pela norma, adotam-se os seguintes critérios:

- Em cada cômodo ou dependência de unidades residenciais e similares, com área igual ou inferior a  $6 m^2$ , deverá ser previsto pelo menos um ponto de luz, fixo no teto, com potência mínima de 100 VA;
- Para cômodo ou dependência com área superior a  $6 m^2$  deverá ser prevista uma carga de 100 VA para os primeiros  $6 m^2$ , acrescida de 60 VA para cada aumento de  $4 m^2$  inteiros.

Em áreas onde um trabalho contínuo é realizado, a iluminância mantida não pode ser inferior a 200 lux. (ABNT, 2004)

### 3.3.1.1 Tipos de lâmpadas e luminárias

Entre as lâmpadas mais utilizadas em projetos elétricos, pode-se citar cinco tipos:

- incandescentes: lâmpadas tradicionais, as quais estão sendo substituídas pelos altos consumo e custo, muito embora sejam são ótimas para conferir aconchego a um ambiente, já que possuem luz amarelada e emitem calor. Estas têm uma vida útil, em média, de 1 ano ou 1000 horas;

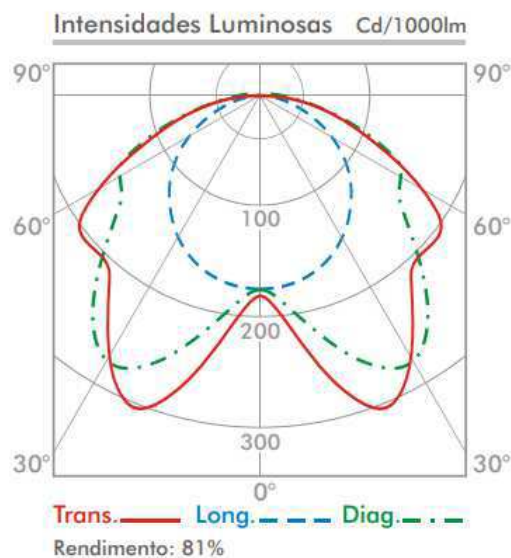
- halógenas: tipo de lâmpada incandescente, mais eficiente, econômica e de maior durabilidade. São bastante usadas em projetos de decoração, pois proporcionam uma luz focada e direcionada, permitindo dessa forma que um objeto ou um espaço específico seja valorizado. Estima-se que durem de 2000 a 5000 horas;
- fluorescentes: lâmpada de descarga, de maior eficiência por emitir mais energia eletromagnética em forma de luz do que calor. Possuem várias formas e tamanhos e são largamente empregadas em indústrias, comércios e residências. Sua vida útil situa-se entre 6000 a 8000 horas;
- lâmpadas de descarga em alta pressão: lâmpadas com altíssima eficiência energética, excelente reprodução de cor, longa durabilidade e baixa carga térmica. Sua luz é muito branca e brilhante. Entre as maiores vantagens estão a vida útil extremamente longa (3000 a 35000 horas) e a grande qualidade da luz produzida, entre as desvantagens a principal é o preço extremamente alto e a necessidade de ser conectada por reatores que possuem um peso considerável. Seu uso é indicado para lugares onde objetos e produtos são expostos, como vitrines e interiores de grandes lojas; e onde o brilho e a vida longa são importantes, como fábricas, estádios e iluminação de ruas;
- led: apesar dos preços mais altos no mercado, são as mais econômicas nos quesitos aproveitamento e duração, consumo energético e baixa emissão de calor. Uma lâmpada LED pode durar de 25.000 a 50.000 horas. Como principal desvantagem está o fato de que possuem ângulo de abertura menor, podendo ser um ponto negativo se a ideia é iluminar um ambiente amplo.

As lâmpadas fornecem a energia luminosa por meio das luminárias, que são os seus sustentáculos, através de quais se obtêm melhor distribuição luminosa, melhor proteção contra as intempéries, dissipam calor indesejável, permitem ligação à rede, proporcionam aspecto visual agradável e estético, além de permitir facilidade de manutenção.

Sendo assim, a escolha da luminária depende de diversos fatores, tais como: econômicos, decorativos, manutenção e objetivo da instalação (comercial, industrial, domiciliar, etc.), tornando indispensável a consulta de catálogos dos fabricantes. Existem vários tipos de luminárias, podendo ser luminárias embutidas, de sobrepor, pendentes, arandelas, projetoras, spots, etc.

A especificação da luminária é referente ao desempenho fotométrico e costuma ser dada em duas medidas: o fluxo luminoso (lm) e a distribuição de intensidade luminosa (cd). Os fabricantes de luminárias fornecem as informações fotométricas para cada modelo de luminária, considerando que as mesmas estão novas e limpas. Na Figura 1 é mostrado como geralmente os fabricantes de luminárias disponibilizam os dados fotométricos.

Figura 1 – Curva fotométrica de uma luminária.



Fonte: Catálogo de Luminárias ITAIM.

As curvas, como podem ser observadas na Figura 1, representam a forma como a luz é distribuída pela luminária e também a intensidade luminosa em um plano transversal (vermelho) e longitudinal (azul). A intensidade luminosa é representada por um diagrama polar, candela por 1000 lúmens do fluxo nominal da lâmpada. Já o rendimento é razão do fluxo luminoso emitido pela luminária e o fluxo luminoso total da(s) lâmpada(s).

Pode-se determinar o número de luminárias necessárias para produzir determinado iluminamento das seguintes maneiras (CREDER, 2007):

- Pela carga mínima exigida por normas;
- Pelo método dos lúmens;
- Pelo método das cavidades zonais;
- Pelo método do ponto a ponto.

Na AMADEU PROJETOS E CONSTRUÇÕES, utiliza-se o método dos lúmens para o cálculo de iluminação.

### 3.3.1.2 Método dos lúmens

O método dos lúmens é baseado na determinação do fluxo luminoso para se obter um iluminamento médio desejado no plano de trabalho. Isto é feito determinando-se a iluminância adequada ao ambiente de acordo com a NBR ISO/CIE 8995-1.

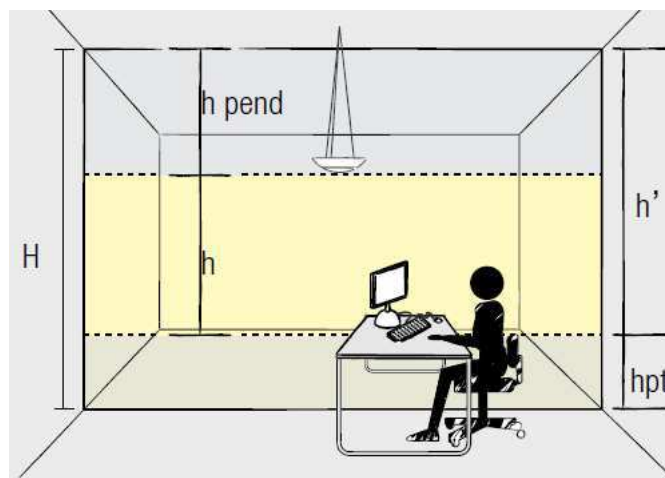


Depois de conhecida a iluminância total do ambiente e determinada a luminária que será utilizada, determina-se o índice  $k$ , que relaciona as dimensões do recinto com o tipo de iluminação.

$$k = \frac{c \cdot l}{h(c + l)}$$

onde  $c$  é o comprimento do local,  $l$  a largura do local e  $h$  a distância entre a montagem da luminária o plano de trabalho, como pode-se ver na Figura 2.

Figura 2 – Plano de trabalho para o índice local.



Fonte: <http://docplayer.com.br/docs-images/32/15432906/images/44-0.png>, 2018.

Deve-se ainda observar a reflexão das superfícies do teto, paredes e piso (Tabela 1). A partir dessa combinação de índices (teto, parede e piso) se verifica o coeficiente de utilização que deve ser apresentado nos catálogos de apresentação das luminárias.

Tabela 1 – Valor de reflexão da superfície.

Superfície	Refletância
Muita clara	70%
Clara	50%
Média	30%
Escura	10%
Preta	0%

Fonte: (FILHO, 2013).

A partir dos valores encontrados acima, determina-se o número de luminárias que deve ser utilizada no ambiente, a partir da equação abaixo:

$$n = \frac{E \cdot A}{N \cdot \phi \cdot u \cdot FPL}$$

onde,  $E$  é nível de iluminamento em lx,  $A$  é área do recinto em  $m^2$ ,  $N$  é o número de lâmpadas presentes na luminária,  $\phi$  é fluxo luminoso da lâmpada em lm,  $u$  é o coeficiente de utilização e FPL é fator de perdas luminosas que está relacionado com a depreciação da luminária, Tabela 2.

Tabela 2 – Fator de perdas luminosas de luminárias.

Tipo de aparelho	$F_{dl}$
Aparelhos para embutir lâmpadas incandescentes Aparelhos para embutir lâmpadas refletoras	0,85
Calha aberta e chanfrada Refletor industrial para lâmpadas incandescentes	0,80
Luminária comercial Luminária ampla utilizada em linhas contínuas	0,75
Refletor parabólico para 2 lâmpadas incandescentes Refletor industrial para lâmpada VM Aparelho para lâmpada incandescente para iluminação indireta Luminária industrial tipo Miller Luminária com difusor de acrílico Globo de vidro fechado para lâmpada incandescente	0,70
Refletor com difusor plástico Luminária comercial para lâmpada high output com colmeia Luminária para lâmpada fluorescente para iluminação indireta	0,60

Fonte: (FILHO, 2013).

Recomenda-se que o arredondamento da quantidade de luminárias calculada seja sempre para mais, não havendo assim, prejuízo no nível de iluminância desejada. Conhecido o número total de luminárias, deve-se, então, distribuí-las uniformemente e que o espaçamento entre si seja equivalente ao dobro do espaçamento entre estas e as paredes laterais.

### 3.3.1.3 Iluminação de Emergência

A iluminação de emergência é imprescindível naqueles ambientes em que a falta de iluminação possa ocasionar riscos de acidentes ou perturbações de deslocamento. As áreas mais importantes, de um modo geral, são: corredores, salas de reuniões, salas de máquinas e saídas de emergências. Os níveis mínimos de iluminamento para não ultrapassam o valor de 50 lux.

### 3.3.2 Pontos de tomada

O número de pontos de tomada de uso geral, em unidades residenciais e similares, deve ser fixado de acordo com os seguintes critérios (ABNT, 2004):

- Em banheiros, pelo menos um ponto de tomada junto ao lavatório;
- Em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo um ponto de tomada para cada 3,5 m, ou fração de perímetro;
- Em subsolos, garagens, sótão, halls de escadarias e em varandas, salas de manutenção de equipamentos, tais como casa de máquinas, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada;
- Nos demais cômodos ou dependências, se a área for inferior a  $6 m^2$ , pelo menos um ponto de tomada; se a área for maior que  $6 m^2$ , pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração de perímetro, espaçados uniformemente.

Assim, em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, deverão ser previsto ao menos 600 VA por ponto de tomada, até três pontos de tomada, e 100 VA por ponto de tomada, para os excedentes, considerando cada um desses ambientes separadamente. Para os demais cômodos ou dependências deve ser previsto, no mínimo, 100 VA por ponto de tomada.

Os pontos de tomadas de uso específico são instalados para equipamentos cuja corrente nominal seja superior a 10 A. Deverá ser atribuída uma potência igual a potência nominal do equipamento a ser alimentado e devem ser instalados a no máximo 1,5 m do local previsto para o mesmo.

Toda a instalação deve ser dividida em vários circuitos, considerando os aspectos de ordem construtiva e de manutenção, com o objetivo de tornar o sistema flexível em sua execução e eficiente em sua operação. Os circuitos de iluminação devem ser separados dos circuitos de tomadas e cada circuito deverá ter seu próprio condutor neutro. (ABNT, 2004)

### 3.3.3 Divisão dos circuitos de uma instalação

Chama-se de circuito o conjunto de pontos de consumo, alimentados pelos mesmos condutores e ligados ao mesmo dispositivo de proteção (chave ou disjuntor).

Toda a instalação deve ser dividida em vários circuitos, de modo a limitar as consequências de uma falta, a qual provocará apenas seccionamento do circuito defeituoso, e facilitar as verificações, os ensaios e a manutenção.

Os circuitos de iluminação devem ser separados dos circuitos de tomadas. Em unidades residenciais, hotéis, motéis ou similares são permitidos pontos de iluminação e tomadas em um mesmo circuito, exceto nas cozinhas, copas e áreas de serviço, que devem constituir um ou mais circuitos independentes. (CREDER, 2007)

Devem ser observadas as seguintes restrições em unidades residenciais, hotéis, motéis ou similares (ABNT, 2004):

- Circuitos independentes devem ser previstos para os aparelhos de potência igual ou superior a 1500 VA ou aparelhos de ar-condicionado, sendo permitida a alimentação de mais de um aparelho do mesmo tipo através de um só circuito;
- As proteções dos circuitos de aquecimento ou condicionamento de ar de uma residência podem ser agrupadas no quadro de distribuição da instalação elétrica geral ou num quadro separado;
- Quando um mesmo alimentador abastece vários aparelhos individuais de ar-condicionado, deve haver uma proteção para o alimentador geral e uma proteção junto a cada aparelho, caso este não possua proteção interna própria.

Em lojas, residências e escritórios, os circuitos de distribuição devem obedecer às seguintes prescrições mínimas:

- Residências: 1 circuito para cada 60  $m^2$  ou fração;
- Lojas e escritórios: 1 circuito para cada 50  $m^2$  ou fração.

### 3.3.4 Dimensionamento dos condutores elétricos

Dimensionar a seção mínima dos condutores de um circuito elétrico é uma forma a garantir que os mesmos suportem satisfatoriamente e simultaneamente as condições de limite de temperatura, determinado pela capacidade de condução de corrente, limite de queda de tensão, capacidade dos dispositivos de proteção contra sobrecargas e capacidade de condução da corrente de curto-circuito por tempo limitado.

Os condutores utilizados nas instalações residenciais, comerciais ou industriais de baixa tensão poderão ser de cobre ou de alumínio, com isolamento de PVC (cloreto de polivinil) ou de outros materiais previstos por normas, como XLPE (polietileno reticulado) ou EPR (Borracha etileno-propileno).

A seção dos condutores deve ser determinada de forma a que sejam atendidos, no mínimo, todos os seguintes critérios:

- a capacidade de condução de corrente dos condutores deve ser igual ou superior à corrente de projeto do circuito, incluindo as componentes harmônicas, afetada dos fatores de correção aplicáveis;
- os limites de queda de tensão;

- as seções mínimas;

A fim de serem facilitadas às interligações dos vários circuitos, deverão ser utilizados condutores coloridos, conforme código de cores a seguir.

Terra	Verde
Neutro	Azul Claro
Fase Iluminação	Preto
Fase Tomadas	Vermelho
Retorno	Amarelo

Em circuitos trifásicos presumidos equilibrados em serviço normal, com taxa de terceira harmônica inferior a 15% e com condutor neutro protegido contra sobre correntes, podemos utilizar a Tabela 3 para dimensionamento do neutro.

Tabela 3 – Área de seção dos condutores neutro.

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

Fonte: (ABNT, 2004).

Em circuitos terminais, o condutor de proteção liga as massas dos equipamentos de utilização ou o terminal terra das tomadas de corrente ao terminal de aterramento do quadro de distribuição. O dimensionamento do condutor de proteção deve atender a requisitos elétricos e mecânicos. Para condutores de proteção do mesmo material dos condutores de fase, na Tabela 4, é definida a seção mínima do condutor.

Tabela 4 – Área de seção dos condutores de proteção.

Seção dos condutores de fase S $mm^2$	Seção mínima do condutor de proteção $mm^2$
$S \leq 16$	S
$16 \leq S \leq 35$	16
$S \geq 35$	S/2

Fonte: (ABNT, 2004).

### 3.3.4.1 Critério da seção mínima

A NBR 5410/2004 estabelece uma seção mínima para os condutores, dependendo do tipo de circuito e do material do condutor, conforme a Figura 3.

Figura 3 – 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 dadas 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: (ABNT, 2004).

### 3.3.4.2 Critério da capacidade de condução de corrente

O critério da capacidade de condução de corrente tem por objetivo garantir condições satisfatórias de operação aos condutores e às suas isolações, submetidos aos efeitos térmicos produzidos pela circulação de corrente elétrica.

A maneira segundo a qual os condutores estarão instalados (em eletrodutos embutidos ou aparentes, em canaletas ou bandejas, subterrâneos, etc) influenciará na capacidade de troca térmica entre os condutores e o ambiente, e em consequência, na capacidade de condução e corrente elétrica dos mesmos.

A Tabela 33 da NBR-5410/2004 define as diversas maneiras de instalar, codificando-as conforme uma letra e um número.

Alguns fatores devem ser considerados e adicionados ao cálculo da corrente. Os mais utilizados são o fator de correção de temperatura e fator de correção para agrupamentos de circuitos ou cabos multipolares, que podem ser observados, respectivamente, nas Tabelas 40 e 42 (Figura 4) da NBR-5410/2004.

Figura 4 – Fator de correção aplicáveis a condutores agrupados.

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				

Fonte: (ABNT, 2004).

A aplicação de tais fatores é feita através da seguinte equação:

$$I_{dim} = \frac{I_n}{f_{et} \times f_a}$$

Sendo  $I_n$  a corrente nominal do circuito,  $f_{et}$  o fator de correção para temperaturas diferentes de 30°C e  $f_a$  o fator de agrupamento (utilizado em circuitos cujo eletroduto possui mais de um circuito).

Após calculado o valor de  $I_{dim}$ , a seção nominal é escolhida através das Tabelas 36, 37, 38 ou 39 da NBR-5410/2004 (conforme tipo de isolamento e métodos de referência escolhido).

### 3.3.4.3 Critério do limite de queda de tensão

Durante o percurso entre o quadro geral ou a subestação até o ponto de utilização de um circuito terminal, ocorre uma queda de tensão devido às resistências dos condutores e equipamentos. Desse modo, é necessário que os condutores sejam dimensionados de tal maneira que limitem a queda de tensão aos valores estabelecidos pela norma NBR-5410/2004, dados em relação ao valor da tensão nominal da instalação:

- 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s);
- 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado;
- 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição;

- 7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio;
- 4%, circuitos terminais.

A seção mínima de um condutor para um circuito monofásico pode ser determinada pela queda de tensão, de modo simplificado, a partir da seguinte equação:

$$S_c = \frac{200\rho \sum(L_c I_c)}{\Delta V_c V_{fn}}$$

onde  $\rho$  é a resistividade do material condutor (cobre:  $1/56 \Omega \cdot mm^2/m$ ),  $L_c$  é o comprimento do circuito em metros,  $I_c$  a corrente total do circuito em A,  $\Delta V_c$  a queda de tensão máxima admitida em % e  $V_{fn}$  a tensão entre fase e neutro em V.

De mesmo modo, a seção mínima de um condutor para um circuito trifásico pode ser determinada pela queda de tensão, de modo simplificado, a partir da seguinte equação:

$$S_c = \frac{100\sqrt{3}\rho \sum(L_c I_c)}{\Delta V_c V_{ff}}$$

onde  $V_{ff}$  é a tensão entre fases em V. (FILHO, 2013)

Apesar de os cálculos serem aproximados, haja vista desconsiderar as reatâncias dos condutores e as perdas no circuito, esses cálculos são muito próximos e dão noção muito boa da queda de tensão real.

### 3.3.5 Dimensionamento de eletrodutos

Os eletrodutos são os componentes de uma instalação elétrica que têm as funções de propiciar aos condutores proteção mecânica; proteção contra ataques do meio ambiente, sobretudo contra corrosão ou ataques químicos oriundos de ações da atmosfera ou agentes agressivos dispersos no meio ambiente; fornecer ao meio uma proteção contra os perigos de incêndio resultantes de eventuais superaquecimentos dos condutores ou arcos voltaicos, assim como, proporcionar aos condutores um envoltório metálico aterrado, a fim de evitar perigos de choque elétrico.

As dimensões internas dos eletrodutos e de suas conexões devem permitir que, após montagem da linha, os condutores possam ser instalados e retirados com facilidade. Para tanto, a área máxima a ser utilizada pelos condutores deve ser (ABNT, 2004):

- 53% no caso de um condutor;
- 31% no caso de dois condutores;



- 40% no caso de três ou mais condutores.

Na Tabela 5 é indicado o diâmetro e a área da seção dos condutores para cada cabo, sendo assim possível realizar o cálculo da área total que um conjunto dos mesmos ocupará.

Não será permitida a instalação de eletrodutos com bitola nominal inferior à ½". Todas as curvas de bitola de 1", ou maiores, deverão ser executadas com peças especiais e as curvas correspondentes às bitolas poderão ser executadas no próprio local de trabalho e deverão apresentar um raio de curvatura correspondente a dez vezes o diâmetro nominal do eletroduto.

Tabela 5 – Diâmetro e área de seção dos cabos condutores.

Cabo	Diâmetro externo (mm)	Área da seção( $mm^2$ )
1.5	4.7	17.35
2.5	5.1	20.43
4	5.6	24.63
6	6.2	30.19
10	7.3	41.85
16	8.9	62.21
25	10.2	81.71
35	12.2	116.9
50	14.3	160.61
70	16.3	208.67
95	18.2	260.16
120	20.3	323.65
150	22.8	408.28
185	24.8	483.05
240	28.2	624.58

Os trechos contínuos de tubulação, sem interposição de caixas ou equipamentos, não devem exceder 15 m de comprimento para linhas internas às edificações e 30 m para as 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°. (ABNT, 2004)

### 3.3.6 Sistemas de aterramento

Aterramento é a ligação de estruturas ou instalações com a terra, com o objetivo de estabelecer uma referência para a rede elétrica e permitir o fluxo para a terra de correntes elétricas de naturezas diversas, tais como:

- correntes de raios;

- descargas eletrostáticas;
- correntes de filtros, supressores de surtos e pára-raios de linha; item correntes de curto-circuito para a terra.

Os critérios de aterramento de instalações de baixa tensão encontram-se bem estabelecidos na Norma NBR-5410/2004, podendo ser complementados com as recomendações constantes da norma NBR-5419/2005 (Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas).

O sistema de aterramento de instalações de baixa tensão inclui os seguintes elementos:

- condutores de proteção;
- condutores de ligação equipotencial e de aterramento;
- eletrodos de aterramento;

A estes elementos deve-se acrescentar os dispositivos de proteção primária contra sobretensões, a serem instalados na entrada de energia.

### 3.3.7 Dimensionamento de proteção

Os projetos de instalações elétricas devem prever a proteção contra sobrecorrentes, sobretensões e choques elétricos. Os requisitos básicos de um sistema de proteção são (FILHO, 2013):

- seletividade e coordenação: Capacidade de selecionar a parte danificada da rede e retirá-la de serviço sem afetar os circuitos sãos;
- exatidão e segurança: Garante ao sistema uma alta confiabilidade operativa;
- sensibilidade: Representa a faixa de operação e não-operação do dispositivo de proteção.

#### 3.3.7.1 Proteção contra correntes de sobrecarga

As sobrecargas caracterizam-se por provocar no circuito correntes superiores à corrente nominal, oriundas de solicitações dos equipamentos acima de suas capacidades nominais. Os dispositivos utilizados nesse tipo de proteção são relés térmicos ou bimetálicos e disjuntores termomagnéticos.

Para que a proteção dos condutores contra sobrecargas fique assegurada, as características de atuação do dispositivo destinado a provê-la devem ser tais que:

- $I_B \leq I_n \leq I_z$
- $I_2 \leq 1,45I_z$

onde  $I_B$  é a corrente de projeto do circuito.  $I_z$  é a capacidade de condução de corrente dos condutores.  $I_n$  é a corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste, para dispositivos ajustáveis), nas condições previstas para sua instalação;  $I_2$  é a corrente convencional de atuação dos dispositivos de proteção em função de  $I_n$ . Entende-se por corrente convencional de atuação aquela que assegura efetivamente a atuação do disjuntor dentro de seu tempo convencional de atuação. (ABNT, 2004)

Os dispositivos de proteção contra correntes de sobrecarga em circuitos de motor devem ser sensíveis a corrente absorvida pelo motor, tendo, no entanto, as características compatíveis com o regime de corrente de partida, tempo admissível com rotor bloqueado e tempo de aceleração.

### 3.3.7.2 Proteção contra correntes de curto-circuito

Os curtos-circuitos são provenientes de defeitos graves e produzem correntes elevadíssimas, normalmente, superiores a 10 vezes, podendo chegar a 100 vezes do valor da corrente nominal do circuito. A ocorrência de curto-circuito provoca, por consequência, elevadas solicitações térmicas e mecânicas aos condutores e demais dispositivos que estão conectados ao circuito.

As correntes de curto-circuito devem ser mitigadas por dispositivos que atuem quase que instantaneamente, dentre os quais utilizam-se fusíveis, disjuntores magnéticos e termomagnéticos.

Os valores dessas correntes são baseadas no conhecimento das impedâncias, desde o ponto de defeito até a fonte geradora. (FILHO, 2013)

Todo dispositivo destinado a prover proteção contra curtos-circuitos deve atender às condições especificadas (ABNT, 2004):

- A capacidade de interrupção do dispositivo deve ser maior ou igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto onde for instalado. Só se admite um dispositivo com capacidade de interrupção inferior se houver, a montante, um outro dispositivo com a capacidade de interrupção necessária; neste caso, as características dos dois dispositivos devem ser coordenadas de tal forma que a energia que eles deixam passar não seja superior à que podem suportar, sem danos, o dispositivo situado a jusante e as linhas por eles protegidas.

- a energia que os dispositivos de proteção contra curto-circuitos devem deixar passar não pode ser superior à energia máxima suportada pelos dispositivos e condutores localizados a jusante;
- os circuitos terminais que alimentam um só motor podem ser protegidos contra curto-circuitos utilizando-se fusíveis do tipo NH ou diazed com retardo de tempo.

### 3.3.7.3 Proteção contra sobretensões

A NBR-5410/2004 estabelece as prescrições para garantir a proteção de pessoas, animais domésticos e bens contra sobretensões causadas por contato acidental entre condutores de tensões diferentes ou defeitos no transformador, sem que essas sobretensões possam pôr em risco a segurança das pessoas e a conservação da instalação.

As principais causas de sobretensões são:

- Falha do isolamento para outra instalação de tensão mais elevada;
- Surtos atmosféricos;
- Chaveamento de cargas indutivas de potência;
- Eletricidade estática;
- Correção de fator de potência;
- Interrupção de energia elétrica da rede.

O dispositivo utilizado para esse fim é o dispositivo de proteção contra surtos (DPS). A seleção do DPS é feita seguindo os seguintes critérios:

- tipo de edificação (doméstica, edifício comercial, industrial ou subestações);
- localização da edificação e risco de raios (área urbana, área aberta, área montanhosa ou com árvores altas ao redor);
- máxima tensão de operação contínua;
- corrente nominal de descarga;
- suportabilidade à corrente de curto-circuito;
- coordenação do DPS;
- esquema de aterramento.

As sobretensões provocadas por descargas atmosféricas são as mais importantes, principalmente pelos riscos que podem causar e pela impossibilidade de controle sobre a sua ocorrência.

Segundo a NBR-5410/2004, nos casos em que for necessário o uso do DPS, a disposição dos mesmos deve respeitar os seguintes critérios:

- Quando o objetivo for a proteção contra sobretensões atmosféricas transmitidas pela linha externa de alimentação, bem como a proteção contra sobretensões de manobra, os DPS devem ser instalados junto ao ponto de entrada da linha na edificação ou no quadro de distribuição principal, localizado o mais próximo possível do ponto de entrada; ou
- quando o objetivo for a proteção contra sobretensões atmosféricas diretas sobre a edificação ou em suas proximidades, os DPS devem ser instalados no ponto de entrada da linha na edificação.

#### 3.3.7.4 Proteção contra choques elétricos

O disjuntor diferencial residual (DR) tem como finalidade a proteção das pessoas contra choques elétricos provenientes de contatos acidentais com redes ou equipamentos elétricos energizados. Oferece, também, proteção contra incêndios que podem ser ocasionados por falhas no isolamento dos condutores e equipamentos.

Segundo a Norma NBR-5410/2004 devem ser objeto de proteção adicional por DR com corrente diferencial-residual nominal  $I_{\Delta n}$  igual ou inferior a 30 mA:

- os circuitos que sirvam a pontos de utilização situados em locais contendo banheira ou chuveiro;
- os circuitos que alimentam tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação;
- os circuitos que, em locais de habitação, sirvam a pontos de utilização situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens;

Seu dimensionamento é realizado da mesma forma do disjuntor termomagnético, devendo suportar a corrente nominal do circuito em que ele é inserido.

## 3.4 Normas de Distribuição Unificada

A NBR-5410/2004 e NBR-14039 estabelecem as condições mínimas a serem admitidas no projeto de instalações elétricas de baixa e média tensão respectivamente. Porém,

ainda são utilizadas as normas da concessionária de energia elétrica local. Isso se faz necessário pois, antes da execução do projeto, é preciso submetê-lo (através de um memorial descritivo) para aprovação pela concessionária.

A Energisa Borborema é uma distribuidora de energia elétrica que atende a mais de 208 mil consumidores nos municípios de Campina Grande, Lagoa Seca, Queimadas, Fagundes, Massaranduba e Boa Vista, no Estado da Paraíba. Como os projetos realizados durante o estágio são voltados para a cidade de Campina Grande, são válidas as normas estabelecidas pela concessionária Energisa, denominadas NDU (Norma de Distribuição Unificada).

Foram utilizadas:

- NDU-001, que regulamenta o fornecimento de energia elétrica em tensão secundária para edificações individuais ou agrupadas em até 3 unidades consumidoras (em tensão secundária);
- NDU-002, que apresenta os requisitos mínimos para projetos e execução das instalações de entrada de serviço das unidades consumidoras em média tensão quando a carga instalada na unidade consumidora for superior a 75kW e a demanda até 2500kW;
- NDU-003, que regulamenta o fornecimento de energia elétrica agrupamentos ou edificações de uso coletivo acima de 3 unidades consumidoras (em tensão primária ou secundária).

As NDU's especificam as condições gerais de fornecimento, determinam critérios para o ramal de ligação, ponto de entrega, aterramento, proteção, medição, definem a padronização para armários para medição, postes, pontaletes, dentre outras normas.

As tensões primária e secundária da Energisa Borborema são 13,8/7.96 kV e 380/220 V, respectivamente.

O ponto de entrega de energia em tensão primária de distribuição deverá estar no máximo a 40 m do poste de derivação da Concessionária e o atendimento da unidade consumidora, sempre que possível, em áreas atendidas por rede de distribuição aérea, será através de ramal de ligação aéreo. (ENERGISA, 2017b)

### 3.4.1 Cálculo de demanda

Um procedimento sempre utilizado no memorial descritivo, e que merece destaque, é o cálculo de demanda.

Evidentemente é improvável que todas as cargas instaladas da obra serão utilizados ao mesmo tempo. Assim, o fator de demanda é aplicado, de forma a reduzir os custos da instalação elétrica.

A NDU-001/2017, na seção 14, especifica o cálculo da demanda provável do consumidor individual, descrito a seguir.

O fator de potência adotado é 0.92, ou seja, a demanda em kW,  $D_{kW}$ , em função da demanda em kVA,  $D_{kVA}$  é dada por:

$$D_{kW} = 0.92D_{kVA}$$

A demanda em kVA é calculada da seguinte forma:

$$D_{kVA} = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 + d_7$$

em que,

- $d_{1(kVA)}$  = demanda de iluminação e tomadas, calculada conforme fatores de demanda (Anexo D).
- $d_{2(kVA)}$  = demanda dos aparelhos para aquecimento de água (chuveiros, aquecedores, torneiras etc.) calculada conforme Tabela 3 da NDU-001/2017.
- $d_{3(kVA)}$  = Demanda secador de roupa, forno de micro-ondas máquina de lavar louça e hidro massagem calculada conforme tabela 4 da NDU-001/2017.
- $d_{4(kVA)}$  = Demanda de fogão e forno elétrico calculada conforme tabela 5 da NDU-001/2017.
- $d_{5(kVA)}$  = Demanda dos aparelhos de ar-condicionado tipo janela ou centrais individuais, calculada conforme tabelas 6, 7 e 8 da NDU-001/2017, respectivamente, para as residências e não residências; Demanda das unidades centrais de ar-condicionado, calculadas a partir das respectivas correntes máximas totais, valores a serem fornecidos pelos fabricantes e considerando-se o fator de demanda de 100%.
- $d_{6(kVA)}$  = Demanda dos motores elétricos e máquinas de solda tipo motor-gerador, (Anexos B e E). Não serão permitidos, motores com potência maior que 30 cv, os métodos de partidas dos motores trifásicos, conforme tabela 12 da NDU-001/2017.
- $d_{7(kVA)}$  = Demanda de máquinas de solda a transformador e aparelhos de raios-X, calculadas conforme tabela 11 da NDU-001/2017.

Para edificações de uso coletivo, a NDU-003/2017 especifica o cálculo da demanda, que é utilizado para o dimensionamento do ramal de ligação da edificação. A demanda de edificação é calculada da seguinte forma:

$$D = D_1 + D_2$$

sendo:

- $D$  = demanda total da edificação de uso coletivo;
- $D_1$  = demanda das unidades consumidoras residenciais;
- $D_2$  = demanda do condomínio, lojas e outros (calculados conforme o procedimento anterior).

A demanda dos apartamentos residenciais é calculada através de:

$$D_1 = f \times a$$

em que,

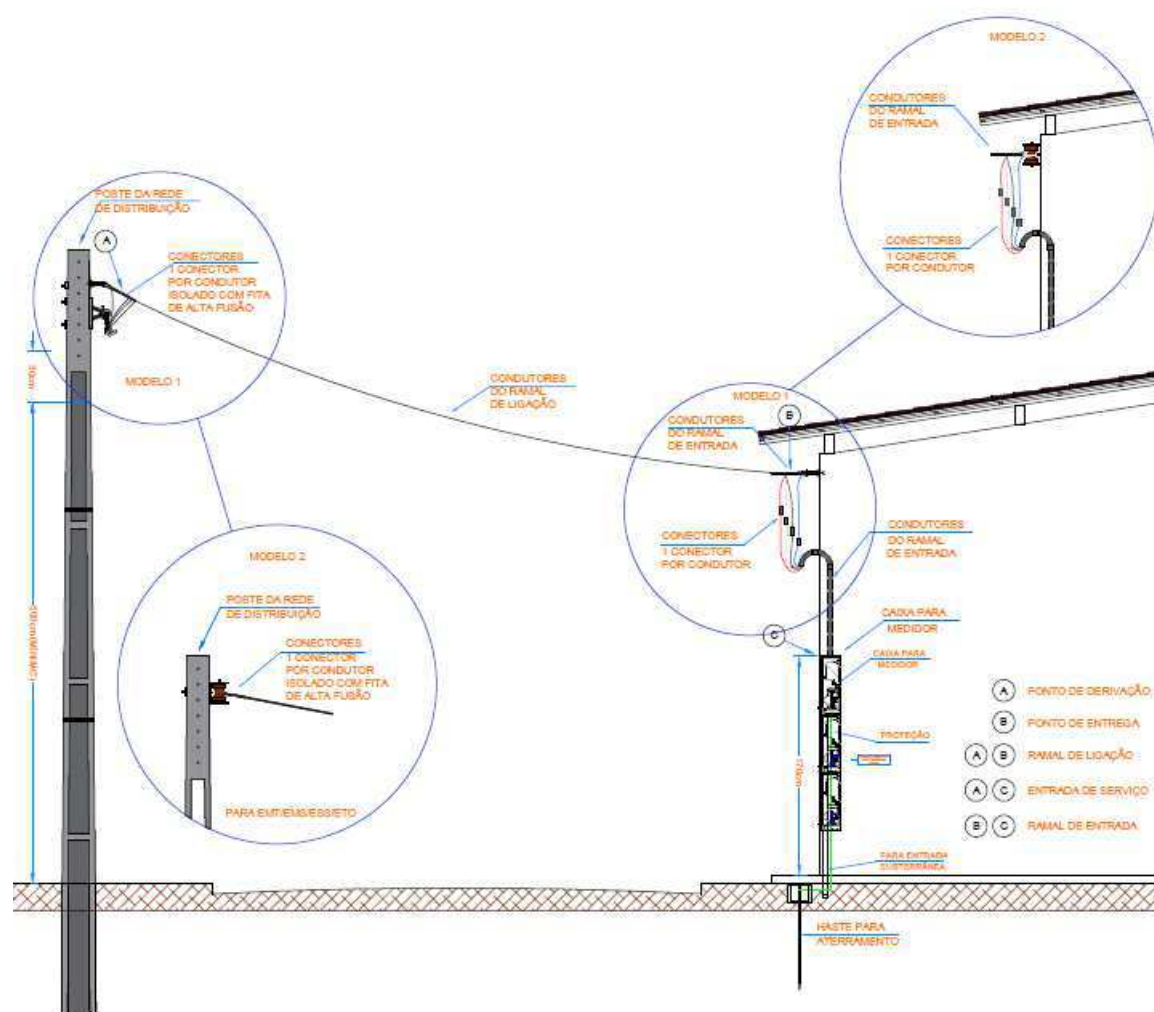
- $a$  = demanda por apartamento em função de sua área útil [Tabela 1, NDU-003];
- $f$  = fator de multiplicação de demanda (Anexo C).

### 3.4.2 Entrada de energia elétrica

Como já dito antes, as normas apresentam os requisitos mínimos e as diretrizes necessárias para projetos e execução das instalações de entrada de serviço das unidades consumidoras nas concessionárias do Grupo Energisa, nas tensões nominais padronizadas nas empresas e conforme legislação em vigor. Estabelecendo padrões e procedimentos, critérios técnicos e operacionais, a partir das redes de distribuição, observando as exigências técnicas e de segurança recomendadas pela ABNT, e em conformidade com as Resoluções Normativas da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. A execução da entrada de serviço, exceto o ramal de ligação, ficará a cargo do interessado.



Figura 5 – Elementos componentes da entrada de serviço de fornecimento em baixa tensão.



Fonte: (ENERGISA, 2017c).

#### 3.4.2.1 Ponto de entrega de energia

É o ponto de conexão do sistema elétrico da Concessionária com as instalações elétricas da unidade consumidora, caracterizando-se como o limite de responsabilidade do fornecimento.

#### 3.4.2.2 Ramal de ligação ou derivação

Trata-se do conjunto de condutores e acessórios instalados entre o ponto de derivação da rede da Concessionária e o ponto de entrega.

#### 3.4.2.3 Ramal de entrada

Trata-se do conjunto de condutores e acessórios instalados do ponto de entrega até a caixa de medição e proteção. A instalação é de responsabilidade do consumidor.

Para a instalação do ramal em fornecimento de energia em tensão primária deverão ser utilizados cabos com as mesmas características do ramal de ligação. Os cabos a serem utilizados para cada tipo de ramal constam na tabela 1 da NDU-002/2017.

#### 3.4.2.4 Ramal interno ou de saída

Trata-se do conjunto de condutores e acessórios instalados internamente nas unidades consumidoras, a partir da medição.

### 3.5 Especificação de motores para um sistema de recalque

Em uma instalação elétrica predial é necessário computar a previsão de diversas cargas especiais como, por exemplo, motores para elevadores, bombas para drenagem de águas pluviais e esgoto, bombas para combate a incêndio e outras cargas de condomínio.

A especificação de motores com potência acima da necessária acarreta maior custo inicial, menor rendimento e menor fator de potência na instalação elétrica. Por esta razão, é feito, ao mínimo, os cálculos para chegar a previsão de carga de motores de bombas centrífugas para o sistema de recalque em instalações prediais.

A elaboração deste projeto exige o conhecimento das vazões e das diversas partes constitucionais do sistema. Por sua vez, a determinação das vazões pressupõe a previsão da demanda de água no edifício, que é função:

- do número de habitantes a ser abastecido;
- da quantidade de água necessária a cada indivíduo.

Nesse contexto o projeto do abastecimento de água fria foi baseado em recomendações contidas na Norma Brasileira NBR-5626/98 - “Instalação Predial de Água Fria”.

O sistema de um prédio é composto por:

- um alimentador com válvula de bóia;
- reservatório inferior;
- reservatório superior;
- instalação de elevação;
- rede de distribuição.

Cada reservatório de água é equipado com um sistema de bóia que irá controlar a entrada de água. Este sistema impede que a água entre no reservatório em quantidade desnecessária.

### 3.5.1 Especificação

A capacidade dos reservatórios de uma instalação predial de água fria deve ser estabelecida levando-se em consideração o padrão de consumo de água no edifício. O volume de água reservado para uso doméstico deve ser, no mínimo, o necessário para 24 h de consumo normal no edifício, sem considerar o volume de água para combate a incêndio. (ABNT, 1998) A estimativa do consumo de água pode ser feita da seguinte maneira:

$$C_D = C \times P$$

onde  $C_D$  é o consumo diário total,  $C$  é o consumo diário per capita e  $P$  a população do edifício.

Tabela 6 – Estimativa de consumo diário de água.

Tipo de construção	Consumo médio (litros/dia)
Alojamentos provisórios	80 por pessoa
Casas populares ou rurais	120 por pessoa
Residências	150 por pessoa
Apartamentos	200 por pessoa
Hotéis (s/ cozinha e s/ lavanderia)	120 por hóspede
Escolas - internatos	150 por pessoa
Escolas - semi internatos	100 por pessoa
Escolas - externatos	50 por pessoa
Quartéis	150 por pessoa
Edifícios públicos ou comerciais	50 por pessoa
Escritórios	50 por pessoa
Cinemas e teatros	2 por lugar

Fonte: Catálogo técnico predial para instalações de água fria – Tigre S.A Tubos e conexões.

Adotando um consumo médio de 200 l/dia “per capita” a partir da Tabela 6 e um determinado número de pessoas por apartamento, temos um total de volume diário consumido. Para combate a incêndio é necessário um aumento de 20% da capacidade do reservatório.

A vazão é então calculada, a depender do intervalo do tempo em que deseja-se encher o reservatório superior por completo.

$$Q = \frac{V}{\Delta t}$$

onde  $V$  é o volume total de água a ser transportado dentro de um intervalo de tempo  $\Delta t$ .

Para a especificação dos valores dos diâmetros das tubulações recorre-se à seguinte fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

onde  $v$  é a velocidade de escoamento da água.

Após o cálculo, pode-se consultar também o catálogo de um fornecedor, no caso Tigre, para verificar a disponibilidade do material de encanamento no mercado, Tabela 7.

Tabela 7 – Diâmetro mínimos das tubulações.

DE (mm)	D. ref. (pol.)	Vazões máximas (l/s)
20	1/2"	0,2
25	3/4"	0,6
32	1"	1,2
40	1 1/4"	2,5
50	1 1/2"	4,0
60	2"	5,7
75	2 1/2"	8,9
85	3"	12,0
110	4"	18,0

Fonte: Catálogo técnico predial para instalações de água fria – Tigre S.A Tubos e conexões.

O tipo de bomba usada no sistema consiste em uma bomba centrífuga. Deverá ser determinada a potência do motor que a aciona. Para isso, é preciso calcular primeiramente a altura manométrica  $H$  correspondente à instalação, por meio da expressão:

$$H = \left( h_a + J_a + \frac{V_0^2}{2g} \right) + (h_r + J_r) = H_a + H_r$$

sendo  $h_a$  a altura estática de aspiração em m,  $J_a$  a perda de carga na aspiração em mca,  $V_0$  a velocidade de aspiração em m/s,  $g$  a gravidade em m/s<sup>2</sup>,  $h_r$  a altura estática de recalque em m e  $J_r$  a perda de carga no recalque em mca.

Para a determinação dos parâmetros  $J_a$  e  $J_r$  é utilizado o catálogo do fornecedor, onde contém uma tabela com a equivalência em metros de tubulação para as perdas de carga localizadas, Figura 6, assim como os parâmetros  $J_1$  e  $J_2$  fornecidos pelo ábaco, também no catálogo (Figura 7), a partir dos valores de vazão e diâmetro das conexões.

$$J_a = \text{comprimento equivalente de aspiração} \times J_1$$

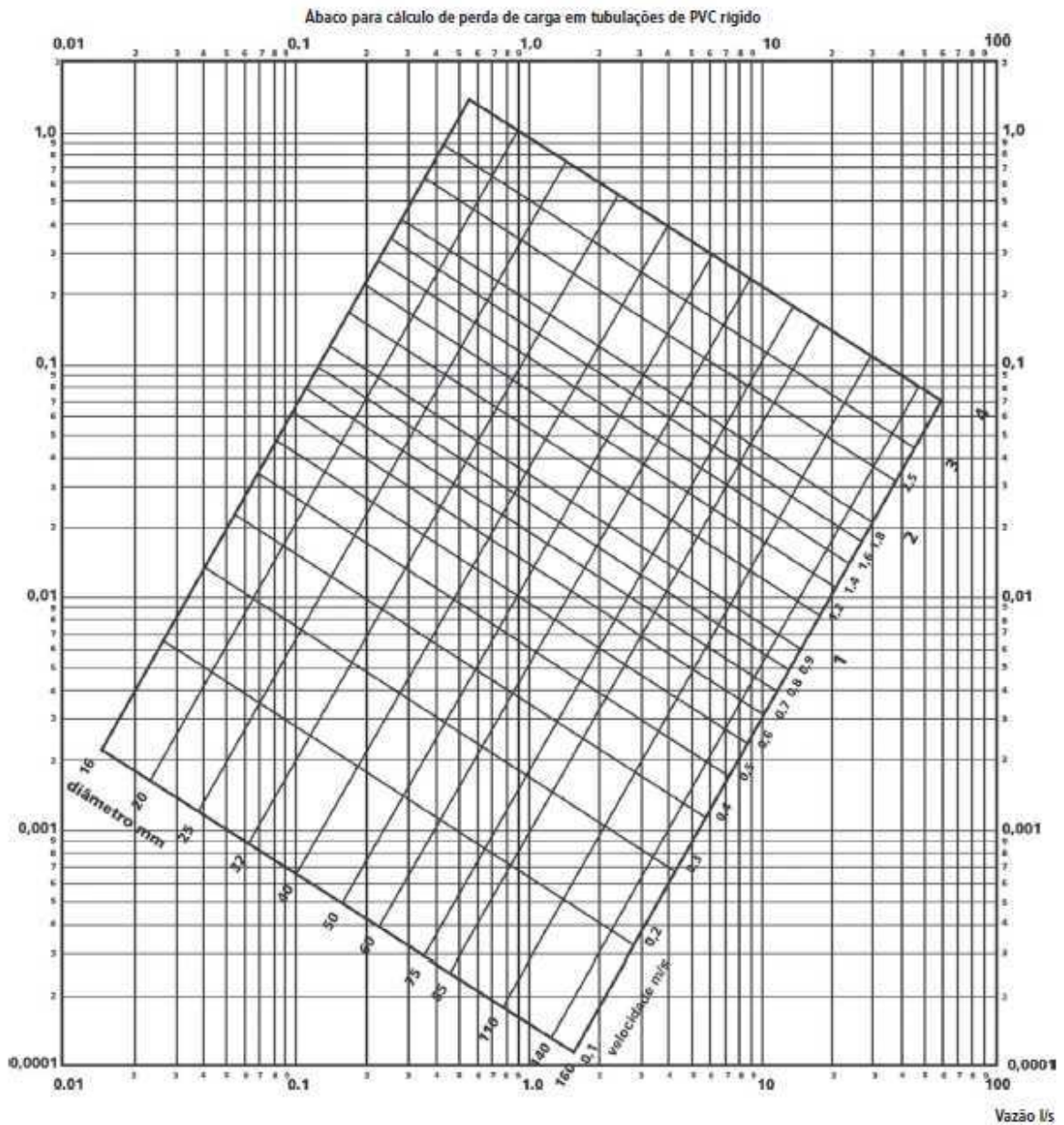
$$J_r = \text{comprimento equivalente de recalque} \times J_2$$

Figura 6 – Perdas de carga localizada. Equivalência em metros de tubulação de PVC rígido.

DE (mm)	D. ref. (pol.)	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem Direita	Tê 90° Saída de lado	Tê 90° Saída Bilateral	Entrada Normal	Entrada de Borda	Saída de Canalização	Válvula de Pé e Crivo	Válvula de Retenção Tipo Leve	Válvula de Retenção Tipo Pesado	Registro de Globo Aberto	Registro de Gaveta Aberto	Registro de Ângulo Aberto
20	½"	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
25	¾"	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
32	1"	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
40	1¼"	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
50	1½"	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
60	2"	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
75	2½"	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
85	3"	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
110	4"	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1

Fonte: Catálogo técnico predial para instalações de água fria – Tigre S.A Tubos e conexões.

Figura 7 – Ábaco para cálculo de perda de carga em tubulações de PVC rígido.



Fonte: Catálogo técnico predial para instalações de água fria – Tigre S.A Tubos e conexões.

Com os dados coletados até o momento, vazão e altura manométrica total, já é possível escolher o modelo de bomba para o sistema com o suporte de tabelas no catálogo das diversas marcas disponíveis no mercado. O cálculo a seguir serve para determinar a potência exigida pelo sistema em cv, caso a mesma não seja definido pelo catálogo.

$$P = \frac{\gamma QH}{75\eta}$$

onde  $\gamma$  é o peso específico da água em  $kgf/m^3$ ,  $Q$  a vazão em  $m^3/s$  e  $\eta$  a eficiência

do motor selecionado.

É importante lembrar que a potência exprimida em cavalo-vapor é a potência entregue no eixo do motor e não a absorvida da rede pela máquina, tendo-se assim que verificar o rendimento do motor ou tabela 9 ou 10 da NDU-001/2017 (Anexos B e E).

## 3.6 Projeto de subestações

Subestação de energia é um conjunto de equipamentos industriais interligados entre si com o objetivo de controlar o fluxo de potência, modificar tensões e correntes elétrica assim como garantir a proteção do sistema elétrico, detectando faltas e seccionando trechos.

É muito comum no Brasil, a partir da demanda de 60 kVA, ser exigida a instalação de subestação abaixadora, sendo a tensão de entrada mais usual de 13,8 kV.

São indispensáveis as seguintes prescrições no dimensionamento das subestações:

- tipo de prédio: residencial, comercial, industrial, etc;
- carga demandada em kVA da instalação;
- decisão sobre o número e potência dos transformadores;
- previsão do local; no subsolo ou pavimento térreo do prédio, com os requisitos indispensáveis à segurança: longe de instalações de gás, não ter tubulações de água ou esgoto dentro da cabina de alta tensão, aberturas para ventilação de acordo com as exigências da Concessionária, portas de entrada amplas e abrindo para fora, etc.;
- planta da subestação;
- localização do poste da Concessionária onde se fará a ligação e o itinerário do ramal de entrada;
- nível de curto-circuito no local (fornecido pela Concessionária);
- tensão do ramal e classe de isolamento dos equipamentos;
- taps de ligações dos transformadores, etc;

Para o arranjo da subestação, precisa-se conhecer os padrões da Concessionária local, as dimensões mínimas dos cubículos dos transformadores e equipamentos, assim como, o diagrama unifilar com todos os detalhes das ligações entre os equipamentos.

A localização da subestação será estabelecida de comum acordo entre a Concessionária e o consumidor, preservando sempre critérios técnicos e de segurança. A mesma deverá

ser construída em local de livre e fácil acesso, em condições adequadas de iluminação, ventilação e segurança.

As subestações com capacidade instalada entre 75 kVA e 300 kVA (B.T. 220/127 V ou 380/220 V), poderão ser aéreas ou abrigadas. As subestações com capacidade instalada superior a 300 kVA (B.T. 220/127 V ou 380/220 V) serão abrigadas.

A Energisa sugere os valores de fator de demanda constantes na tabela 13 da NDU-002/2017, a serem considerados durante a elaboração do projeto, no intuito de contribuir para a correta especificação das subestações da sua área de concessão.

Para a subestação aérea, o posto de transformação deverá ser localizado na propriedade do consumidor, de forma a permitir fácil acesso a pessoas e veículos. O poste do posto de transformação deverá ser no mínimo de 10 m com resistência nominal de 600 daN. A subestação deverá ser circundada por cerca construída com tela, com altura mínima de 1,70 m, seccionada e aterrada.

Para a subestação abrigada, a entrada de energia deve ser feita com cabo subterrâneo e havendo saída em média tensão. O pé direito mínimo das subestações deve ser de 5,50 m, se a entrada for aérea, ou 3,0 m, se subterrânea. As paredes, o teto e o piso deverão ser construídos em alvenaria, e o revestimento, quando houver, de materiais não sujeitos a combustão. As portas deverão ser metálicas, abrir para fora, ser de uma dimensão tal que permita a passagem folgada do maior equipamento da subestação, sendo que a largura da porta no mínimo 1 m maior que este maior equipamento (mínimo de 1,20 m x 2,10 m) e ter afixada placa com a indicação “PERIGO DE MORTE - ALTA TENSÃO”. Os corredores para acesso e manobra de equipamentos deverão ter espaço livre de, no mínimo, 1,20 m de largura, não podendo existir degraus ou rampas. A subestação deverá possuir sistema de iluminação artificial (com luminária hermética), alimentado em corrente contínua ou alternada. (ENERGISA, 2017b)

### 3.6.1 Equipamentos da subestação

Uma subestação é composta por diversos equipamentos elétricos, dentre eles se destacam os disjuntores, chaves seccionadoras, transformadores, relés, controladores lógicos programáveis, para-raios e resistores de aterramento.

#### 3.6.1.1 Para-raios

Para proteção dos equipamentos elétricos contra sobretensão e em pontos de transição de rede aérea para subterrânea ou vice versa, exige-se o uso de para-raios poliméricos.

O condutor de ligação dos para-raios para a terra deverá ser conectado às demais ligações de aterramento e ser de cobre nu, seção mínima de  $50 \text{ mm}^2$ , com jumper individual



para cada para-raios. Se a subestação for protegida por para-raios além daqueles instalados na rede, a conexão desses dispositivos à malha de terra da subestação deve ser idêntica a dos para-raios da rede.

Os para-raios deverão ser poliméricos e suas especificações deverão ser conforme Padrões e Especificações de Materiais da Concessionária.

### 3.6.1.2 Chaves fusíveis

A proteção na média tensão contra sobrecorrente será feita pela instalação de chaves fusíveis com capacidade mínima de interrupção de corrente de 10 kA, dotada de dispositivo de abertura sob carga, colocadas na chave de derivação do ramal. Os elementos fusíveis, para estas chaves, serão escolhidos conforme a figura 8. A Capacidade de interrupção da chave fusível deve ser maior do que o valor eficaz da corrente máxima de curto-circuito assimétrica, calculada no ponto de sua instalação e a corrente nominal da chave fusível deve ser compatível com a corrente máxima de carga.

Figura 8 – Elos-fusíveis para transformadores trifásicos.

POTÊNCIA EM kVA	ELO- FUSÍVEL							
	11,4 kV		13,8 kV		22 kV		34,5 kV	
	IN (A)	ELO	IN (A)	ELO	IN (A)	ELO	IN (A)	ELO
15	0,76	1H	0,63	0,5H	0,39	0,5H	0,25	0,5H
30	1,52	2H	1,26	1H	0,79	1H	0,50	0,5H
45	2,28	2H	1,88	2H	1,18	1H	0,75	1H
75	3,80	3H	3,14	3H	1,97	2H	1,26	1H
112.5	5,70	5H	4,71	5H	2,95	3H	1,88	2H
150	7,60	8K	6,28	6K	3,94	5H	2,51	3H
225	11,40	12K	9,41	10K	5,90	5H	3,77	5H
300	15,19	15K	12,55	12K	7,87	8K	5,02	5H
400	19,26	20K	16,73	15K	10,50	10K	6,69	6K
500	25,32	25K	19,92	25K	13,12	12K	8,37	10K
750	37,98	40K	31,38	30K	19,68	20K	12,55	12K
1000	x	x	41,84	40K	26,24	25K	16,73	15K

Fonte: (ENERGISA, 2017b).

### 3.6.1.3 Transformador

O transformador deve possuir primário em “delta” e secundário em “estrela aterrada”. A especificação do(s) transformador (es) deverá ser tal que a demanda máxima da instalação consumidora não seja superior à potência nominal de transformação instalada.

Os transformadores a óleo só poderão ser instalados no pavimento térreo ou subsolo das edificações. Quando a subestação de transformação fizer parte integrante da edificação residencial, comercial ou industrial, somente é permitido o emprego de transformadores a seco, mesmo que haja parede de alvenaria e portas corta-fogo. (ENERGISA, 2017b)

### 3.6.1.4 Disjuntores

No secundário de cada transformador deverá existir proteção geral contra curto-circuito e sobrecarga, feita por meio de disjuntor termomagnético em caixa moldada com capacidade de interrupção simétrica mínima de 10 kA e cuja corrente nominal deve ser dimensionada em compatibilidade com a potência de transformação. Esta proteção deverá ser localizada após a medição.

A corrente nominal desses disjuntores, utilizados em instalações com potência de transformação de até 300 kVA, é escolhida conforme consta na tabela da Figura 9.

Figura 9 – Fornecimento trifásico em média tensão com medição na baixa tensão.

TRANSFORMADOR kVA	MEDIÇÃO		DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO (Limite Máximo) (A)	CONDUTOR EPR OU XLPE 0,6/1 kV 90°C (MM2)	ELETRODUTO AÇO (mm)	CONDUTOR PVC 0,6/1 kV 70°C (MM2)	ELETRODUTO AÇO (mm)	POSTE (daN)
	MEDIDOR	TC						
15	Direto de 120A	-	25	3#10(10)	32	3#10(10)	32	300
30	Direto de 120A	-	50	3#10(10)	32	3#16(16)	32	300
45	Direto de 120A	-	70	3#25(25)	50	3#35(35)	50	300
75	Direto de 200A	-	125	3#50(25)	65	3#70(35)	80	600
112.5	Direto de 200A	-	175	3#70(35)	80	3#95(50)	80	600
150	Trifásico	200:5	225	3#120(70)	100	3#150(95)	100	1000
225	Trifásico	400:5	350	3#240(120)	100	2x{3#120(70)}	2 x 100	1000
300	Trifásico	400:5	500	2x{3#120(70)}	2x100	2x{3#150(95)}	2 x 100	1000

Fonte: (ENERGISA, 2017b).

### 3.6.1.5 Medição de energia

Nas subestações externas, quando a capacidade instalada for igual ou inferior a 300 kVA, nos fornecimentos trifásicos em 11,4 kV ou 13,8 kV, 22 kV ou 34,5 kV, a medição será feita em baixa tensão, sendo instalada em mureta junto ao poste, conforme desenhos 06 a 11 da NDU-002/2017. Deverão ser utilizadas caixas padronizadas conforme desenho 40, NDU-002/2017.

Para medição indireta, os cabos do ramal de entrada deverão entrar na caixa de medição, passando pelos TCs de medição com folga suficiente para a instalação dos mesmos, e devem ser conectados na parte superior do disjuntor (posição que fica a alavanca no modo ligar - ON). A parte inferior do disjuntor deverá ser destinada a saída dos cabos para o cliente.

O conjunto de medição deverá ser instalado o mais próximo possível do transformador, podendo distar deste, no máximo 10 metros e os eletrodutos todos aparentes e em aço galvanizado.

### 3.6.1.6 Sistema de aterramento

É de fundamental importância que todos os pontos de utilização de energia sejam providos de sistema de aterramento adequado e devidamente confiável, a fim de que o mesmo possibilite viabilizar o escoamento de eventuais sobretensões, garantindo a segurança de pessoas e bens, para tanto o sistema de aterramento deverá contemplar os seguintes requisitos (ENERGISA, 2017b):

- Todas as ligações de condutores deverão ser feitas com conectores tipo solda exotérmica ou tipo terminal cabo-barra (GTDU) cobreado ou conector cunha cabo/haste cobreado, sendo obrigatório o uso de massa calafetadora em todas as conexões do aterramento.
- Nas malhas de aterramento devem ser empregadas hastes de aço recobertas com cobre, com espessura mínima da camada  $254 \mu m$ , diâmetro mínimo 16 mm e comprimento mínimo de 2400 mm, visando garantir a durabilidade do sistema e evitar variações sazonais da resistência em função da umidade do solo.
- As hastes devem ser espaçadas a uma distância de, no mínimo, o seu comprimento e interligadas por condutores de cobre contínuos, seção mínima de  $50 mm^2$ , enterrados à pelo menos 500 mm de profundidade.
- A interligação de todo o circuito de aterramento e sua ligação ao neutro deverá ser feita com cabo de cobre nu com bitola mínima  $50 mm^2$  de acordo com a ABNT NBR-15751/2009. Os para-raios da subestação devem ser diretamente conectados à malha de terra.
- O número mínimo de hastes exigidos na malha de terra é de 06 (seis) para subestações abrigadas até 150 kVA, 09 (nove) para subestações abrigadas até 500 kVA, e acima de 500 kVA. Para subestações aéreas, o número mínimo exigido até 300 kVA é de 03 (três) hastes.

- A bucha secundária de neutro dos transformadores, bem como o condutor neutro da rede de distribuição primária, quando disponível, deverão ser solidamente ligados na malha de aterramento da subestação aérea ou abrigada.
- Caso o consumidor tenha geração própria, esta deverá ter seu sistema de aterramento independente ao da rede da Concessionária.
- Todas as ferragens tais como, tanques dos transformadores, disjuntores e telas, deverão ser ligadas ao sistema de terra com cabo de cobre nu ou cordoalha de cobre com bitola mínima de  $50 \text{ mm}^2$ .

### 3.7 Unidade de geração para emergência

Em algumas unidades industriais brasileiras é necessário manter um sistema de geração próprio para suprir, normalmente, uma parte da carga, quando houver corte eventual do sistema de suprimento da concessionária.

Dado o elevado custo do empreendimento, os geradores devem ser especificados para suprir somente os circuitos previamente selecionados e indispensáveis ao funcionamento de determinadas máquinas, cuja paralisação produzirá elevadas perdas de material em processo de fabricação ou armazenamento.

A instalação de estações de geração devem seguir as seguintes prescrições:

- os condutores de saída dos terminais do gerador devem ter capacidade de condução de corrente igual ou superior a 115% da corrente nominal. O condutor neutro deve ter a mesma seção transversal que os condutores fase;
- as carcaças dos geradores devem permanecer continuamente aterradas.

## 4 Partes componentes de um projeto

Como o projeto elétrico é a representação escrita da instalação, sua constituição básica são desenhos e documentos. De uma maneira geral, os documentos componentes de um projeto elétrico são:

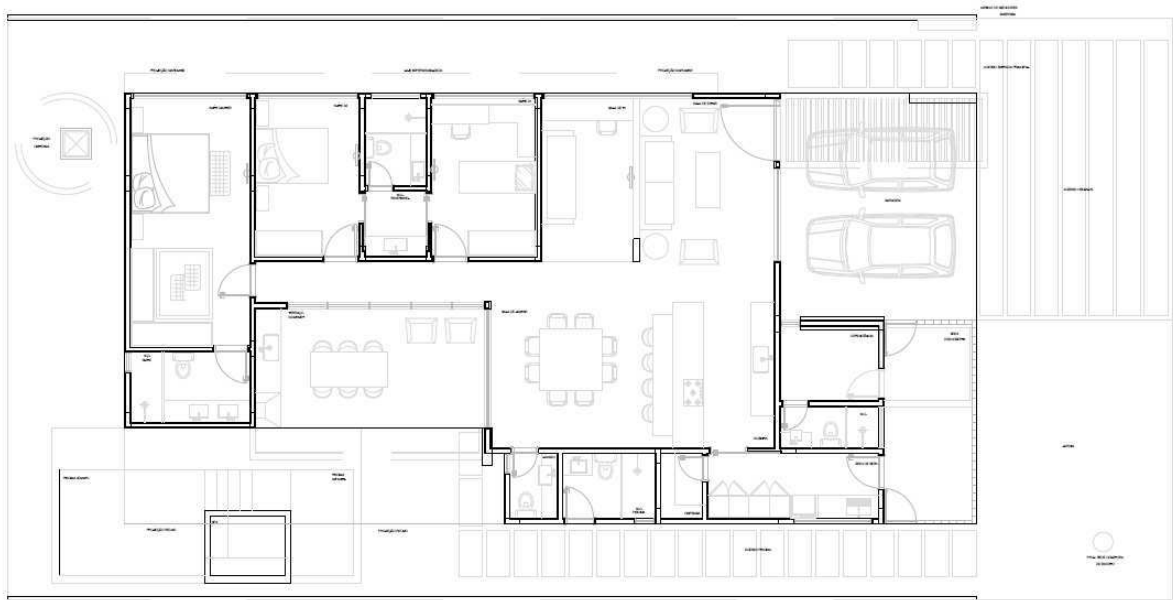
- Anotação de Responsabilidade Técnica (ART);
- Carta de Solicitação de Aprovação à Concessionária;
- Memorial Descritivo;
- Memorial de Cálculo (demanda, especificação dos condutores, dutos e proteção);
- Plantas (situação, pavimentos);
- Diagramas unifilares;
- Esquemas Verticais;
- Quadros (distribuição de cargas, diagramas multifilares);
- Detalhes (entrada de serviço, caixa seccionadora, centros de medição, pára-raios, caixa de passagem, aterramento, outros);
- Parâmetros do projeto (correntes de curto-circuit, queda de tensão, fatores de demanda considerados, temperatura ambiente, etc.);
- Lista de Materiais;
- Especificações (descrição do material a ser usado e as normas para a sua aplicação);
- Orçamento.

## 5 Projeto elétrico residencial

Uma das primeiras atividades desenvolvidas do estágio foi a realização do projeto elétrico de uma residência no Condomínio Horizontal Nações Residence Privê – Lagoa Seca – PB. A casa possui apenas um pavimento.

O projeto das instalações elétricas foi elaborado de acordo com as especificações aplicáveis da NBR-5410/2004, padrão e normas da concessionária e consideradas as proposições formuladas pelo autor do projeto arquitetônico, Figura 10.

Figura 10 – Planta baixa da residência.



Fonte: Amadeu Projetos e Construções.

Foram projetadas as seguintes instalações:

- Sistema de iluminação interna;
- Quadro de cargas;
- Entrada e medição de energia.

### 5.1 Quadros e circuitos

Inicialmente, a partir da planta e comandos da ferramenta AutoCad, pode-se conhecer as dimensões (área e perímetro) das diversas dependências da residência, necessárias

para aplicação das normas e assim poder definir a quantidade e localização dos pontos de iluminação, tomadas e quadros de distribuição, Figura 11.

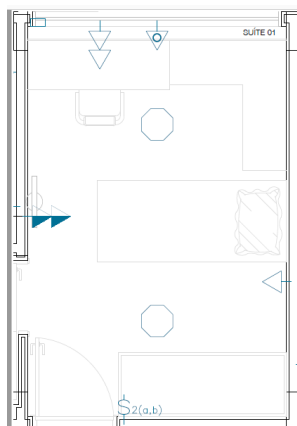
Figura 11 – Planta baixa com pontos de iluminação, tomadas e quadros da residência.



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 12, por exemplo, um quarto com área de  $10,92 \text{ m}^2$  e perímetro  $13,48 \text{ m}$  deve possuir, no mínimo, três tomadas de uso geral. Para iluminação, no mínimo um ponto de iluminação e que sejam reservados  $160 \text{ VA}$  para tal. Porém, como a norma ainda data de 2004, as lâmpadas comercializadas no mercado atualmente conseguem efeito luminoso suficiente sem necessitar de tanta potência. Desta maneira, a empresa especifica apenas os pontos em que as lâmpadas devem ser colocadas, reservando potência de apenas  $20 \text{ W}$  para cada ponto, além de disponibilizar mais pontos do que o mínimo exigido pela norma, tanto para iluminação quanto para tomadas.

Figura 12 – Instalação elétrica de um quarto da residência.

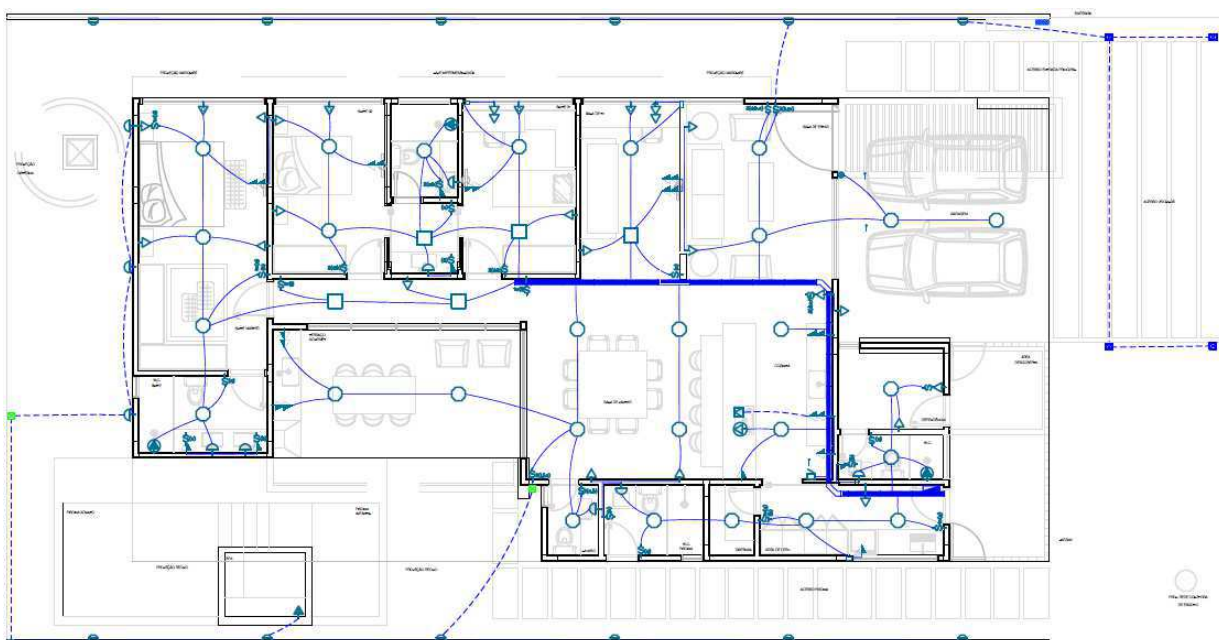


Fonte: Próprio autor.

O projeto consta de apenas um quadro de distribuição, Figura 14, que será alimentado do quadro de medição, Figuras 15 e 16. O quadro de distribuição alimenta dezessete circuitos terminais, divididos de acordo com as recomendações da NBR 5410 de forma a ter maior facilidade de manutenção, inspeção e execução das instalações. Dentre os dezessete circuitos terminais, dois são de iluminação, seis de tomadas de uso geral e nove de tomadas de uso específico, sendo quatro condicionadores de ar, três chuveiros elétricos, uma hidromassagem e uma bomba de piscina.

Após localizados os pontos de cargas, é feita a ligação dos condutores e eletrodutos tornando possível a especificação dos mesmos, Figura 13.

Figura 13 – Passagem de condutores e eletrodutos da instalação.



Fonte: Próprio autor.



A especificação dos condutores e da proteção de cada circuito é, normalmente, função da carga ligada a cada um deles, como mostrado na Tabela 8.

Tabela 8 – Condutores e proteção normalmente utilizados na empresa.

Circuito	Potência	Condutores	Proteção
Iluminação	< 2000 W	1, 5mm <sup>2</sup>	16A
Tomadas de uso geral	< 2000 W	2, 5mm <sup>2</sup>	20A
Condicionadores de ar	1500 W	2, 5mm <sup>2</sup>	20A
Aquecedores	4500 W	6mm <sup>2</sup>	32A

Fonte: Próprio autor.

As cargas dos circuitos já são previamente distribuídas para que sejam utilizados tais cabos e disjuntores. Porém, no caso da cozinha, instalado em um único circuito, onde a potência de instalação chega a 2700 W, decide-se instalar cabos de 4mm<sup>2</sup> e proteção de 25 A, tanto para manter os nível de queda de tensão abaixo além do que a norma exige (4%) assim como sabe-se que atualmente existem muitos equipamentos domésticos de alta potência como fritadeiras e churrasqueiras elétricas.

Os eletrodutos serão de PVC rígido tipo bolsa ou corrugado. Assim como o cálculo de queda de tensão nos condutores das cargas, os eletrodutos também são calculados com suporte da ferramenta Excel. Em geral, utiliza-se o de seção 3/4” para até três circuitos, ou seis cabos de seções variadas até 6, 0mm<sup>2</sup>. Ao aumentar o número de circuitos, aumenta-se o número de eletrodutos, ou a seção destes, sendo nenhum inferior a 3/4”.

Os circuitos deverão ser protegidos por disjuntores automáticos de proteção termomagnética. Na proteção do quadro geral, será instalado um disjuntor diferencial “DR”. Esse DR é especificado de acordo com a corrente nominal do disjuntor termomagnético (40 A) e corrente nominal residual de 30 mA. Os disjuntores para a proteção dos chuveiros serão do tipo B (Curva Magnética), os demais disjuntores serão do tipo C.

Figura 14 – QD do projeto residencial.

CIRCUITO N.	ILUMINAÇÃO (W)		TOMADAS (W)					CARGA (w)	PROTEÇÃO (A)	CONDUTOR mm2	TENSÃO (V)	FASES (A, B, C)	OBSERVAÇÃO
	20	2x20	100	300	600	1,200	4,500						
1	30							600	16	1.5	220	A	ILUMINAÇÃO INTERNA
2	29							580	16	1.5	220	C	ILUMINAÇÃO EXTERNA / SERVIÇO
3				3	3			2,700	25	4.0	220	A	TOMADAS COZINHA
4			3	1	1			1,200	20	2.5	220	C	TOMADAS SERVIÇO
5			9	3				1,800	20	2.5	220	B	TOMADAS SALAS DE ESTAR E TV
6			6	1				900	20	2.5	220	A	TOMADAS SL, JANTAR / ESP. GOURMET
7			9	2				1,500	20	2.5	220	C	TOMADAS SUÍTES 01 E 02
8			7	1				1,000	20	2.5	220	A	TOMADAS SUÍTE MASTER
9						1		1,200	20	2.5	220	A	AR-CONDICIONADO SALA DE TV
10						1		1,200	20	2.5	220	B	AR-CONDICIONADO SUÍTE 01
11						1		1,200	20	2.5	220	C	AR-CONDICIONADO SUÍTE 02
12						1		1,200	20	2.5	220	A	AR-CONDICIONADO SUÍTE MASTER
13							1	4,500	32	6.0	220	A	CHUVEIRO SUÍTES 01 E 02
14							1	4,500	32	6.0	220	B	CHUVEIRO MASTER
15							1	4,500	32	6.0	220	C	CHUVEIRO SERVIÇO
16							1	4,500	32	6.0	220	B	SPA
17			BOMBA PISCINA					3,067	32	6.0	220	C	BOMBA 3,0CV
Soma	59	0	34	11	4	4	4	36,147	40	10.0	380.0		

Fonte: Próprio autor.

## 5.2 Cálculo de demanda

A NDU-001/2017, verificar Subseção 3.4.1, especifica o cálculo da demanda provável do consumidor individual, calculado a seguir.

Demanda Total Prevista =  $d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5$ , onde:

- $d_1$  = Demanda total de iluminação e tomadas;

Total de Iluminação e Tomadas = 10.280 W

FD = 0,24 (tab. 02 – NDU 001)

$d_1 = 10,28 \times 0,24 = 2,47 \text{ kW} = 2,68 \text{ kVA}$

- $d_2$  = Demanda total dos chuveiros;

Chuveiros (03 unidades) = 13.500 W

FD = 0,70 (tab. 03 – NDU 001)

$d_2 = 13,50 \times 0,70 = 9,45 \text{ kW} = 9,45 \text{ kVA}$

- $d_3$  = Demanda total da hidromassagem;

Hidromassagem (01 unidade) = 4.500 W

FD = 1,00 (tab. 04 – NDU 001)

$d_3 = 4,50 \times 1,00 = 4,50 \text{ kW} = 4,50 \text{ kVA}$

- $d_4$  = Demanda total dos ares-condicionados;

Ares-condicionados (04 unidades) = 4.800 W

$$FD = 0,78 \text{ (tab. 07 - NDU 001)}$$

$$d_4 = 4,80 \times 0,78 = 3,74 \text{ kW} = 4,07 \text{ kVA}$$

- $d_5 =$  Demanda total dos motores.

$$1 \times 3,0 \text{ CV}$$

$$d_5 = 1 \times 3,067 = 3,067 \text{ kW} = 3,19 \text{ kVA}$$

$$\text{Demanda total} = 2,47 + 9,45 + 4,50 + 3,74 + 3,067 = 23,22 \text{ kW}$$

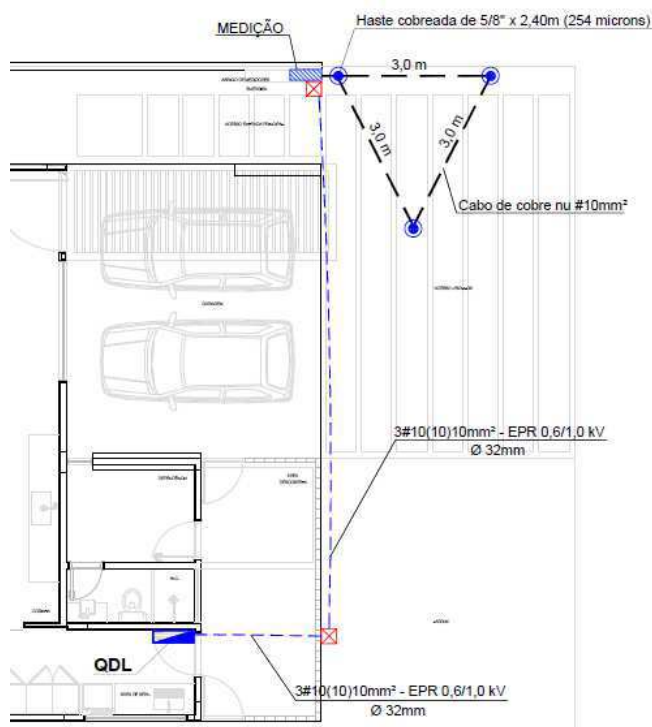
### 5.3 Entrada e medição de energia

A norma NDU-001/2017 da Energisa estabelece as condições de fornecimento de energia (Anexo A), que dependerá ou da carga instalada ou da sua demanda em kW.

Pela demanda de carga da residência calculada na seção anterior (23,22 kW) e seguindo a Tabela 15 da NDU-001/2017 (Verificar Anexo A), o fornecimento de energia deverá ser subterrânea na tensão de 380 V, com cabo de 10 mm<sup>2</sup> para fase, neutro e terra; proteção de 40 A; eletroduto de aço galvanizado 32 mm; e haste de aterramento de 2,4 m.

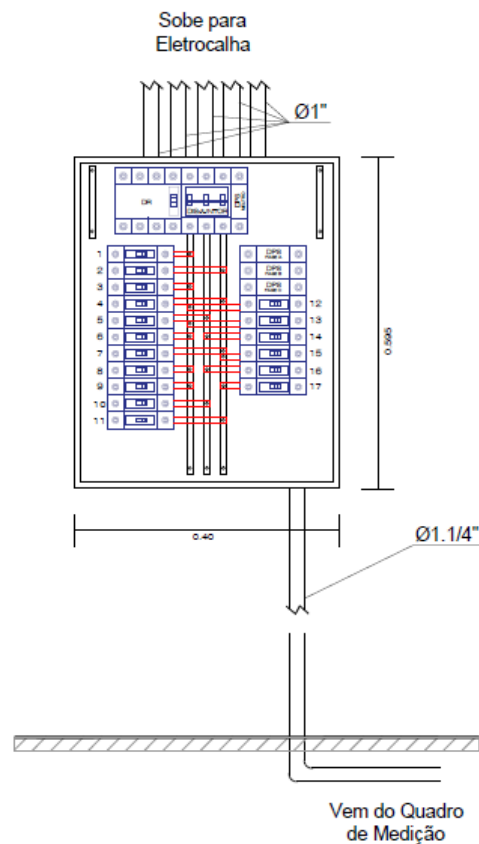
A medição será instalada no muro externo conforme padrão ENERGISA.

Figura 15 – Alimentação do QD e aterramento.



Fonte: Próprio autor.

Figura 16 – Detalhe do quadro de medição.



Fonte: Próprio autor.

Para proteção contra surtos, será instalado DPS, para as fases e neutro, no quadro geral, do tipo VCL 275 V (usado para sistemas de 220 V) 12,5 a 60 kA Slim Classe de isolamento I/II (tensão de impulso em kV suportável).

Toda a tubulação, quadros metálicos, aparelhos, máquinas e demais equipamentos deverão ser interligados de forma efetiva e contínua a terra, ligadas ao sistema geral. As hastes serão cobreadas de alta camada (254 microns) de 5/8" x 2,40 m.

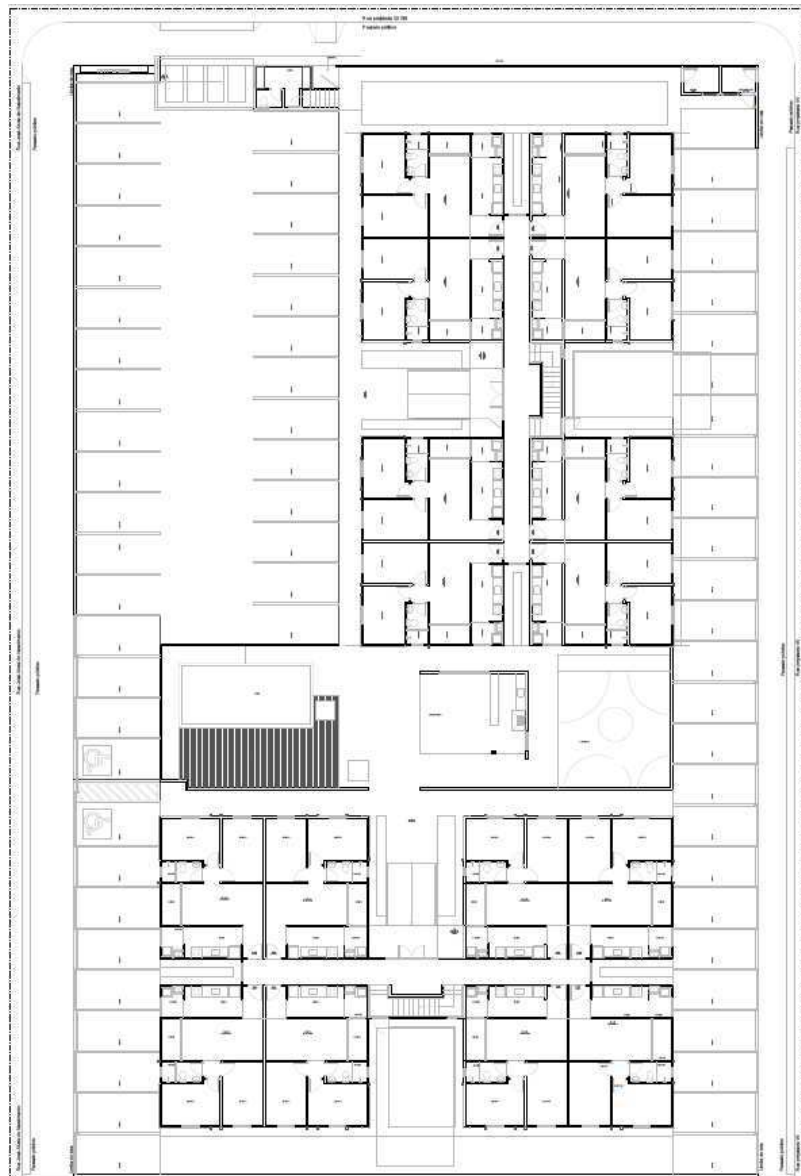
A planta do projeto elétrico completo está disponível no Apêndice [A](#).

## 6 Projeto elétrico predial

Após a familiarização com a metodologia na elaboração dos quadros de carga de algumas residências, foi encaminhado o projeto do condomínio residencial PORTAL PARK, composto por dois blocos, quatro pavimentos, cada, sendo um pavimento térreo e três pavimentos tipo, totalizando sessenta e quatro apartamentos.

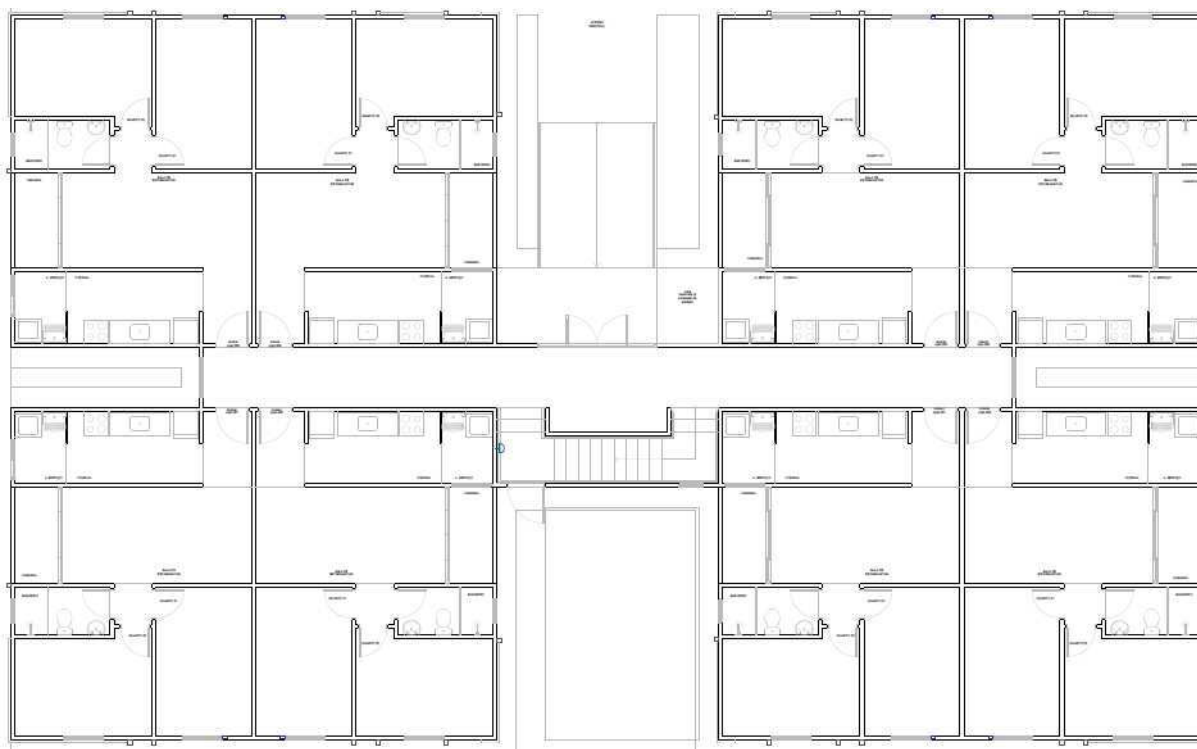
O projeto das instalações elétricas foi elaborado de acordo com as especificações aplicáveis da NBR-5410/2004, padrão e normas da concessionária e consideradas as proposições formuladas pelo autor do projeto arquitetônico, Figuras 17, 18 e 19.

Figura 17 – Planta baixa do condomínio residencial.



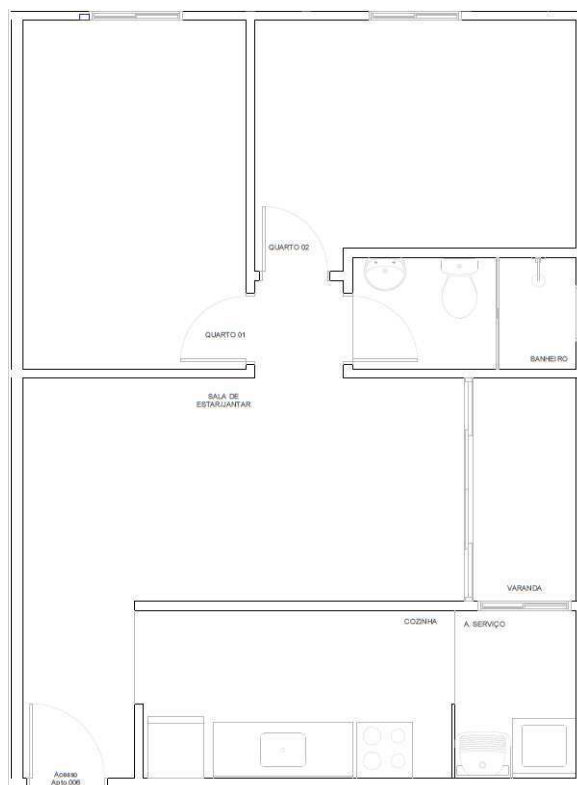
Fonte: Amadeu Projetos e Construções.

Figura 18 – Planta baixa do pavimento de um dos bloco do condomínio.



Fonte: Amadeu Projetos e Construções.

Figura 19 – Planta baixa de um dos apartamentos de um dos blocos do condomínio.



Fonte: Amadeu Projetos e Construções.

Foram projetadas as seguintes instalações:

- Sistema de iluminação interna;
- Sistema de iluminação externa.
- Circuitos e quadros;
- Entrada e medição de energia;

## 6.1 Quadros e circuitos

Inicialmente, a partir da planta e comandos da ferramenta AutoCad, pode-se conhecer as dimensões (área e perímetro) das diversas dependências dos apartamentos e das áreas interna e externa dos blocos do condomínio, Tabela 9, necessárias para aplicação das normas e assim poder definir a quantidade e localização dos pontos de iluminação, tomadas e quadros de distribuição.

Tabela 9 – Dimensões das dependências dos apartamentos.

ÁREA ÚTIL APARTAMENTO TIPO		
AMBIENTES	ÁREA	PERÍMETRO
CIRC. 02	0.82 m <sup>2</sup>	3.62 m
CIRC. 01	2.28 m <sup>2</sup>	6.20 m
A. SERV.	2.32 m <sup>2</sup>	6.18 m
VARANDA	2.64 m <sup>2</sup>	7.00 m
BANHEIRO	2.88 m <sup>2</sup>	7.20 m
COZINHA	6.05 m <sup>2</sup>	10.32 m
QUARTO 02	8.87 m <sup>2</sup>	12.68 m
QUARTO 01	9.00 m <sup>2</sup>	12.30 m
SALA ESTAR/JANTAR	11.40 m <sup>2</sup>	14.30 m
TOTAL ÁREA ÚTIL: 46.26 m <sup>2</sup>		

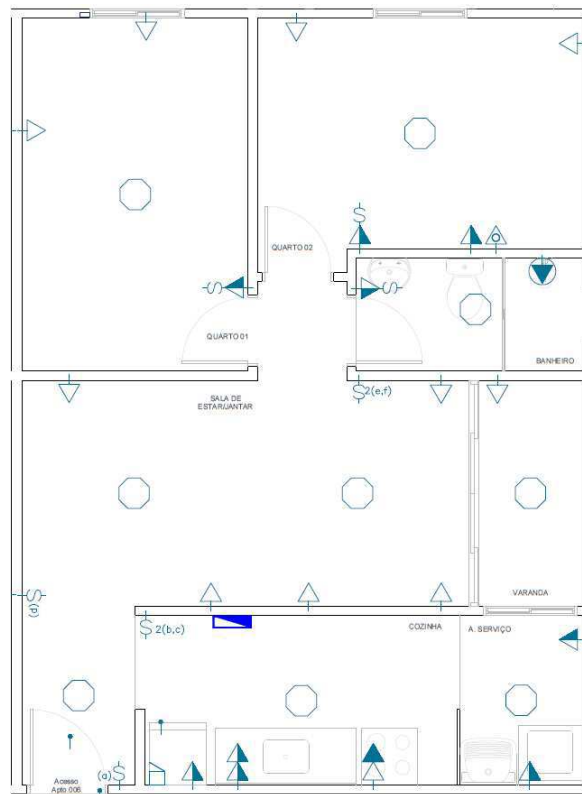
Fonte: Próprio Autor.

Os quatro pavimentos possuem oito apartamentos iguais, cada, sendo necessário um só projeto de instalação, e somente um tipo de Quadro de Carga, QDL – Tipo. O térreo, além dos oito apartamentos, possui uma área externa com playground, espaço gourmet, piscina com deck, garagens, guarita e banheiros. Desta forma, o condomínio precisou de um projeto de iluminação e tomadas da área comum externa e interna aos blocos, onde cinco quadros foram utilizados: QGC, QDC-Bloco A, QDC-Bloco B, QDC-Guarita e QDC-Portões.

Nos apartamentos, é colocada uma luminária por cômodo, havendo necessidade, aumenta-se esse número. A localização das tomadas depende do layout dos apartamentos,

sendo colocadas nos lugares onde se prevê o uso de aparelhos eletro-eletrônicos. Tomadas de uso específico para chuveiros elétricos são colocadas em todos os banheiros e condicionadores de ar colocados nos quartos e suítes. A Figura 20 mostra a planta de um dos apartamentos de um dos blocos do condomínio com a localização dos pontos instalados.

Figura 20 – Pontos de iluminação e tomadas em um dos apartamentos de um dos blocos do condomínio.



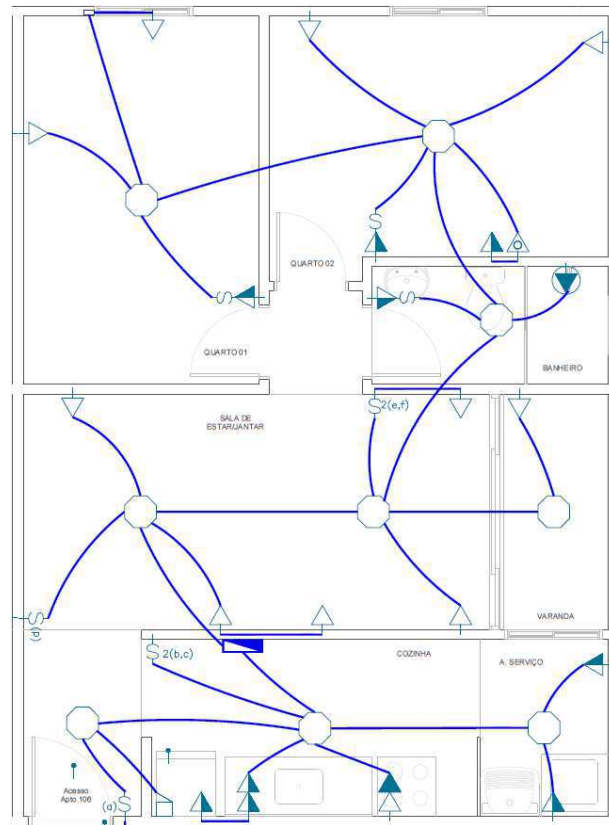
Fonte: Próprio autor.

Os apartamentos apresentaram, em seus projetos, seis circuitos terminais sendo um circuito de iluminação, três circuitos de tomadas de uso geral e dois circuitos de tomadas de uso específico, um para chuveiro elétrico e um para ar condicionado.

Após localizados os pontos de cargas, é feita a ligação dos condutores e eletrodutos tornando possível a especificação dos mesmos, Figura 21.



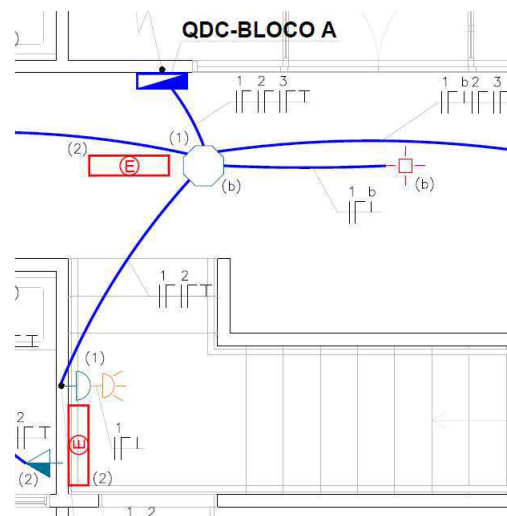
Figura 21 – Passagem de condutores e eletrodutos da instalação.



Fonte: Próprio autor.

O sistema de iluminação externa atenderá a iluminação da área de circulação e da área de lazer. Na área comum do prédio, como escadarias e corredores, o acendimento das lâmpadas está, normalmente, ligado a sensores de presença, Figura 22.

Figura 22 – Sensores de presença na área comum para iluminação.



Fonte: Amadeu Projetos e Construções.

Para a especificação das bombas para o sistema de recalque foram feitos os seguintes cálculos:

1. Consumo diário (considerando que todos os trinta e dois apartamentos de cada bloco sejam ocupados, cada um com três habitantes e um consumo diário de 200 l per capita):

$$C_D = 200 \times 32 \times 3 = 19200l$$

Para combate a incêndio, é necessário um aumento de 20% da capacidade do reservatório. Portanto, para o reservatório com capacidade 25452 l, é suficiente o fornecimento de 23040 l.

2. Vazão (Para fins práticos consideraremos o tempo de 4 horas para encher a caixa d'água):

$$Q = \frac{V}{\Delta t} = \frac{23040}{4} \frac{1}{3600} = 1.6l/s$$

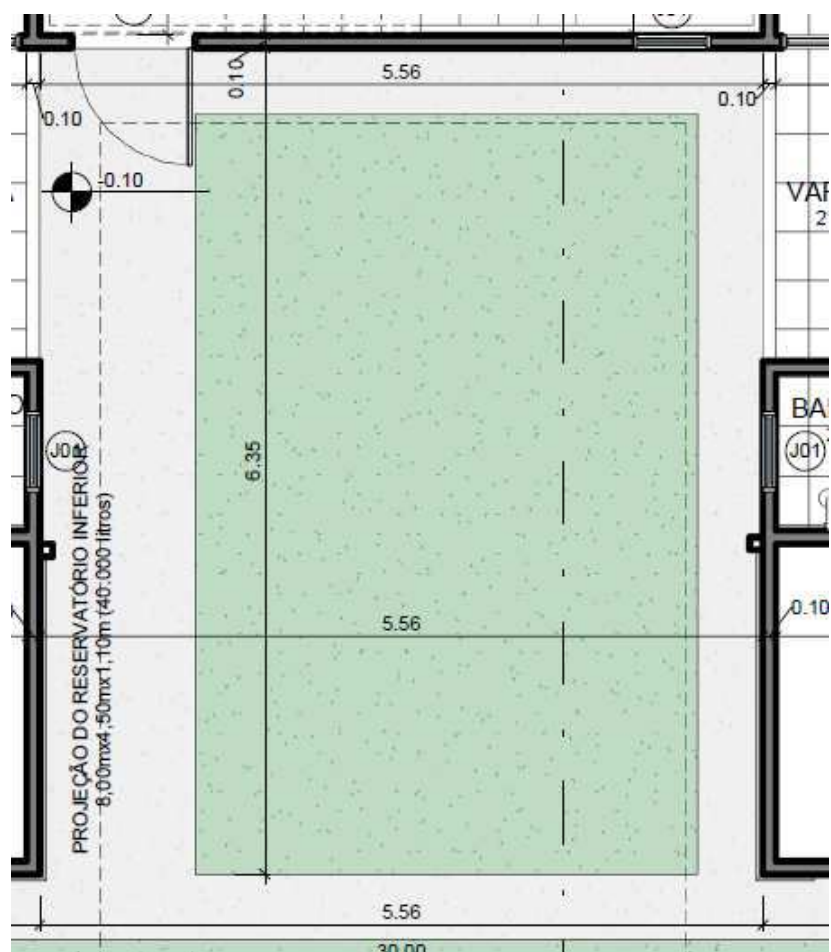
3. Velocidade no recalque, sucção e diâmetro interno do encanamento. Segundo a Tabela 7, para vazões maiores que 1,2 l/s, encontra-se no mercado tubulações de 40 e 50 mm de diâmetro. Portanto, para o recalque utiliza-se a tubulação com diâmetro de 40 mm, e recomenda-se um diâmetro superior para a sucção, sendo este o de 50 mm.

$$v_r = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 0,0016}{\pi \cdot 0,04^2} = 1,27m/s \quad v_s = \frac{4 \cdot 0,0016}{\pi \cdot 0,05^2} = 0,81m/s$$

4. Altura total de aspiração. Sabe-se que o reservatório inferior tem capacidade de 40000 l com dimensões de 8,00x4,50x1,10 m, Figura 23. Supõe-se, portanto, uma altura estática de aspiração de 0,5 m e um comprimento real para o tubo de 50 mm de 1,5 m. Sendo utilizados uma válvula de pé e um joelho de 90 °, Figura 24, e conforme a Figura 6, tem-se um comprimento adicional de 18,3 e 3,2 m, respectivamente. No ábaco da Figura 7 para Q=1,6 l/s e D=50 mm, obtêm-se  $V_o = 1$  m/s e  $J_1 = 0,025$ .

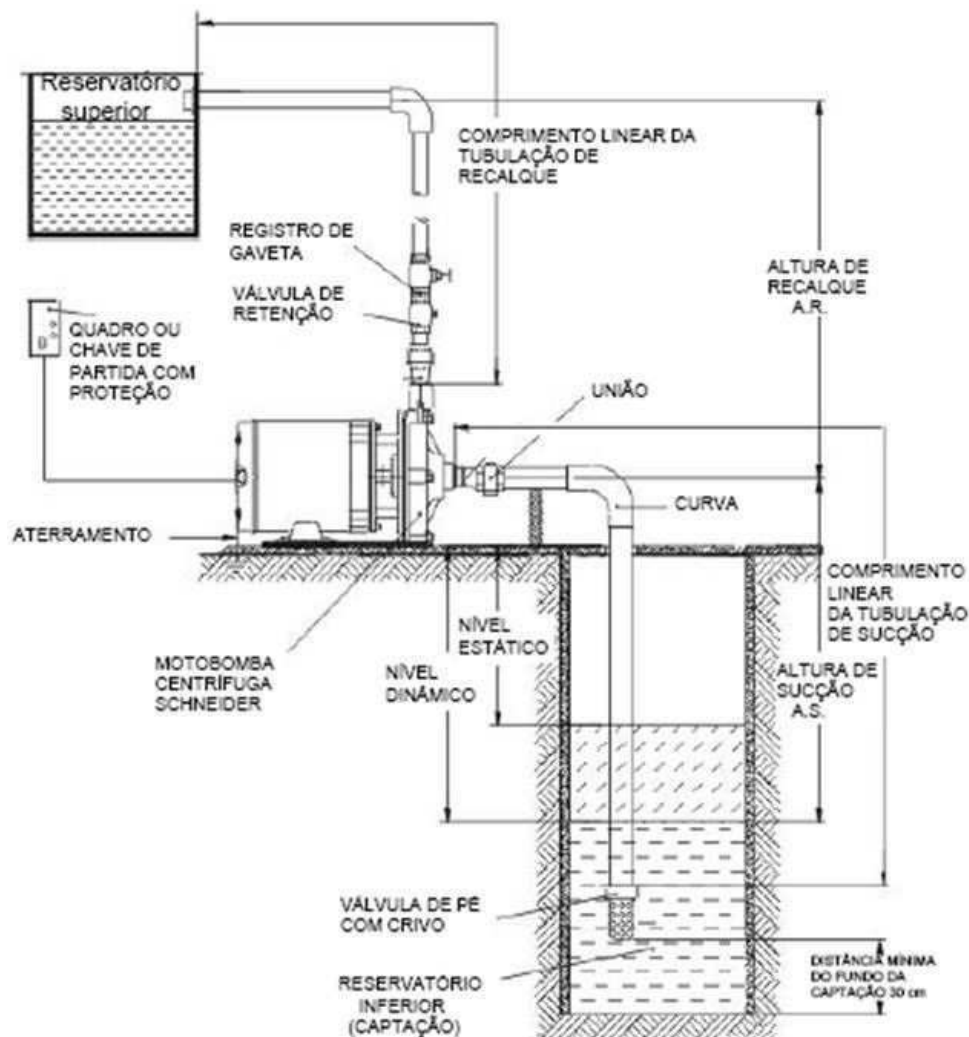
$$H_a = h_a + J_a + \frac{V_o^2}{2g} = 0,5 + (18,3 + 3,2) \times 0,025 + \frac{1^2}{2 \times 9,81} = 1,09mca$$

Figura 23 – Localização e dimensão do reservatório inferior.



Fonte: Próprio autor.

Figura 24 – Sistema de recalque típico.

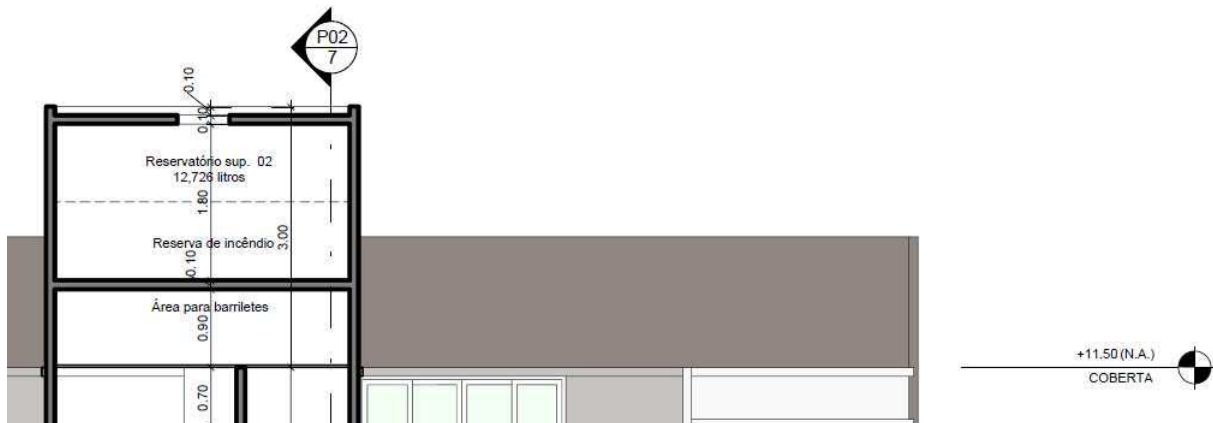


Fonte: Site: <https://slideplayer.com.br/slide/2264452/>.

5. Altura total de recalque. Sabe-se que a distância do solo à parte superior da caixa d'água é de aproximadamente 14,5 m, Figura 25. Supõe-se, portanto, somada a outras distâncias horizontais, um comprimento real para o tubo de 40 mm de 16 m. Sendo utilizados um registro de gaveta, uma válvula de retenção, uma entrada de borda e um joelho de 90°, o que conforme a Figura 6, tem-se um comprimento adicional de 0,4, 4,9, 1,8 e 2 m, respectivamente. No ábaco da Figura 7 para  $Q=1,6$  l/s e  $D=40$  mm, obtêm-se  $V_r = 1,6$  m/s e  $J_2 = 0,08$ .

$$H_r = h_r + J_r = 14,5 + (0,4 + 4,9 + 1,8 + 2) \times 0,08 = 15,23mca$$

Figura 25 – Localização e altura do reservatório superior.



Fonte: AMADEU Projetos e Construções.

6. Altura manométrica:

$$H = H_a + H_r = 1,09 + 15,23 = 16,32mca$$

7. Escolha da bomba. Baseado nos valores da altura manométrica total (16,32 mca) e de vazão ( $20,04/4 = 5,76 m^3/h$ ) e utilizando bombas centrífugas para aplicações em instalações prediais da marca Schneider, foi decidido o modelo BC-91 S/T de 1 cv e rendimento 38,8%, Figura 26.

Figura 26 – Escolha da bomba a partir da altura manométrica e vazão.

MODELO	Potência (cv)	Monofásico	Trifásico	Ø Sucção (pol)	Ø Recalque (pol)	Pressão máxima sem vazão (m.c.a.)	Altura máxima de sucção (m.c.a.)	Ø Rotor (mm)	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS																	
									Altura Manométrica Total (m.c.a.)																	
									2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	18	20		
									Vazão em m <sup>3</sup> /h válida para sucção de 0 m.c.a.																	
BC-91 S/T	1/6	x		1 1/4	1	13	8	83	7,5	7,0	6,6	6,1	5,6	5,0	4,5	3,8	3,1	2,3								
	1/4	x		1 1/4	1	15	8	92	8,2	7,9	7,5	7,1	6,7	6,3	5,9	5,4	4,8	4,3	3,6	2,8	1,8					
	1/3	x	x	1 1/4	1	18	8	97	*	*	*	8,0	7,7	7,3	6,9	6,5	6,1	5,6	5,2	4,6	4,1	2,7				
	1/2	x	x	1 1/4	1	23	8	111	*	*	*	*	*	*	7,7	7,4	7,2	6,9	6,6	6,3	6,0	5,3	4,5	3,4		
	3/4	x	x	1 1/4	1	26	8	120	*	*	*	*	*	*	*	*	7,6	7,3	7,1	6,8	6,6	6,0	5,4	4,7		
1	x	x	1 1/4	1	28	8	123	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	7,6	7,3	7,1	6,5	6,0	5,3			

Motor WEG IP-21, 2 polos, 60 Hz

Modelo BC-91 S: motobomba sem intermediário. Rotor fechado de alumínio. Temperatura máxima do líquido bombeado: 70 °C.  
Modelo BC-91 T: motobomba com intermediário. Rotor fechado de alumínio. Para bombeamento de água acima de 70 °C, utilize rotor de bronze e selo mecânico de Viton®.

Fonte: Catálogo de bombas Schneider.

8. Potência requisitada pela bomba:

$$P_{abs} = \frac{\gamma QH}{75\eta} = \frac{1000 \times 0,0016 \times 16,82}{75 \times 0,388} = 0,925cv$$

9. Potência absorvida pela rede. Segundo Tabela 10 da NDU-001/2017 (Anexo B), a potência absorvida pela rede de motores trifásicos de 1 cv é de 1,132 kW.

Conhecidas as cargas, divididos os circuitos e sabendo as distâncias de seus condutores, é feito a especificação de cabos e da proteção, disponibilizado seus valores nos quadros de distribuição, Figuras 27, 28, 29, 30 e 31. Os desenhos técnicos da instalação completa de todas áreas do condomínio encontram-se no Apêndice B.

Figura 27 – Quadro de distribuição dos apartamentos.

CIRCUITO N°	ILUMINAÇÃO (W)		TOMADAS (W)					CARGA (W)	PROTEÇÃO (A)	CONDUTOR (mm²)	TENSÃO (V)	FASES (A, B, C)	OBSERVAÇÃO
	20	2x20	100	300	600	815	4.500						
1	09							180	16	1,5	220		ILUMINAÇÃO
2			03	02	01			1.500	20	2,5	220		TOMADAS COZINHA / SERVIÇO
3			05	01				800	20	2,5	220		TOMADAS SALA
4			06	02				1.200	20	2,5	220		TOMADAS QUARTOS
5						01		815	20	2,5	220		AR-CONDICIONADO
6							01	4.500	32	6,0	220		CHUVEIRO
TOTAL	09	0	14	05	01	01	01	8.995	50	10,0	220		

Fonte: Próprio autor.

Figura 28 – Quadro de distribuição do bloco A e B.

CIRCUITO N°	ILUMINAÇÃO (W)			TOMADAS (W)				CARGA (W)	PROTEÇÃO (A)	CONDUTOR (mm²)	TENSÃO (V)	FASES (A, B, C)	OBSERVAÇÃO
	20	2x20	70	100	300	900	4.500						
1	32							640	16	1,5	220	A	ILUMINAÇÃO
2	16							320	20	2,5	220	B	ILUMINAÇÃO EMERGÊNCIA
3				04				400	20	2,5	220	C	TOMADAS
4	MOTOR BOMBA - BLOCO A							6.900	40	6,0	380	A,B,C	BOMBA 7,5 CV
5	PREVISÃO ELEVADOR - BLOCO A							6.900	40	6,0	380	A,B,C	ELEVADOR 7,5 CV
TOTAL	48	0	0	04	0	0	0	15.160	50	10,0	380	A,B,C	

Fonte: Próprio autor.

Figura 29 – Quadro de distribuição da guarita.

CIRCUITO N°	ILUMINAÇÃO (W)			TOMADAS (W)				CARGA (W)	PROTEÇÃO (A)	CONDUTOR (mm²)	TENSÃO (V)	FASES (A, B, C)	OBSERVAÇÃO
	20	2x20	70	100	300	2.000	4.500						
1	17							340	16	1,5	220	A	ILUMINAÇÃO GARAGEM
2	17							340	16	1,5	220	B	ILUMINAÇÃO GARAGEM
3	22							440	16	1,5	220	C	ILUMINAÇÃO FACHADAS
4	12							240	16	1,5	220	A	ILUMINAÇÃO PSICINA / PLAYGROUND
5	11							220	16	1,5	220	A	ILUMINAÇÃO GUARITA / ESP. GOURMET
6				02	01			500	20	2,5	220	A	TOMADAS GUARITA
7				04	01			700	20	2,5	220	A	TOMADAS ESPAÇO GOURMET
8						01		2.000	20	2,5	220	C	TOMADA BOMBA PISCINA
9	ALIMENTAÇÃO PORTÃO							2.073	20	2,5	220	B	MOTOR 2,0CV
10	ALIMENTAÇÃO LETREIRO							400	16	1,5	220	A	ILUMINAÇÃO LETREIRO
TOTAL	79	0	0	06	02	01	0	7.253	32	6,0	380	A,B,C	

Fonte: Próprio autor.

Figura 30 – Quadro de distribuição dos portões.

CIRCUITO N°	ILUMINAÇÃO (W)			MOTOR (CV)				CARGA (W)	PROTEÇÃO (A)	CONDUTOR (mm²)	TENSÃO (V)	FASES (A, B, C)	OBSERVAÇÃO
	20	2x20	70	1/3	1	2	3						
1				02				1.044	20	2,5	220	A	PORTÕES VAGAS 27, 28, 29 E 30
2				02				1.044	20	2,5	220	B	PORTÕES VAGAS 31, 32, 33 E 34
3				03				1.566	20	2,5	220	C	PORTÕES VAGAS 35, 36, 37, 38 E 39
4				02				1.044	20	2,5	220	A	PORTÕES VAGAS 40, 41, 42 E 43
5				02				1.044	20	2,5	220	B	PORTÕES VAGAS 44, 45, 46 E 47
6				02				1.044	20	2,5	220	C	PORTÕES VAGAS 48, 49, 50 E 51
7				02				1.044	20	2,5	220	A	PORTÕES VAGAS 52, 53, 54 E 55
8				02				1.044	20	2,5	220	C	PORTÕES VAGAS 56, 57, 58 E 59
9				03				1.566	20	2,5	220	B	PORTÕES VAGAS 60, 61, 62, 63 E 64
TOTAL	0	0	0	20	0	0	0	10.440	32	6,0	380	A,B,C	

Fonte: Próprio autor.

Figura 31 – Quadro de distribuição geral do condomínio.

CIRCUITO N°	ILUMINAÇÃO (W)			TOMADAS (W)				CARGA (W)	PROTEÇÃO (A)	CONDUTOR (mm²)	TENSÃO (V)	FASES (A, B, C)	OBSERVAÇÃO
	20	2x20	70	100	300	900	4.500						
1	ALIMENTAÇÃO DO QDC-GUARITA							7.253	32	6,0	380	A,B,C	QDC-GUARITA
2	ALIMENTAÇÃO DO QDC-BLOCO A							8.260	50	10,0	380	A,B,C	QDC-BLOCO A
3	ALIMENTAÇÃO DO QDC-BLOCO B							8.260	50	10,0	380	A,B,C	QDC-BLOCO B
4	ALIMENTAÇÃO DO QDC-PORTÕES							10.440	32	6,0	380	A,B,C	QDC-PORTÕES
5	ALIMENTAÇÃO DO QF-BOMBAS							2.264	25	6,0	380	A,B,C	QF-BOMBAS
6	ALIMENTAÇÃO DO QF-INCÊNDIO							6.900	40	6,0	380	A,B,C	QF-INCÊNDIO
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	43.377	70	16,0	380	A,B,C	

Fonte: Próprio autor.

Os circuitos deverão ser protegidos por disjuntores automáticos de proteção termomagnética. Na proteção do quadro geral, será instalado um disjuntor diferencial “DR”. Os disjuntores para a proteção dos chuveiros serão do tipo B (Curva Magnética), os demais disjuntores serão do tipo C.

Os eletrodutos serão de PVC rígido tipo bolsa ou corrugado. Assim como o cálculo de queda de tensão nos condutores das cargas, os eletrodutos também são calculados com suporte da ferramenta Excel. Em geral, utiliza-se o de seção 3/4” para até cinco circuitos, ou dez cabos de seções variadas até  $6,0\text{mm}^2$ . Ao aumentar o número de circuitos, aumenta-se o número de eletrodutos, ou a seção destes, sendo nenhum inferior a 3/4”.

Para proteção contra surtos, será instalado DPS, para as fases e neutro, no quadro geral, do tipo VCL 275 V (usado para sistemas de 220 V) 12,5/60 kA Slim Classe I/II.

Toda a tubulação, quadros metálicos, aparelhos, máquinas e demais equipamentos deverão ser interligados de forma efetiva e contínua a terra, ligadas ao sistema geral. As hastes serão cobreadas de alta camada (254 microns) de 5/8” x 2,40 m.

## 6.2 Cálculo de demanda

### 6.2.1 Quadro de distribuição geral

Para edificações de uso coletivo, a NDU-03/2017 especifica o cálculo de demanda (verificar Subseção 3.4.1), calculada a seguir.

$$\text{Demanda da edificação} = D = D_1 + D_2$$

$$\text{Demanda dos apartamento residenciais} = D_1 = f \times a$$

Sabendo que são sessenta e quatro apartamentos com área de  $48 \text{ m}^2$  cada, de acordo com as tabelas 1 e 2 da NDU-003/2017 (Anexo C e Figura 32), tem-se que os valores de  $f$  (fator de multiplicação de demanda) e de  $a$  (demanda por apartamento em função da sua área útil), respectivamente, são  $43,18 \text{ kW}$  e  $1,16$ . Portanto

$$D_1 = f \times a = 43,18 \times 1,16 = 50,09 \text{ kW}$$

Figura 32 – Demanda por área útil para apartamentos residenciais.

ÁREA ÚTIL (m <sup>2</sup> )	DEMANDA (kW)	ÁREA ÚTIL (m <sup>2</sup> )	DEMANDA (kW)	ÁREA ÚTIL (m <sup>2</sup> )	D (kW)
até 15	0,39	86 - 90	1,96	241 - 260	5,07
16 - 20	0,51	91 - 95	2,06	260 - 280	5,42
21 - 25	0,62	96 - 100	2,16	281 - 300	5,76
26 - 30	0,73	101 - 110	2,35	301 - 350	6,61
31 - 35	0,84	111 - 120	2,54	351 - 400	7,45
36 - 40	0,95	121 - 130	2,73	401 - 450	8,28
41 - 45	1,05	131 - 140	2,91	451 - 500	9,1
46 - 50	1,16	141 - 150	3,1	501 - 550	9,91
51 - 55	1,26	151 - 160	3,28	551 - 600	10,71
56 - 60	1,36	161 - 170	3,47	601 - 650	11,51
61 - 65	1,47	171 - 180	3,65	651 - 700	12,3
66 - 70	1,57	181 - 190	3,83	701 - 800	13,86
71 - 75	1,67	191 - 200	4,01	801 - 900	15,4
76 - 80	1,76	201 - 220	4,36	901 - 1000	16,93
81 - 85	1,86	221 - 240	4,72		

Fonte: NDU-003/2017.

A demanda do condomínio é calculada conforme critérios da NDU-001/2017.

Demanda do condomínio =  $D_2 = d_1 + d_5$ , onde:

- $d_1$  = Demanda total de iluminação e tomadas;

Total de Iluminação e Tomadas =  $3900 + 4000 = 7900 \text{ W}$



$$FD = 0,86 \text{ (tab. 02 – NDU 001/2017 - Anexo D)}$$

$$d_1 = 7,9 \times 0,86 = 6,79 \text{ kW}$$

- $d_5 =$  Demanda total dos motores.

– Monofásicos

\* 20 x 1/3 cv

$$FD = 0,44 \text{ (Tab. 09 – NDU 001/2017 - Anexo E)}$$

$$20 \times 0,44 \times 0,7 = 6,16 \text{ kW}$$

\* 1 x 2 cv

$$FD = 1,95 \text{ (Tab. 09 – NDU 001/2017 - Anexo E)}$$

$$2 \times 1,95 \times 0,9 = 3,51 \text{ kW}$$

– Trifásicos

\* 2 x 1 cv

$$FD = 1,38 \text{ (Tab. 10 – NDU 001/2017 - Anexo B)}$$

$$2 \times 1,38 \times 0,81 = 2,24 \text{ kW}$$

\* 3 x 7,5 cv

$$FD = 5,68 \text{ (Tab. 10 – NDU 001/2017 - Anexo B)}$$

$$3 \times 5,68 \times 0,85 = 14,84 \text{ kW}$$

$$d_5 = 6,16 + 3,51 + 2,24 + 14,84 = 26,75 \text{ kW}$$

$$D_2 = d_1 + d_5 = 6,79 + 26,75 = 33,54 \text{ kW}$$

$$\text{Demanda total} = D = 50,09 + 33,54 = 83,63 \text{ kW}$$

### 6.2.2 Quadro de medição 01

Demanda dos apartamentos: dezesseis apartamentos tipo com área útil de 46,26  $m^2$ .

$$D_A = f \times a = 14,32 \times 1,16 = 16,61 \text{ kW}$$

$$\text{Demanda do condomínio} = 33,54 \text{ kW}$$

$$D_{QM01} = D_A + D_B = 16,61 + 33,54 = 50,15 \text{ kW}$$

Logo, os cabos escolhidos serão de EPR 25  $mm^2$  para as fases, o neutro e o terra, o disjuntor geral de 100 A, eletroduto de aço galvanizado 50 mm e barramento de cobre seção transversal 4,76 x 38,10 mm. (Anexo A)

### 6.2.3 Quadros de medição 02, 03 e 04

Demanda dos apartamentos: dezesseis apartamentos tipo com área útil de 46,26  $m^2$ .

$$D_{QM_{02,03,04}} = 16,61 \text{ kW}$$

Logo, os cabos escolhidos serão de EPR 16  $mm^2$  para as fases, o neutro e o terra, o disjuntor geral de 70 A (Proteção do apartamentos é 50 A), eletroduto de aço galvanizado 40 mm e barramento de cobre seção transversal 4,76 x 38,10 mm.

### 6.2.4 Quadros de distribuição individual dos apartamentos

A carga instalada individual dos apartamentos é de 8995 W. Logo, segundo a Tabela 15 da NDU-001/2017 (Anexo A), escolhe-se a categoria de atendimento M2 (monofásica) onde o cabo escolhido = 10  $mm^2$ , o disjuntor é de 50 A e o eletroduto de aço galvanizado de 20 mm.

## 6.3 Entrada e medição de energia

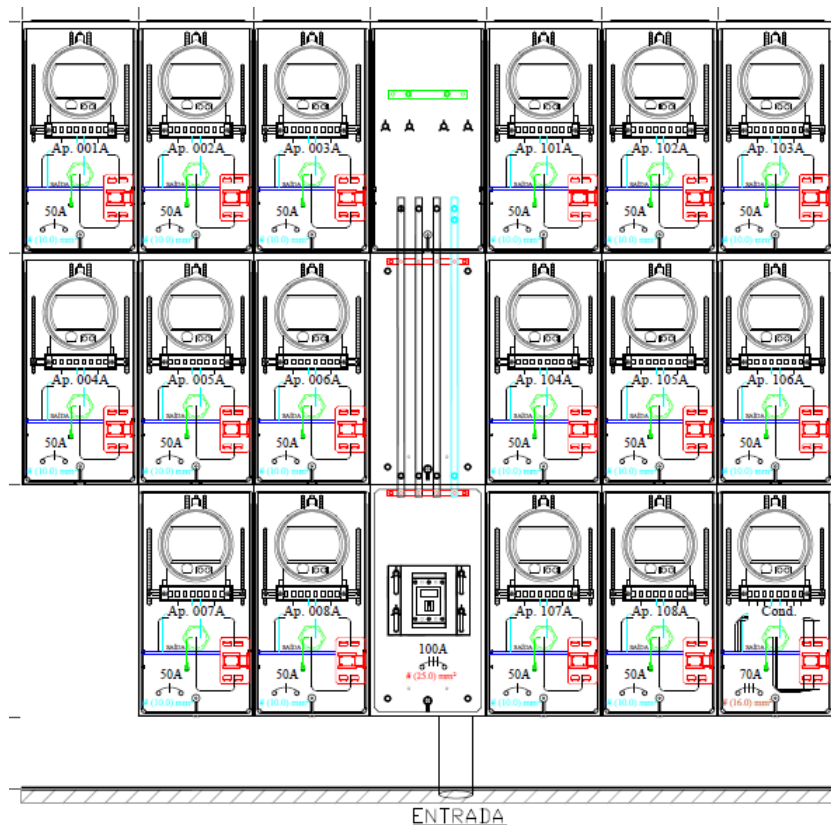
Pela demanda de carga total do condomínio (83,63 kW) e a Tabela 4 da NDU-003/2017 (Anexo F), o fornecimento de energia deverá ser subterrânea na tensão de 380 V, com cabo EPR 70  $mm^2$  para fase e EPR 35  $mm^2$  para o neutro; proteção de 150 A; e acondicionados em dutos subterrâneos de aço galvanizado 80 mm;

Do Quadro Geral de Entrada serão alimentados os quadros de medição de onde serão derivados os circuitos de alimentação dos quadros de distribuição dos apartamentos e do condomínio. A medição será feita na baixa tensão, localizada no muro externo, conforme padrão ENERGISA. É a partir do quadro de medição que é feita a alimentação dos quadros de distribuição de cada apartamento e do condomínio.

Cada apartamento deverá ter sua medição individual, assim como a medição do condomínio. Serão, então, sessenta e cinco medidores, sessenta e quatro para os apartamentos e um para o condomínio.

Serão utilizados quatro conjuntos de medição, três para dezesseis medidores monofásicos, cada, responsáveis pela medição de apartamentos e um para dezesseis medidores monofásicos e um trifásico responsáveis pela medição de apartamentos e do condomínio, Figura 33. Os módulos para medição devem ser confeccionados com caixas de material polimérico e tampas em policarbonato, conforme item 12.1 da NDU-003, da ENERGISA.

Figura 33 – Quadro de medição 01 do condomínio.



Fonte: Próprio autor.

Será instalada uma malha de terra no Pavimento Térreo do edifício. Todas as partes metálicas não energizadas serão ligadas ao sistema geral de terra em cabo de cobre nu  $35 \text{ mm}^2$  e haste de terra copperweld de  $5/8'' \times 2,40\text{m}$ , os quais fornecerão uma resistência inferior a 10 ohms. Na malha da entrada de energia, será utilizado cabo de cobre nu de  $35 \text{ mm}^2$  para interligação das hastes, e cabo de cobre isolado  $35 \text{ mm}^2$ ,  $25 \text{ mm}^2$  e  $16 \text{ mm}^2$  para interligação com os quadros. Todas as hastes serão interligadas ao cabo de terra através de conector GTDU. Para aterramento dos Quadros de Medição, serão instaladas 06(seis) hastes de terra copperweld  $5/8'' \times 2,40 \text{ m}$  (254 microns).

## 7 Projeto elétrico comercial

O projeto da DIVCOM (empresa especializada na fabricação de cosméticos, medicamentos e alimentos funcionais) consistiu em uma nova etapa na elaboração de projetos, já que corresponde a um espaço comercial. O projeto inclui a instalação elétrica de apenas um pavimento que contém um galpão e um mezanino.

Para a especificação de diversos dispositivos de entrada, proteção e medição, é levado em conta a demanda de cargas de mais duas unidades consumidoras que são alimentadas pela mesma subestação, sendo estas a BRASPRESS (empresa de transporte de encomendas) e um condomínio.

Conforme disposto na NBR 13534, é obrigatória a disponibilidade de geração própria (fonte de segurança) para as unidades consumidoras que prestam assistência a saúde, tais como: hospitais, centro de saúde, postos de saúde e clínicas. [NDU-001/2017]

Foram projetadas as seguintes instalações:

- Sistema de iluminação interna;
- Circuitos e quadros;
- Subestação aérea de 300kVA.
- Entrada e medição de energia;
- Sistema de geração.

### 7.1 Projeto luminotécnico

O sistema de iluminação interna foi projetado considerando todas as normas estabelecidas na ABNT através da NBR 8995-1/2013, que define os níveis de iluminamento necessário para cada ambiente. Como o projeto se destina a um centro de distribuição de produtos farmacêuticos em que a área é usada como armazenamento e expedição, a especificação de iluminância escolhida foi de 300 lux, como pode ser verificado na Tabela da seção 5 da da norma mencionada, Figura 34.

Figura 34 – Especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor por tarefas e atividades.

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\bar{E}_m$ lux	UGRL	$R_a$	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	

Fonte: (ABNT, 2013).

Depois de conhecida a iluminância total necessária do ambiente, determina-se a luminária. Para este projeto decidiu-se pela ZEUS 100 do fabricante FML, indicada para ambientes internos e galpões. Seu fluxo luminoso é de 13100 lm e seu índice de reprodução de cor é maior que 70%, o que está acima do exigido pela norma que é de no mínimo 60%.

Figura 35 – Holofote modular Zeus 100W Tecnologia LED SMD.

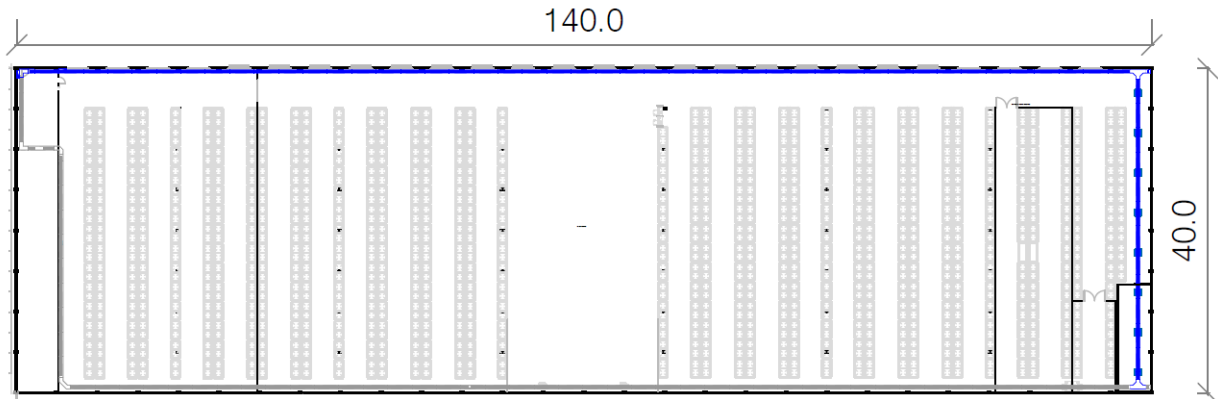


Fonte: Catálogo de luminárias FML.

O próximo passo para especificação é determinar o índice do local  $k$ , que relaciona as dimensões do recinto (Figura 36) com o tipo de luminária, onde:

$$k = \frac{c \times l}{h(c + l)} = \frac{140 \times 40}{7.7(140 + 40)} = 4,04$$

Figura 36 – Dimensões do galpão da DIVCOM.



Fonte: Amadeu Projetos e Construções.

De acordo com o índice calculado  $k$ , considerando que as superfícies do ambiente (teto, parede e piso) sejam de característica reflexiva média e com suporte da tabela de coeficiente de utilização  $u$  para uma luminária refletora suspensa (Figura 37), determina-o em  $u = 0,83$ .

Figura 37 – Tabela de fator de utilização para refletores suspensos em teto.

Luminária	Refletâncias													
	Teto	$\rho_1$			0,8			0,5			0,3			
	Parede	$\rho_2$	0,8	0,5	0,3	0,5	0,3	0,8	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	
	Piso	$\rho_3$	0,3						0,1					
Índice do Recinto		K												
A 2.1	0,6	0,61	0,36	0,29	0,35	0,29	0,58	0,33	0,29	0,35	0,29	0,28		
	0,8	0,74	0,47	0,39	0,45	0,38	0,69	0,46	0,39	0,45	0,38	0,37		
	1	0,82	0,55	0,46	0,52	0,45	0,77	0,53	0,45	0,51	0,44	0,45		
	1,25	0,90	0,63	0,54	0,61	0,53	0,82	0,61	0,53	0,59	0,53	0,51		
	1,5	0,95	0,69	0,60	0,66	0,59	0,87	0,67	0,59	0,64	0,57	0,56		
	2	1,02	0,79	0,70	0,75	0,68	0,92	0,75	0,67	0,72	0,65	0,64		
	2,5	1,08	0,87	0,78	0,81	0,74	0,96	0,81	0,73	0,77	0,72	0,70		
	3	1,13	0,93	0,84	0,86	0,79	0,99	0,85	0,78	0,81	0,78	0,75		
	4	1,17	1,01	0,92	0,94	0,87	1,02	0,90	0,85	0,88	0,83	0,81		
	5	1,18	1,04	0,96	0,95	0,90	1,02	0,93	0,87	0,89	0,85	0,83		



Fonte: Tipos de luminárias e curvas CDL LUMINE.

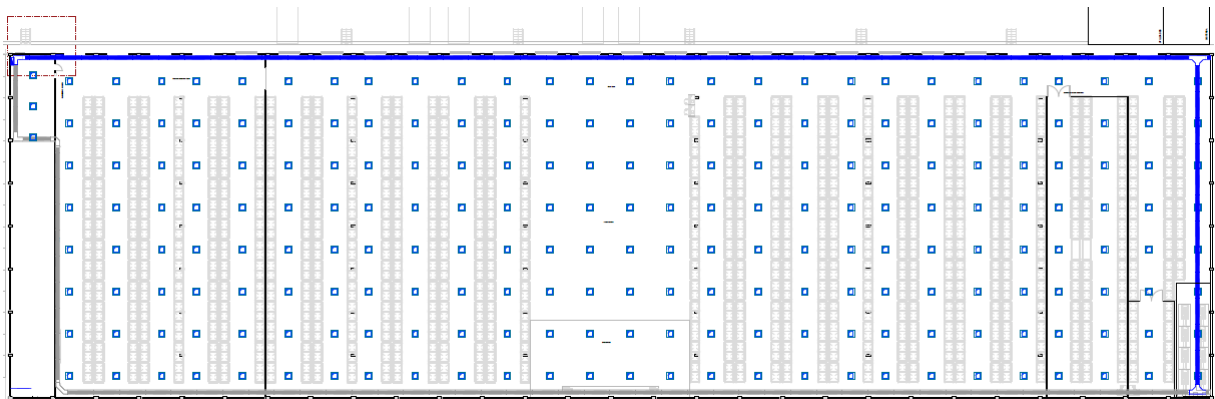
A partir dos valores calculados e de acordo com a Tabela 2 contendo os valores de

depreciação para luminárias comerciais (FPL = 0.75), pode-se determinar o número de luminárias que deve ser utilizada no ambiente:

$$n = \frac{E \cdot A}{N \cdot \phi \cdot u \cdot FPL} = \frac{300 \times 140 \times 40}{1 \times 13100 \times 0,83 \times 0,75} \simeq 206,015$$

Para uma melhor distribuição das luminárias no recinto, foram utilizadas 211 no total, dispostas em 8 fileiras com 26 luminárias, cada, espaçadas igualmente, e mais 3 restantes em uma área próxima a administração como pode ser visto na Figura 38. Para a área de administração foram seguidas regras semelhantes aos projetos anteriores conforme NBR-5410/2004. Todos os materiais aplicados no projeto de iluminação interna estão especificados na planta e na especificação de materiais.

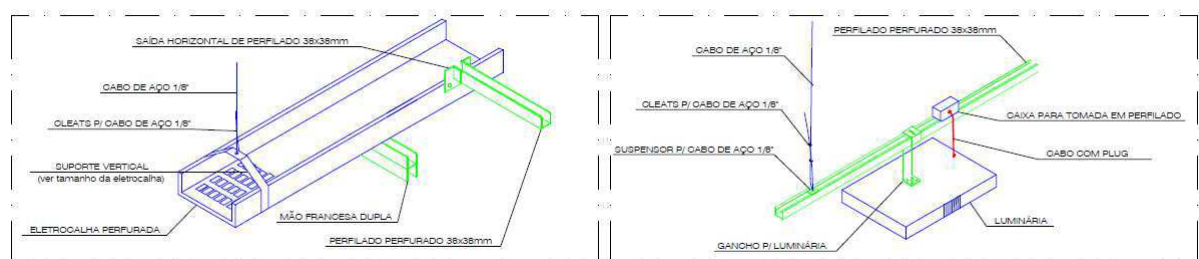
Figura 38 – Pontos de luz distribuídos no galpão da DIVCOM.



Fonte: Próprio autor.

Todas as luminárias serão suspensas por perfilado perfurado 38x38 mm, o mesmo sendo fixado às eletrocalhas e suspenso por cabos de aço 1/8”, como pode ser visto na Figura 39.

Figura 39 – Eletrocalhas e perfilado para suspensão e passagem de circuito das luminárias.



Fonte: Próprio autor.

## 7.2 Quadros e circuitos

As cargas da DIVCOM consistem basicamente da iluminação interna do galpão, iluminação de diversos ambientes da parte administrativa (escritório, refeitório, banheiros, vestiários, etc), tomadas de uso geral, dez carregadores de empilhadeiras elétricas de alimentação trifásica e os equipamentos para refrigeração que somam treze condensadores, sete evaporadores e vinte e oito cortinas de ar. A própria empresa DIVCOM junto ao fabricante dos equipamentos de refrigeração decidiram a localização das cargas de refrigeração, ficando a cargo da empresa Amadeu a distribuição de quadros e a especificação da instalação elétrica.

Após determinados os pontos de cargas e localizados os quadros de distribuição, é feita a ligação dos condutores e eletrodutos tornando possível a especificação dos mesmos. A instalação completa se dividiu em um total de quatorze quadros de distribuição, sendo um geral, Figura 40. Este quadro geral alimenta o quadro de iluminação do galpão (Figura 41), o quadro de força do galpão (Figura 42), o quadro do pavimento térreo da administração (Figura 43), o quadro do pavimento superior da administração (Figura 44) e o quadro do equipamentos de condicionamento do ar (Figura 45), este último alimentando sete quadros dedicados aos evaporadores e condensadores (Figuras 46 e 47) e um para as cortinas de ar (Figura 48).

As correntes previstas em cada circuito terminal são baseadas na potência e tensão do circuito, além de serem ajustadas de acordo do modo em que são agrupadas. Em seguida, os cabos são especificados levando em conta seção mínima, capacidade de corrente e queda de tensão. A proteção é especificada de acordo com a corrente já prevista e capacidade de corrente dos cabos. Os cabos e proteção do quadro geral é definido de acordo com o cálculo de demanda e Tabela 4 da NDU-003/2017 (Anexo F). As plantas e os diagramas unifilares de toda a instalação estão disponíveis no Apêndice C.

Figura 40 – Quadro de cargas geral, QGBT.

CIRCUITO N°	ILUMINAÇÃO (w)			TOMADAS (w)					CARGA (W)	PROTEÇÃO (A)	CONDUTOR mm <sup>2</sup>	TENSÃO (V)	FASES (A,B,C)	OBSERVAÇÃO
	32	2x20	2x32	100	300	600	900	1.200						
1	ALIMENTAÇÃO QDL-GALPÃO								21.600	40	6,0	380	A,B,C	QDL-GALPÃO
2	ALIMENTAÇÃO QDT-GALPÃO								55.500	100	25,0	380	A,B,C	QDT-GALPÃO
3	ALIMENTAÇÃO QDL-ADM TER								6.420	25	6,0	380	A,B,C	QDL-ADM TER
4	ALIMENTAÇÃO QDL-ADM SUP								9.280	25	6,0	380	A,B,C	QDL-ADM SUP
5	ALIMENTAÇÃO QGAr								192.047	350	185,0	380	A,B,C	QGAr
6	ALIMENTAÇÃO Galpão 01									160	70,0	380	A,B,C	Galpão 01
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	284.847	400	2x120,0	380	A,B,C	

Fonte: Próprio autor.



Figura 41 – Quadro de iluminação do galpão, QDL.

CIRCUITO N°	ILUMINAÇÃO (W)			TOMADAS (W)			CARGA (W)	PROTEÇÃO (A)	CONDUTOR (mm²)	TENSÃO (V)	FASES (A, B, C)	OBSERVAÇÃO
	70	100	150	100	300	900						
1		24					2.400	16	1,5	380	A,B,C	ILUMINAÇÃO
2		32					3.200	16	1,5	380	A,B,C	ILUMINAÇÃO
3		32					3.200	16	1,5	380	A,B,C	ILUMINAÇÃO
4		32					3.200	16	1,5	380	A,B,C	ILUMINAÇÃO
5		32					3.200	16	1,5	380	A,B,C	ILUMINAÇÃO
6		32					3.200	16	1,5	380	A,B,C	ILUMINAÇÃO
7		32					3.200	16	1,5	380	A,B,C	ILUMINAÇÃO
TOTAL	0	216	0	0	0	0	21.600	40	6,0	380	A,B,C	

Fonte: Próprio autor.

Figura 42 – Quadro de força do galpão, QDT.

CIRCUITO N°	ILUMINAÇÃO (W)			TOMADAS (W)			CARGA (W)	PROTEÇÃO (A)	CONDUTOR (mm²)	TENSÃO (V)	FASES (A, B, C)	OBSERVAÇÃO
	70	100	150	100	300	5.000						
1				03	03		1.200	20	2,5	220	A	TOMADAS
2				04	04		1.600	20	2,5	220	B	TOMADAS
3				02	04		1.400	20	2,5	220	C	TOMADAS
4				04	03		1.300	20	2,5	220	A	TOMADAS
5						02	10.000	25	4,0	380	A,B,C	CARREGADORES EMPILHADEIRA
6						02	10.000	25	4,0	380	A,B,C	CARREGADORES EMPILHADEIRA
7						02	10.000	25	4,0	380	A,B,C	CARREGADORES EMPILHADEIRA
8						02	10.000	25	4,0	380	A,B,C	CARREGADORES EMPILHADEIRA
9						02	10.000	25	4,0	380	A,B,C	CARREGADORES EMPILHADEIRA
TOTAL	0	0	0	13	14	10	55.500	100	25,0	380	A,B,C	

Fonte: Próprio autor.

Figura 43 – Quadro de cargas do pavimento térreo da administração.

CIRCUITO N°	ILUMINAÇÃO (W)			TOMADAS (W)			CARGA (W)	PROTEÇÃO (A)	CONDUTOR (mm²)	TENSÃO (V)	FASES (A, B, C)	OBSERVAÇÃO
	20	70	140	100	300	600						
1	39						780	16	1,5	220	A	ILUMINAÇÃO
2	12						240	20	2,5	220	B	ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA
3				11			1.100	20	2,5	220	C	TOMADAS CIRCULAÇÃO
4				01	04		1.300	20	2,5	220	A	TOMADAS FATURAMENTO
5				08	01		1.100	20	2,5	220	C	TOMADAS SALA CAM. / EPI / WCs
6				13	02		1.900	20	2,5	220	B	TOMADAS REFEITÓRIO / DML / VEST.
TOTAL	51	0	0	33	07	0	6.420	25	6,0	380	A,B,C	

Fonte: Próprio autor.

Figura 44 – Quadro de cargas do pavimento superior da administração.

CIRCUITO Nº	ILUMINAÇÃO (W)			TOMADAS (W)			CARGA (W)	PROTEÇÃO (A)	CONDUTOR (mm²)	TENSÃO (V)	FASES (A, B, C)	OBSERVAÇÃO
	20	70	140	100	300	600						
1	31						620	16	1,5	220	A	ILUMINAÇÃO
2	08						160	20	2,5	220	A	ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA
3				03	03		1.200	20	2,5	220	A	TOMADAS CFTV / CPD / CIRC.
4					04		1.200	20	2,5	220	A	TOMADAS ESCRITÓRIO
5					04		1.200	20	2,5	220	B	TOMADAS ESCRITÓRIO
6					06		1.800	20	2,5	220	B	TOMADAS ESCRITÓRIO
7				07	03		1.600	20	2,5	220	C	TOMADAS ESCRITÓRIO
8				09	02		1.500	20	2,5	220	C	TOMADAS GERÊNCIA / WCs / TV
TOTAL	39	0	0	19	22	0	9.280	25	6,0	380	A,B,C	

Fonte: Próprio autor.

Figura 45 – Quadro de cargas dos equipamentos de condicionamento de ar, QGAR.

CIRCUITO Nº	AR-CONDICIONADO (BTUs)						CARGA (W)	PROTEÇÃO (A)	CONDUTOR (mm²)	TENSÃO (V)	FASES (A, B, C)	OBSERVAÇÃO
	9.000	12.000	18.000	22.000	24.000	30.000						
1	ALIMENTAÇÃO QFAR-01						23.230	80	25,0	380	A,B,C	QFAR-01
2	ALIMENTAÇÃO QFAR-02						23.230	80	25,0	380	A,B,C	QFAR-02
3	ALIMENTAÇÃO QFAR-03						23.230	80	25,0	380	A,B,C	QFAR-03
4	ALIMENTAÇÃO QFAR-04						23.230	80	25,0	380	A,B,C	QFAR-04
5	ALIMENTAÇÃO QFAR-05						23.230	80	25,0	380	A,B,C	QFAR-05
6	ALIMENTAÇÃO QFAR-06						23.230	80	25,0	380	A,B,C	QFAR-06
7	ALIMENTAÇÃO QFAR-07						12.790	80	25,0	380	A,B,C	QFAR-07
8	ALIMENTAÇÃO QF-CORTINAS						39.877	80	25,0	380	A,B,C	QF-CORTINAS
TOTAL	0	0	0	0	0	0	192.047	350	185,0	380	A,B,C	

Fonte: Próprio autor.

Figura 46 – Seis quadros que alimentam condensadores e evaporadores, QFAR 01-06.

CIRCUITO Nº	AR-CONDICIONADO (BTUs)						CARGA (W)	PROTEÇÃO (A)	CONDUTOR (mm²)	TENSÃO (V)	FASES (A, B, C)	OBSERVAÇÃO
	9.000	12.000	18.000	22.000	24.000	30.000						
1	CONDENSADOR 01						11.890	63	16,0	380	A,B,C	CONDENSADOR 01
2	CONDENSADOR 02						6.840	40	10,0	380	A,B,C	CONDENSADOR 02
3	EVAPORADOR						4.500	20	2,5	380	A,B,C	EVAPORADOR
TOTAL	0	0	0	0	0	0	23.230	80	25,0	380	A,B,C	

Fonte: Próprio autor.

Figura 47 – Sétimo quadro que alimenta um condensador e um evaporador, QFAR 07.

CIRCUITO Nº	AR-CONDICIONADO (BTUs)						CARGA (W)	PROTEÇÃO (A)	CONDUTOR (mm²)	TENSÃO (V)	FASES (A, B, C)	OBSERVAÇÃO
	9.000	12.000	18.000	22.000	24.000	30.000						
1	CONDENSADOR						11.890	63	16,0	380	A,B,C	CONDENSADOR
2	EVAPORADOR						900	20	2,5	220	A	EVAPORADOR
TOTAL	0	0	0	0	0	0	12.790	80	25,0	380	A,B,C	

Fonte: Próprio autor.

Figura 48 – Quadro de cargas das cortinas de ar.

CIRCUITO N°	AR-CONDICIONADO (BTUs)						CARGA (W)	PROTEÇÃO (A)	CONDUTOR (mm <sup>2</sup> )	TENSÃO (V)	FASES (A, B, C)	OBSERVAÇÃO
	100	160	300	1.000	1.471	4.500						
1		01			01		1.631	16	2,5	380	A,B,C	CORTINAS 01 E 02
2					02		2.942	16	2,5	380	A,B,C	CORTINAS 03 E 04
3					02		2.942	16	2,5	380	A,B,C	CORTINAS 05 E 06
4					02		2.942	16	2,5	380	A,B,C	CORTINAS 07 E 08
5					02		2.942	16	2,5	380	A,B,C	CORTINAS 09 E 10
6					02		2.942	16	2,5	380	A,B,C	CORTINAS 11 E 12
7					02		2.942	16	2,5	380	A,B,C	CORTINAS 13 E 14
8					02		2.942	16	2,5	380	A,B,C	CORTINAS 15 E 16
9					02		2.942	16	2,5	380	A,B,C	CORTINAS 17 E 18
10					02		2.942	16	2,5	380	A,B,C	CORTINAS 19 E 20
11					02		2.942	16	2,5	380	A,B,C	CORTINAS 21 E 22
12					02		2.942	16	2,5	380	A,B,C	CORTINAS 23 E 24
13					02		2.942	16	2,5	380	A,B,C	CORTINAS 25 E 26
14					02		2.942	16	2,5	380	A,B,C	CORTINAS 27 E 28
TOTAL	0	01	0	0	27	0	39.877	80	25,0	380	A,B,C	

Fonte: Próprio autor.

### 7.3 Cálculo de demanda

- BRASPRESS

- Carga Instalada: 8,76 kW
- Demanda: 8,20 kW

Categoria T1. Cabo escolhido = 10 mm<sup>2</sup>. Disjuntor escolhido = 40 A. Eletroduto escolhido = Aço Galvanizado 32 mm.

- CONDOMÍNIO

- Carga Instalada: 6,20 kW
- Demanda = 5,60 kW

Categoria T1. Cabo escolhido = 10 mm<sup>2</sup>. Disjuntor escolhido = 40 A. Eletroduto escolhido = Aço Galvanizado 32 mm.

- DIVCOM

- Carga Instalada: 284,85 kW
- Demanda (FD = 0,7) = 284,85 x 0,70 = 199,40 kW
- Demanda em kVA (fp = 0,92) = 216,74 kVA

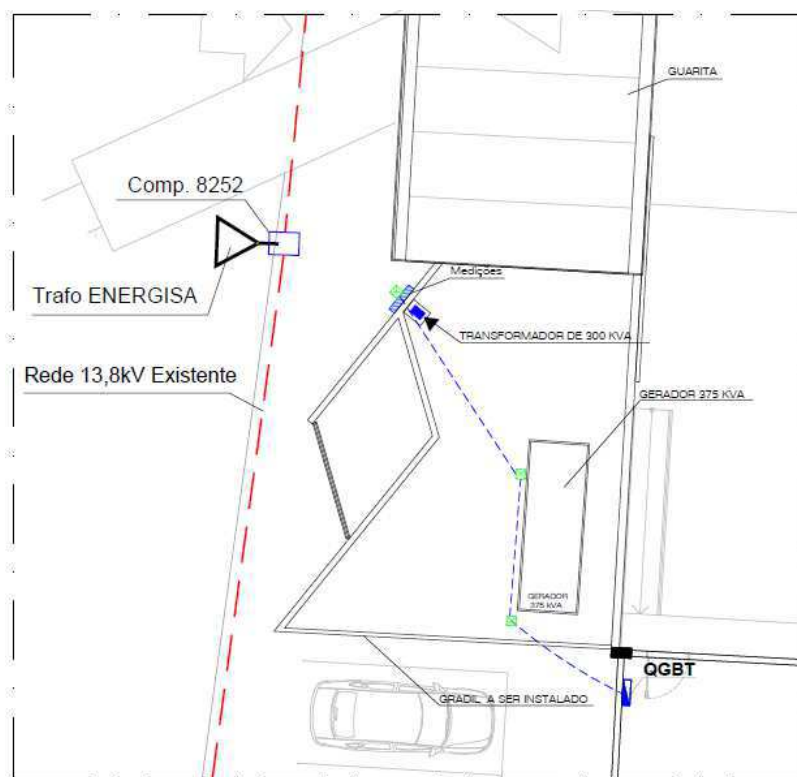
Cabo escolhido = EPR 2x120 mm<sup>2</sup> para cada fase e EPR 2x70 mm<sup>2</sup> para o neutro. Disjuntor escolhido = 400 A. Eletroduto escolhido = Aço Galvanizado 2x100 mm. Barramento de cobre seção transversal = 4,76 x 38,10 mm.

- Carga total instalada
  - Carga total instalada = 299,81 kW
  - Demanda estimada (FD = 0,7) =  $299,81 \times 0,70 = 209,87$  kW
  - Demanda em kVA (fp = 0,92) = 228,12 kVA

## 7.4 Entrada e medição de energia

Calculada a carga instalada (299,81 kW) e a demanda, pode-se definir como será a entrada de energia, sendo ela aérea, na tensão de 13.800 V especificada no projeto, em cabos unipolares acondicionados em dutos subterrâneos com isolamento para 15 kV. Será derivado do poste existente, logo a frente e na calçada da Divcom, um ramal de alta tensão para atender a subestação abaixadora aérea de 300 kVA - 13.800/380/220 Volts, Figura 49. A subestação será instalada na área do empreendimento, conforme especificado na planta de locação, sendo que os condutores de saída do transformador, logo após a medição e proteção geral serão encaminhados até o QGBT, esse também conectado ao gerador.

Figura 49 – Localização do trafo da Energisa e SE da Divcom.

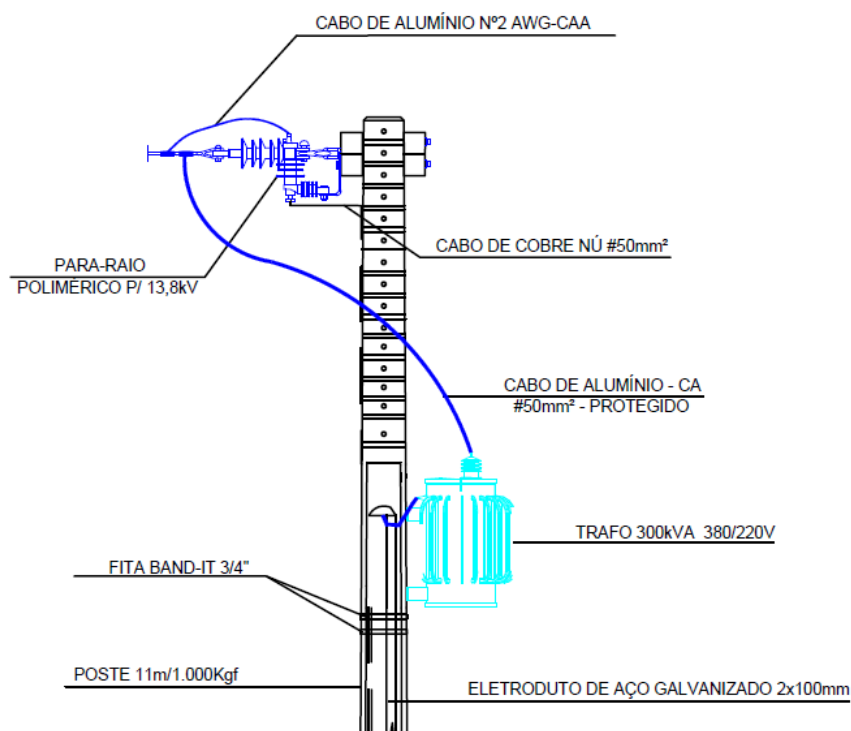


Fonte: Próprio autor.

A subestação abaixadora será aérea em poste de concreto armado 2T, 1.000kgf/11m. Dispõe-se de para-raios poliméricos instalados na estrutura de derivação do ramal. O

ramal de ligação será feito usando cabo de alumínio nú com alma de aço N°2 AWG conectado ao para-raio e cabo de alumínio protegido de seção nominal  $50 \text{ mm}^2$  conectado ao transformador. A proteção contra curto circuito será assegurada por chaves fusíveis de corrente nominal de 100 A e capacidade de interrupção de 10 kA instaladas no poste de derivação da subestação com elos fusíveis de 15K. Os componentes descritos a seguir podem ser vistos na Figura 50.

Figura 50 – Ramal de ligação e entrada.



Fonte: Próprio autor.

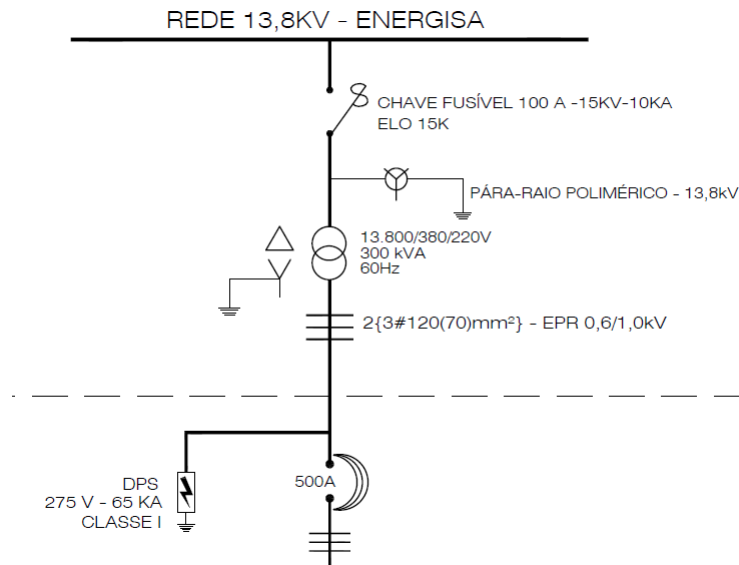
Será utilizado um transformador trifásico em banho de óleo com comutação nos taps de alta tensão pela tampa de vigia do transformador com carga de óleo e com as seguintes e principais características:

- Classe: 15 kV
- Capacidade: 300 kVA
- Alta Tensão: 13.800/13.200/12.600/12.000 Volts, ligação em triângulo.
- Baixa Tensão: 380/220 Volts, lig. em estrela c/ neutro solidamente aterrado.
- Frequência: 60Hz

De acordo com a tabela da Figura 9, a ligação do transformador ao quadro de proteção será feita por intermédio de cabo EPR 0,6/1,0KV – classe de isolamento – 02 dois

cabos de  $120 \text{ mm}^2$ , por fase, e dois cabos de  $70 \text{ mm}^2$  para o neutro e terra. O disjuntor será de 500 A. O eletroduto escolhido será de aço galvanizado,  $2 \times 100 \text{ mm}$ . O detalhe do diagrama unifilar que mostra a ordem de instalação destes equipamentos pode ser mostrado na Figura 51.

Figura 51 – Destaque do ramal de ligação e entrada no diagrama unifilar.

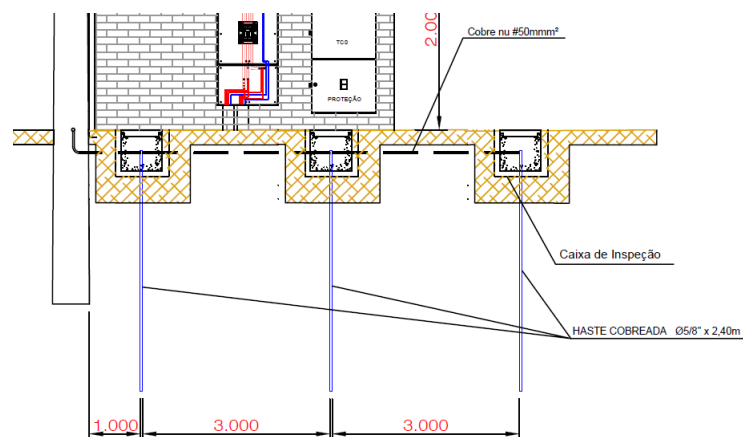


Fonte: Próprio autor.

A medição será feita na baixa tensão, de forma indireta, localizada na mureta ao lado do poste da subestação, conforme padrão ENERGISA, composta de uma caixa CM-9 para o disjuntor geral e TC's e uma caixa CM-4 para o medidor polifásico.

Todas as partes metálicas não energizadas serão ligadas ao sistema geral de terra em cabo de cobre nu no  $50 \text{ mm}^2$  e haste de terra cooperweld de  $2,40 \text{ m} \times 5/8''$  (254 microns), os quais fornecerão uma resistência inferior a 20 ohms, Figura 52.

Figura 52 – Aterramento da entrada de energia.



Fonte: Próprio autor.

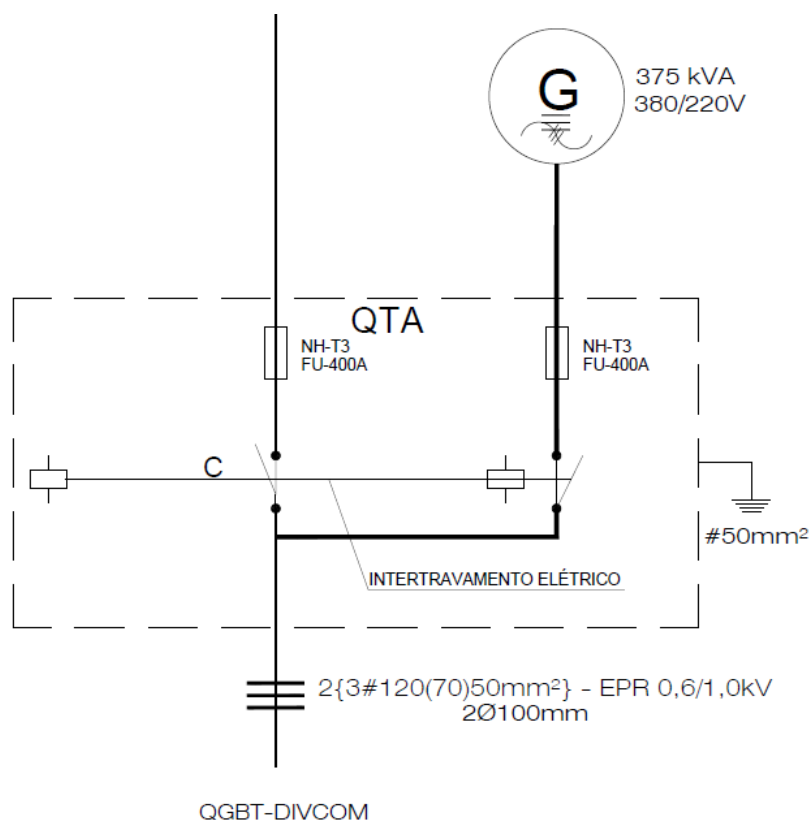
## 7.5 Geração

O sistema de geração terá a finalidade de atender ao suprimento de energia elétrica nas eventuais falhas do suprimento da concessionária local. Foi projetado para atender a carga total do galpão da Divcom, proporcionando uma continuidade perfeita no fornecimento de energia.

O gerador é interligado ao barramento do QTA, onde uma chave de manobra automática completará a ligação durante a falta de energia. O gerador será intertravado eletricamente, não permitindo o gerador entrar em paralelo com a concessionária.

Em toda instalação de geradores particulares para atendimentos de emergência deve ser apresentado o projeto de instalação interna juntamente com as especificações técnicas do equipamento para ser previamente liberado pela Concessionária, sendo obrigatória a instalação de chave reversível para impossibilitar o funcionamento em paralelo com o sistema da Concessionária, Figura 53.

Figura 53 – Diagrama unifilar elétrico com detalhes do inter travamento.



Fonte: Próprio autor.

O neutro e o aterramento do circuito alimentado pelo gerador particular devem ser independentes do neutro do sistema da Concessionária.

## 7.6 Características técnicas do grupo gerador

O grupo gerador foi escolhido com o apoio de um catálogo do fabricante Cummins de acordo com a subestação (300 kVA) que é conectado e a carga demandada que fornece energia. O modelo é o C300D6 acionado por motor diesel. O consumo de energia, suas dimensões e peso e mais algumas informações técnicas acerca do produto se encontram nos anexos G e H.

Figura 54 – Grupo gerador modelo CD300D6 Cummins Power Generation.



Fonte: Especificação do alternador CD300D6 Cummins Power Generation.



## 8 Conclusão

Este capítulo tem o propósito de descrever sequencialmente e de modo objetivo as principais atividades desenvolvidas no decorrer do estágio curricular do graduando, prestado sob a forma integrada, na empresa Amadeu Projetos e Construções Ltda., assim como abordar aspectos conclusivos do referido trabalho.

No período correspondente foi adquirida uma visão geral de ordem prática na área de projetos de instalações elétricas, particularmente no tocante aos tipos residencial, predial e de serviço, evidenciando a importância da experiência junto aos setores referenciados na formação acadêmica de engenharia elétrica.

Pode-se destacar que através do convívio e trabalho conjunto a engenheiros e técnicos da área de atuação, consolidou-se acentuadamente o conhecimento teórico adquirido no curso de graduação, além do contato e sociabilidade oportuna com profissionais de execução de projetos afins e de outras áreas.

Destaca-se ainda que o conjunto de atividades foi desenvolvido de modo suficientemente satisfatório no que concerne aos objetivos estabelecidos, com ênfase em treinamento específico e desenvolvimento de projetos, os quais justificaram plenamente o investimento no estágio curricular.

Sob o aspecto prático e em face aos objetivos citados, evidenciam-se fortemente a necessidade do levantamento e conhecimento dos dados relativos às características do empreendimento, bem como, a funcionalidade da instalação a ser projetada, o que potencializa sobremaneira seu planejamento e possíveis expansões.

Tais procedimentos, além de possibilitar a aquisição de informações sobre as fases e tarefas a serem desenvolvidas, possibilitam a adequação do projeto à novas tecnologias lançadas e materiais utilizados na instalação, face a normalização vigente, agregando segurança e qualidade ao processo.

Relativamente a demais atividades realizadas, constatou-se a real necessidade de capacitação e uso de ferramentas computacionais que ensejem versatilidade, rapidez e confiabilidade dos serviços a serem desenvolvidos, o que para tal, a empresa mostrou-se dotada suficientemente de tais requisitos.

No âmbito da relação demanda-oferta, é fundamental a interação com o cliente quando do desenvolvimento do projeto, visando a compatibilização das solicitações ou alterações com sua viabilidade executiva, face a critérios estabelecidos pela normatização brasileira (NBR-5410) e alimentação da instalação pela concessionária de energia.

Sob o ponto de vista do embasamento acadêmico, ficou evidenciada a importância

---

de disciplinas como instalações elétricas, sistemas e equipamentos elétricos de potência, as quais fundamentaram a realização das atividades desenvolvidas. Porém, de modo particular, constata-se a carência de materias de estudo práticos e atuais de qualidade disponíveis ao aluno, em especial, da disciplina de instalações elétricas, devido ao forte interesse comercial sobre a mesma.

# Referências

ABNT. *NBR 5626: Instalação predial de água fria*. [S.l.]: ABNT, 1998. Citado na página 42.

ABNT. *NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão*. [S.l.]: ABNT, 2004. Citado 10 vezes nas páginas 21, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 e 34.

ABNT. *NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho, Parte 1: Interior*. [S.l.]: ABNT, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 76.

CREDER, H. *Instalações elétricas*. Rio de Janeiro: LTC, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 26.

ENERGISA. *Norma de distribuição unificada NDU 001: fornecimento de energia em tensão secundária - edificações individuais ou agrupadas até 3 unidades*. [S.l.: s.n.], 2017. Citado na página 19.

ENERGISA. *Norma de distribuição unificada NDU 002: fornecimento de energia elétrica em tensão primária*. [S.l.]: ENERGISA, 2017. Citado 5 vezes nas páginas 37, 47, 48, 49 e 50.

ENERGISA. *Norma de distribuição unificada NDU 003: fornecimento de energia elétrica a agrupamentos ou edificação de múltiplas unidades consumidoras acima de 3 unidades consumidoras*. [S.l.]: ENERGISA, 2017. Citado na página 40.

FILHO, J. M. *Instalações elétricas industriais*. Rio de Janeiro: LTC, 2013. Citado 5 vezes nas páginas 24, 25, 31, 33 e 34.











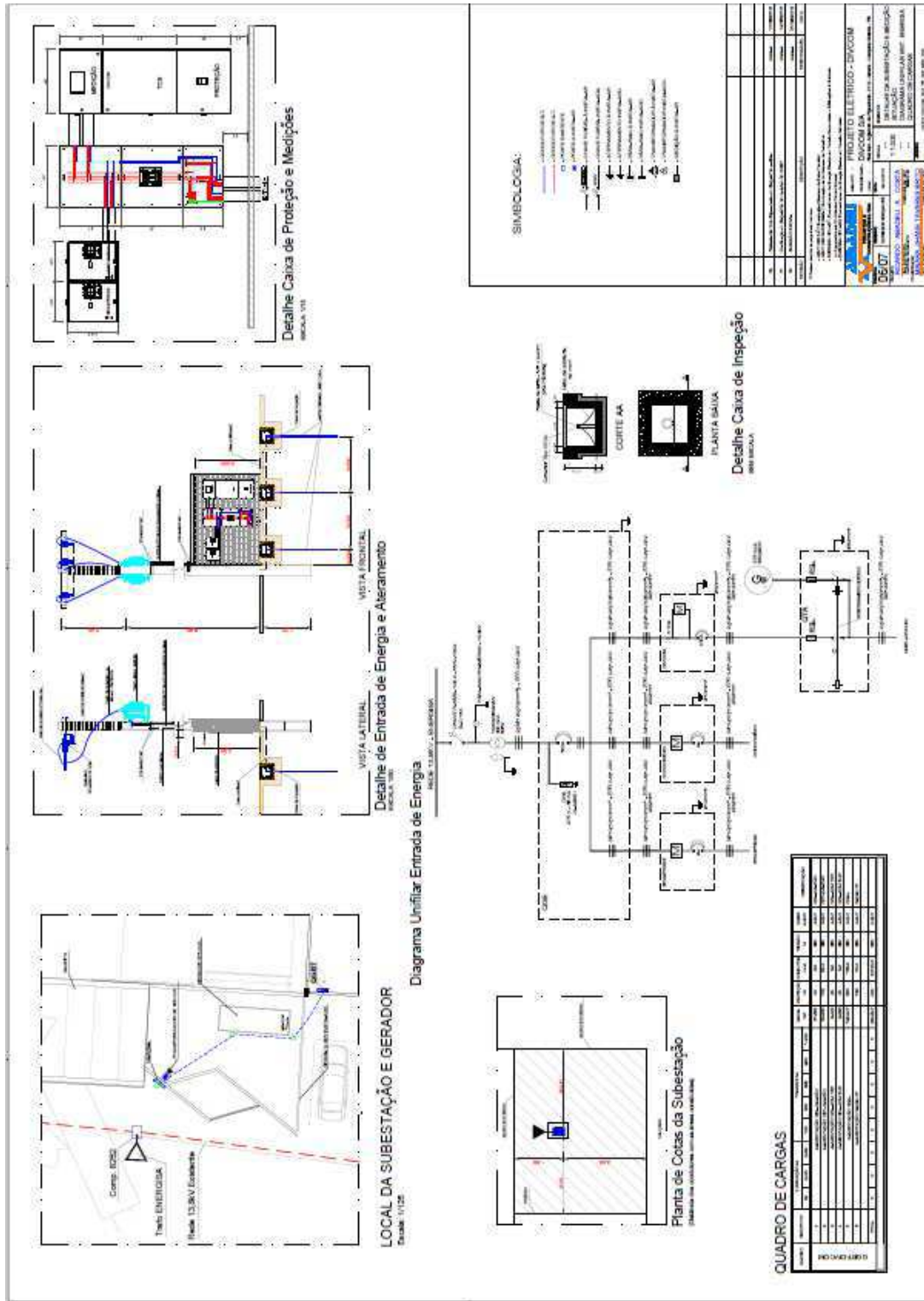






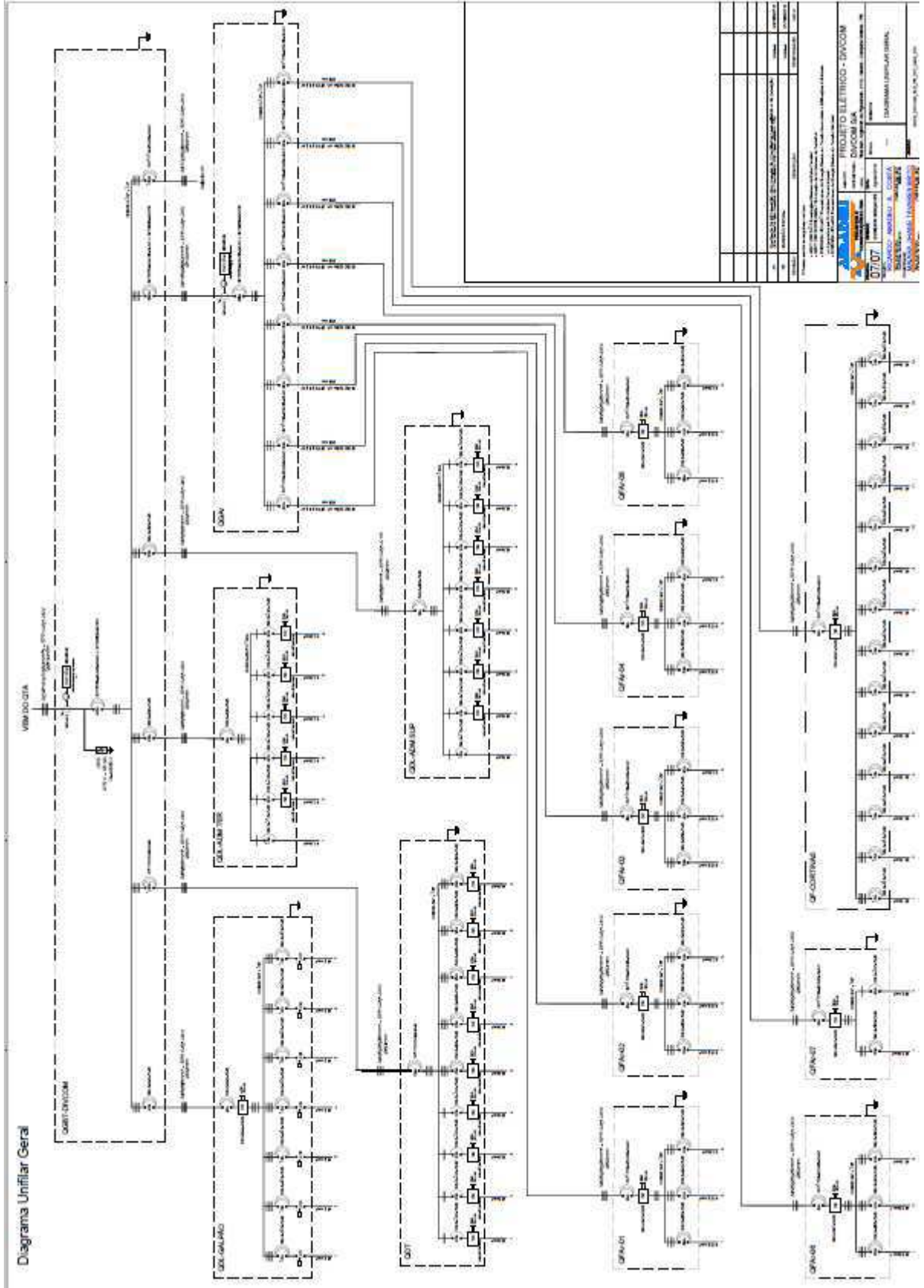


# APÊNDICE C – Plantas do projeto comercial

















# ANEXO A – Especificação das categorias de atendimento

CATEGORIA	N.º DE FIOS	N.º DE FASES	DEMANDA (kW)	CARGA INSTALADA (KW)	CONDUTORES (mm <sup>2</sup> )					HASTE PARA ATERAMENTO AÇO COBRE	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO (Limite Máximo (A))	ELETRÓDUTO DE PVC RÍGIDO (mm)	ELETRÓDUTO DE AÇO GALVANIZADO (mm)	POSTE (5 ou 7 metros)			PONTALET E
					RAMAL DE LIGAÇÃO MULTIPLEX (ALUMÍNIO)	RAMAL DE LIGAÇÃO CONCENTRICO (ALUMÍNIO)	RAMAL DE ENTRADA EMBUTIDO E SUBTERRÂNEO (COBRE PVC 70°C)	RAMAL DE ENTRADA EMBUTIDO E SUBTERRÂNEO (COBRE EPR/LPE/HEPR 90°C)	ATERAMENTO (COBRE)					POSTE DT (daN)	POSTE TUBO DE AÇO GALVANIZADO (Φ - mm)	Poste de aço galvanizado quadrado (mm)	
MONOFÁSICO	M1	2	1	0 < C ≤ 6,0	1x1x10+10	2x10	6(6)	6(6)	6	1H 16X2400	30/32	25	20	150	80	80x80	40
	M2	2	1	6,0 < C ≤ 11,0	1x1x10+10	2x10	10(10)	10(10)	10	1H 16X2400	50	25	20	150	80	80x80	40
	M3	2	1	11,0 < C ≤ 15,4	1x1x16+16		16(16)	16(16)	10	1H 16X2400	70	25	25	150	80	80x80	40
BIFÁSICO	B1	3	2	0 < C ≤ 17,6	2x1x10+10		2#10(10)	2#6(6)	6	1H 16X2400	40	32	25	150	80	80x80	50
	B2	3	2	17,6 < C ≤ 22,0	2x1x16+16		2#10(10)	2#10(10)	10	1H 16X2400	50	32	25	150	80	80x80	50
	B3	3	2	22,00 < C ≤ 26,30	2x1x25+25		2#16(16)	2#16(16)	16	1H 16X2400	70	40	40	150	80	80x80	50
TRIFÁSICO	T1	4	3	0 < D ≤ 24,00	3x1x10+10		3#10(10)	3#6(6)	6	*H 16X2400	40	32	32	150	80	80x80	50
	T2	4	3	24,01 < D ≤ 30,00	3x1x16+16		3#10(10)	3#10(10)	10	*H 16X2400	50	32	32	150	80	80x80	50
	T3	4	3	30,01 < D ≤ 42,39	3x1x25+25		3#25(25)	3#16(16)	10	*H 16X2400	70	40	40	150	100	90x90	50
	T4	4	3	42,40 < D ≤ 60,54	3x1x35+35		3#35(35)	3#25(25)	16	*H 16X2400	100	50	50	300	100	90x90	50
	T5	4	3	60,55 < D ≤ 75,00	3x1x70+70		3#70(35)	3#50(35)	25	*H 16X2400	125	65	75	600			

Fonte: NDU-001/2017.

## ANEXO B – Características e demanda de motores trifásicos

VALORES NOMINAIS DO MOTOR				DEMANDA INDIVIDUAL ABSORVIDA DA REDE						
Eixo CV	Potência		Cos f	h	Corrente (A) - 220 V -	Corrente (A) - 380 V -	kVA			
	Absorvida da Rede kW	kVA					1 Motor (I)	2 Motores (I)	3 a 5 Motores (II)	Mais de 5 Motores (IV)
1/6	0,25	0,37	0,67	0,5	0,98	0,57	0,37	0,3	0,26	0,22
1/4	0,335	0,48	0,69	0,6	1,27	0,74	0,48	0,39	0,34	0,29
1/3	0,409	0,55	0,74	0,6	1,45	0,84	0,55	0,44	0,39	0,33
1/2	0,566	0,72	0,79	0,7	1,88	1,09	0,72	0,57	0,5	0,43
3/4	0,824	1,08	0,76	0,7	2,84	1,65	1,08	0,87	0,76	0,65
1,0	1,132	1,38	0,82	0,7	3,62	2,1	1,38	1,1	0,97	0,83
1,5	1,577	2,02	0,78	0,7	5,31	3,07	2,02	1,62	1,42	1,21
2,0	1,937	2,39	0,81	0,8	6,28	3,63	2,39	1,91	1,67	1,43
3,0	2,905	3,63	0,8	0,8	9,53	5,52	3,63	2,91	2,54	2,18
4,0	3,823	4,97	0,77	0,8	13,03	7,54	4,97	3,97	3,48	2,98
5,0	4,779	5,62	0,85	0,8	14,76	8,54	5,62	4,5	3,94	3,37
6,0	5,452	6,49	0,84	0,8	17,03	9,86	6,49	5,19	4,54	3,89
7,5	6,9	8,12	0,85	0,8	21,3	12,33	8,12	6,49	5,68	4,87
10,0	9,684	10,8	0,9	0,8	28,24	16,35	10,76	8,61	7,53	6,46
12,5	11,795	12	0,98	0,8	31,59	18,29	12,04	9,63	8,42	7,22
15,0	13,63	15	0,91	0,8	39,31	22,76	14,98	11,98	10,48	8,99
20,0	18,4	20,7	0,89	0,8	54,26	31,41	20,67	16,54	14,47	12,4
25,0	22,439	24,7	0,91	0,8	64,71	37,46	24,66	19,73	17,26	14,79
30,0	26,927	29,6	0,91	0,8	77,65	44,96	29,59	23,67	20,71	17,75

Fonte: NDU-001/2017.

## ANEXO C – Fatores de demanda em função de apartamentos residenciais da edificação

N° Apto	F. Mult.	N° Apto	F. Mult.	N° Apto	F. Mult.	N° Apto	F. Mult.	N° Apto	F. Mult.	N° Apto	F. Mult.
1	*	51	35,9	101	63,59	151	74,74	201	80,89	251	82,73
2	*	52	36,46	102	63,84	152	74,89	202	80,94	252	82,74
3	*	53	37,02	103	64,09	153	75,04	203	80,99	253	82,75
4	3,88	54	37,58	104	64,34	154	75,19	204	81,04	254	82,76
5	4,84	55	38,14	105	64,59	155	75,34	205	81,09	255	82,77
6	5,8	56	38,7	106	64,84	156	75,49	206	81,14	256	82,74
7	6,76	57	39,26	107	65,09	157	75,64	207	81,19	257	82,79
8	7,72	58	39,82	108	65,34	158	75,79	208	81,24	258	82,8
9	8,68	59	40,38	109	65,59	159	75,94	209	81,29	259	82,81
10	9,64	60	40,94	110	65,84	160	76,09	210	81,34	260	82,82
11	10,42	61	41,5	111	66,09	161	76,24	211	81,39	261	82,83
12	11,2	62	42,06	112	66,34	162	76,39	212	81,44	262	82,84
13	11,98	63	42,62	113	66,59	163	76,54	213	81,49	263	82,85
14	12,76	64	43,18	114	66,84	164	76,69	214	81,54	264	82,86
15	13,54	65	43,74	115	67,09	165	76,84	215	81,59	265	82,87
16	14,32	66	44,3	116	67,34	166	76,99	216	81,64	266	82,88
17	15,1	67	44,86	117	67,59	167	77,14	217	81,69	267	82,89
18	15,88	68	45,42	118	67,84	168	77,29	218	81,74	268	82,9
19	16,66	69	45,98	119	68,09	169	77,44	219	81,79	269	82,91
20	17,44	70	46,54	120	68,34	170	77,59	220	81,84	270	82,92
21	18,04	71	47,1	121	68,54	171	77,74	221	81,89	271	82,93
22	18,65	72	47,66	122	68,84	172	77,84	222	81,94	272	82,94
23	19,25	73	48,22	123	69,09	173	78,04	223	81,99	273	82,95
24	19,86	74	48,78	124	69,34	174	78,19	224	82,04	274	82,96
25	20,46	75	49,34	125	69,59	175	78,34	225	82,09	275	82,97
26	21,06	76	49,9	126	69,79	176	78,44	226	82,12	276	83
27	21,67	77	50,46	127	69,99	177	78,54	227	82,14	277	83
28	22,27	78	51,58	128	70,19	178	78,64	228	82,17	278	83
29	22,88	79	51,58	129	70,39	179	78,74	229	82,19	279	83
30	23,48	80	52,14	130	70,59	180	78,84	230	82,22	280	83
31	24,08	81	52,7	131	70,79	181	78,94	231	82,24	281	83
32	24,69	82	53,26	132	70,99	182	79,04	232	82,27	282	83
33	25,29	83	53,82	133	71,19	183	79,14	233	82,29	283	83
34	25,9	84	54,38	134	71,39	184	79,24	234	82,32	284	83
35	26,5	85	54,94	135	71,59	185	79,34	235	82,34	285	83
36	27,1	86	55,5	136	71,79	186	79,44	236	82,37	286	83
37	27,71	87	56,06	137	71,99	187	79,54	237	82,39	287	83
38	28,31	88	56,62	138	72,19	188	79,64	238	82,42	288	83
39	28,92	89	57,18	139	72,39	189	79,74	239	82,44	289	83
40	29,52	90	57,74	140	72,59	190	79,84	240	82,47	290	83
41	30,12	91	58,3	141	72,79	191	79,94	241	82,49	291	83
42	30,73	92	58,86	142	72,99	192	80,04	242	82,52	292	83
43	31,33	93	59,42	143	73,19	193	80,14	243	82,54	293	83
44	31,94	94	59,98	144	73,39	194	80,24	244	82,57	294	83
45	32,54	95	60,54	145	73,59	195	80,34	245	82,59	295	83
46	33,1	96	61,1	146	73,79	196	80,44	246	82,62	296	83
47	33,66	97	61,66	147	73,99	197	80,54	247	82,64	297	83
48	34,22	98	62,22	148	74,19	198	80,64	248	82,67	298	83
49	34,78	99	62,78	149	74,39	199	80,74	249	82,69	299	83
50	35,34	100	63,34	150	74,59	200	80,84	250	82,72	300	83

Fonte: NDU-003/2017.

## ANEXO D – Fatores de demanda para iluminação e pequenos aparelhos

DESCRIÇÃO	CARGA INSTALADA (kW)	FATOR DE DEMANDA (%)
RESIDÊNCIAS	$0 < P \leq 1\text{kW}$	86
	$1 < P \leq 2\text{kW}$	75
	$2 < P \leq 3\text{kW}$	66
	$3 < P \leq 4\text{kW}$	59
	$4 < P \leq 5\text{kW}$	52
	$5 < P \leq 6\text{kW}$	45
	$6 < P \leq 7\text{kW}$	40
	$7 < P \leq 8\text{kW}$	35
	$8 < P \leq 9\text{kW}$	31
	$9 < P \leq 10\text{kW}$	27
	$10 < P \leq 75\text{kW}$	24
RESTAURANTES E SIMILARES		86
LOJAS E SIMILARES		86
IGREJAS E SIMILARES		86
HOSPITAIS E SIMILARES	para os primeiros 50kW	40
	para o que exceder de 30kW	50
HOTEIS E SIMILARES	para os primeiros 20kW	50
	para os seguintes 80kW	40
	para o que exceder de 100kW	30
GARAGEM, ÁREAS DE SERVIÇO E SIMILARES		86
ESCRITÓRIOS	para os primeiros 20kW	86
	para o que exceder de 20kW	70
ESCOLAS E SIMILARES	para os primeiros 12kW	86
	para o que exceder de 12kW	50
CLUBES E SEMELHANTES		86
BARBEARIAS, SALÕES DE BELEZA E SIMILARES		86
BANCOS E CANTEIROS DE OBRAS		86
AUDITÓRIOS, SALÕES PARA EXPOSIÇÕES E SIMILARES		86
QUARTÉIS E SEMELHANTES	Para os primeiros 15kW	100
	para o que exceder de 15kW	40

Fonte: NDU-001/2017.

## ANEXO E – Características e demanda de motores monofásicos

VALORES NOMINAIS DO MOTOR					DEMANDA INDIVIDUAL ABSORVIDA DA REDE				
Eixo CV	Potência		Cos $\eta$	Corrente (A) - 220 V -	Corrente (A) - 380 V -	kVA			
	Absorvida da Rede kW	kVA				1 Motor (I)	2 Motores (I)	3 a 5 Motores (II)	Mais de 5 Motores (IV)
1/4	0,391	0,62	0,6	2,82	1,64	0,62	0,5	0,43	0,37
1/3	0,522	0,74	0,7	3,34	1,93	0,74	0,59	0,51	0,44
1/2	0,657	0,91	0,7	4,15	2,4	0,91	0,73	0,64	0,55
3/4	0,89	1,24	0,7	5,62	3,25	1,24	0,99	0,87	0,74
1,00	1,099	1,48	0,7	6,75	3,91	1,48	1,19	1,04	0,89
1,50	1,577	1,92	0,8	8,74	5,06	1,92	1,54	1,35	1,15
2,00	2,073	2,44	0,9	11,09	6,42	2,44	1,95	1,71	1,46
3,00	3,067	3,19	1	14,52	8,41	3,19	2,56	2,24	1,92
4,00	3,978	4,14	1	18,84	10,91	4,14	3,32	2,9	2,49
5,00	4,907	5,22	0,9	23,73	13,74	5,22	4,18	3,65	3,13
7,50	7,459	7,94	0,9	36,07	20,88	7,94	6,35	5,55	4,76
10,00	9,436	10	0,9	45,63	26,42	10,04	8,03	7,03	6,02
12,50	12,105	13	0,9	59,17	34,25	13,02	10,41	9,11	7,81

Fonte: NDU-001/2017.

# ANEXO F – Especificação de entrada de serviço de edificação de múltiplas unidades consumidoras

Nº de fios	Nº de fases	Demanda (kW)	Condutores (mm2)				Haste para aterramento aço/cobre	Proteção (A)	Eletroduto de aço galvanizado(mm)	Poste (5 ou 7 metros de altura)			Pontalete	
			Ramal de ligação Multiplex (alumínio)	Ramal de entrada embutido e subterrâneo (cobre PVC 70°C)	Ramal de entrada embutido e subterrâneo (cobre XLPE/EPR/HEPR 90°C)	Aterramento (cobre)				Poste DT (dAN)	Poste tubo de aço galvanizado(Ø - mm)	Poste de aço galvanizado quadrado (mm)	Fixação com parafuso	Fixação embutido na parede
4	3	0,00 < D ≤ 24,00	3x1x10+10	3#10(10)	3#10(10)	10	*H16x2400	40	1x32	150	80	80x80	50	50
4	3	24,00 < D ≤ 30,00	3x1x16+16	3#10(10)	3#10(10)	10	*H16x2400	50	1x32	150	80	80x80	50	50
4	3	30,00 < D ≤ 42,00	3x1x25+25	3#25(25)	3#16(16)	10	*H16x2400	70	1x40	150	100	90x90	50	50
4	3	42,00 < D ≤ 58,00	3x1x35+35	3#35(35)	3#25(25)	16	*H16x2400	100	1x50	300	100	90x90	50	50
4	3	58,00 < D ≤ 75,00	3x1x70+70	3#70(35)	3#50(35)	25/25	*H16x2400	125	1x80	600	-	-	-	-
4	3	75,00 < D ≤ 90,00	3x1x70+70	3#95(50)	3#70(35)	50/35	3H16x2400	150	1x80	600	-	-	-	-
4	3	90,00 < D ≤ 121,00	3x1x120+70	3#150(95)	3#120(70)	50	3H16x2400	200	1x90	600	-	-	-	-
4	3	121,00 < D ≤ 136,00	3x1x120+70	3#185(95)	3#150(95)	50	3H16x2400	225	1x100	600	-	-	-	-
4	3	136,00 < D ≤ 151,00	-	3#240(120)	3#185(95)	50	3H16x2400	250	1x100	-	-	-	-	-
4	3	151,00 < D ≤ 181,00	-	2x{3#95(50)}	3#240(120)	50	3H16x2400	300	2x80	-	-	-	-	-
4	3	181,00 < D ≤ 211,00	-	2x{3#120(70)}	2x{3#95(50)}	50	3H16x2400	350	2x90/1x100	-	-	-	-	-
4	3	211,00 < D ≤ 242,00	-	2x{3#150(95)}	2x{3#120(70)}	50	3H16x2400	400	2x100	-	-	-	-	-
4	3	242,00 < D ≤ 272,00	-	2x{3#185(95)}	2x{3#150(95)}	50	3H16x2400	450	2x100	-	-	-	-	-

Fonte: NDU-003/2017.



## ANEXO G – Consumo de combustível e dimensões do grupo gerador CD300D6

Potência Nominal	Standby						Prime			
	375 kVA			300 kW			338 kVA			
	Full	3/4	1/2	1/4	1/4	3/4	Full	3/4	1/2	
Carga Aplicada	83	59	40	21	21	53	73	53	36	19
Consumo (Litros / Hora)										

Grupo Gerador	Comprimento (mm) L	Largura (mm) W	Altura Maxima (mm) H	Grupo Gerador Seco (kg)	Grupo Gerador Umido <sup>1</sup> (kg)
Aberto	3000	1360	1874	2328	2743
Carenagem - F190	4251	1414	2316	3360	3745
Carenagem - F191	5390	1360	2461	4157	4572

<sup>1</sup> Peso úmido inclui o peso total do conjunto com óleo, líquido de arrefecimento e combustível.

# ANEXO H – Dados técnicos do grupo gerador CD300D6

<b>Modelo</b>	<b>C300D6</b>	<b>Alternador - Regulação de voltagem</b>	± 1,0%
<b>Potência em Standby</b>	300 kW / 375 kVA	<b>Alternador - Classe de isolamento</b>	H
<b>Potência em Prime</b>	270 kW / 338 kVA	<b>Grau de Proteção</b>	IP 23
<b>Fabricante do Motor</b>	Cummins	<b>Consumo de Combustível a 100% de carga (Standby)</b>	83 l/h
<b>Modelo do Motor</b>	QSL9-G5	<b>Consumo de Combustível a 100% de carga (Prime)</b>	73 l/h
<b>Cilindros</b>	6 cilindros	<b>Capacidade de óleo lubrificante</b>	22,7 l
<b>Construção do motor</b>	em linha	<b>Capacidade de líquido de arrefecimento (somente o motor)</b>	11 litros
<b>Regulador de Velocidade/Classe</b>	eletrónico	<b>Capacidade de líquido de arrefecimento (motor + radiador)</b>	29 litros
<b>Aspiração e pós-arrefecimento</b>	Turbocomprimido	<b>Temperatura de escape (Prime)</b>	500°C
<b>Diâmetro e Curso</b>	114 mm x 145 mm	<b>Vazão de gases de escape (Prime)</b>	930 l/s
<b>Taxa de Compressão</b>	16,8 : 1	<b>Contra pressão máxima de escape</b>	76 mm Hg
<b>Cilindrada</b>	9 Litros	<b>Vazão de ar do radiador</b>	9.47 m³/s
<b>Arranque / Min °C</b>	Não Auxiliada / -12°C	<b>Consumo de ar para combustão</b>	390 l/s
<b>Capacidade da Bateria</b>	2 x 100 A/h	<b>Mínima abert. de entrada de ar na sala</b>	1.73 m²
<b>Potência Bruta do Motor - Standby</b>	355 kWm	<b>Mínima abert. de saída de ar na sala</b>	1.45 m²
<b>Potência Bruta do Motor - Prime</b>	307 kWm	<b>Calor irradiado pelo motor (Prime)</b>	35 kWm
<b>Rotação</b>	1800 rpm	<b>Capacidade do tanque da base</b>	400 Litros

Fonte: Datasheet do grupo gerador CD300D6 Cummins Power Generation.