

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

AUGUSTO MATHIAS ADAMS - GRR20172143
CLAUDINEI EUSTAQUIO RODRIGUES - GRR20191718
MOISÉS ALVES GUERGOLET - GRR20202614

MEMORIAL DESCRITIVO
MEMORIAL DE CÁLCULO
RESIDÊNCIA TE344

CURITIBA

2023

AUGUSTO MATHIAS ADAMS - GRR20172143
CLAUDINEI EUSTAQUIO RODRIGUES - GRR20191718
MOISÉS ALVES GUERGOLET - GRR20202614

MEMORIAL DESCRITIVO
MEMORIAL DE CÁLCULO
RESIDÊNCIA TE344

Trabalho apresentado como requisito parcial de avaliação da Disciplina INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS E INDUSTRIAIS I (TE-344) do Curso de Engenharia Elétrica, ênfase em Sistemas Embarcados - Noturno, do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof^a Cleverson Luiz da Silva Pinto, Dr.

CURITIBA

2023

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – ENTRADAS DE SERVIÇO - NTC901100	13
FIGURA 2 – ALTERNATIVA DE ELETRODO - FIGURA 15 DA NTC901100 . .	15
FIGURA 3 – ESQUEMA TN-S	16
FIGURA 4 – ADVERTÊNCIA DOS QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO - NBR-5410	17
FIGURA 5 – POLARIDADE DAS TOMADAS - NBR-14136	19
FIGURA 6 – FATORES DE DEMANDA SEGUNDO A POTÊNCIA INSTALADA - CT-64/COBEI	26
FIGURA 7 – FATORES DE DEMANDA PARA TOMADAS DE USO ESPECÍ- FICO - MÉTODO CEMIG	27
FIGURA 8 – FATORES DE CORREÇÃO POR AGRUPAMENTO DE CIRCUÍ- TOS - NBR-5410	34
FIGURA 9 – FATORES DE CORREÇÃO DE TEMPERATURA - NBR-5410 . .	35

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CÁLCULO DE PONTOS E DE PREVISÃO DE CARGA	25
TABELA 2 – DISTRIBUIÇÃO DE CIRCUITOS DE ACORDO COM O EQUIPA- MENTO E QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO	29
TABELA 3 – BALANCEAMENTO DE CARGA DE ACORDO COM O EQUIPA- MENTO E POTÊNCIA INSTALADA	32
TABELA 4 – AGRUPAMENTO MÁXIMO DE CIRCUITOS	34
TABELA 5 – DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES - TODOS OS CRITÉRIOS	39
TABELA 6 – DIMENSIONAMENTO DOS DISJUNTORES POR QUADRO E CIRCUITO	42
TABELA 7 – DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS DIFERENCIAIS RE- SIDUAIS	44

SUMÁRIO

1	MEMORIAL DESCRITIVO	6
1.1	APRESENTAÇÃO	6
1.2	NORMAS APLICÁVEIS	6
1.2.1	NORMA NBR-5410	6
1.2.2	NORMA NBR-5413	7
1.2.3	NORMA NBR-5419	7
1.2.4	NORMA NBR-5444	8
1.2.5	NORMA NBR-14136	9
1.2.6	NORMA NBR-7488	9
1.2.7	NORMA NBR-5111	10
1.2.8	NORMA TÉCNICA COPEL - NTC 900100	10
1.2.9	NORMA TÉCNICA COPEL - NTC 901100	10
1.2.10	NORMA REGULAMENTADORA 10 - NR-10	11
1.3	CARACTERÍSTICAS DA EDIFICAÇÃO	12
1.4	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	12
1.4.1	ENTRADA DE SERVIÇO	12
1.4.1.1	ATERRAMENTO	14
1.4.2	QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO	16
1.4.3	ILUMINAÇÃO	17
1.4.4	TOMADAS DE USO GERAL	18
1.4.5	TOMADAS DE USO ESPECÍFICO	18
1.4.6	ELETRODUTOS	19
1.4.7	CAIXAS DE PASSAGEM	20
1.4.8	CONDUTORES	20
1.4.9	CIRCUITOS	21
1.4.10	ATERRAMENTO	21
1.4.11	OBSERVAÇÕES	21
1.5	RESPONSABILIDADE TÉCNICA	22
2	MEMORIAL DE CÁLCULO	23
2.1	CÁLCULOS DAS PREVISÕES DE CARGAS	23
2.1.1	CRITÉRIOS DA NBR-5410	23
2.1.1.1	CÁLCULO DE CARGA DAS TOMADAS DE USO GERAL	23
2.1.1.2	CÁLCULO DE CARGA DAS TOMADAS DE USO ESPECÍFICO	23
2.1.1.3	CÁLCULO DE CARGA DE ILUMINAÇÃO	24

2.1.2	CARGA INSTALADA	24
2.2	DETERMINAÇÃO DA PROVÁVEL DEMANDA	25
2.2.1	MÉTODOS DE CÁLCULO	25
2.2.1.1	MÉTODO COBEI	25
2.2.1.2	MÉTODO CEMIG	26
2.2.2	PROVÁVEL DEMANDA	26
2.3	DIVISÃO DE CIRCUITOS	28
2.4	BALANCEAMENTO DE CARGA	31
2.5	FATOR DE CORREÇÃO POR AGRUPAMENTO DE CIRCUITOS	33
2.6	FATOR DE CORREÇÃO DE TEMPERATURA	35
2.7	DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES	36
2.7.1	CRITÉRIOS DE CÁLCULO	36
2.7.1.1	CAPACIDADE DE CORRENTE	36
2.7.1.2	QUEDA DE TENSÃO	37
2.7.1.3	SEÇÃO MÍNIMA	38
2.7.2	CÁLCULO DOS CONDUTORES	39
2.8	DIMENSIONAMENTO DE ELETRODUTOS	39
2.9	DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO	41
2.9.1	DISJUNTORES DE PROTEÇÃO (DP)	42
2.9.2	DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS (DPS)	43
2.9.3	DISPOSITIVOS DIFERENCIAIS RESIDUAIS (DR)	44

1 MEMORIAL DESCRITIVO

1.1 APRESENTAÇÃO

Este memorial descritivo é um documento técnico que descreve detalhadamente os aspectos da instalação elétrica da residência TE344, localizada na Rua dos Alfeneiros, número 04, bairro Boa Vista na cidade de Curitiba - Paraná - Brasil. O objetivo principal é fornecer informações precisas e completas sobre a instalação elétrica, incluindo os materiais utilizados, as normas técnicas aplicáveis e o dimensionamento dos componentes elétricos. A partir deste documento é possível ter uma visão geral do funcionamento e características da instalação elétrica, além de garantir sua segurança e eficiência.

Essa documentação é essencial para garantir a segurança das pessoas que frequentam o local, bem como para assegurar o bom funcionamento dos equipamentos elétricos.

1.2 NORMAS APLICÁVEIS

1.2.1 NORMA NBR-5410

A NBR-5410 é uma norma técnica brasileira que estabelece as condições necessárias para a instalação elétrica de baixa tensão em edificações. Ela define os princípios e requisitos mínimos de segurança para o projeto, construção e manutenção de instalações elétricas, visando garantir a proteção das pessoas e a integridade das edificações.

Entre os aspectos abordados pela norma estão a seleção dos materiais e equipamentos, a instalação de condutores e dispositivos de proteção, a execução de aterramentos, a proteção contra sobrecargas e curto-circuitos, entre outros.

A NBR-5410 é de suma importância para a segurança elétrica das edificações no Brasil e é uma referência obrigatória para os profissionais do setor, como engenheiros elétricos, eletricitas e projetistas. É importante ressaltar que o não cumprimento das normas pode acarretar riscos de acidentes elétricos, além de problemas na regularização de projetos e obras.

Portanto, a NBR-5410 é uma norma técnica fundamental para garantir a segurança nas instalações elétricas de baixa tensão em edificações, e sua observância é fundamental para evitar riscos à vida e ao patrimônio.

1.2.2 NORMA NBR-5413

A NBR-5413 é uma norma técnica brasileira que estabelece os critérios e parâmetros para o projeto de iluminação artificial em ambientes internos e externos. A norma é de extrema importância para garantir a segurança, conforto e bem-estar das pessoas que frequentam os espaços iluminados.

A NBR-5413 estabelece os requisitos mínimos de iluminância (quantidade de luz) que devem ser atendidos em diferentes tipos de ambientes, como escritórios, hospitais, escolas, lojas, vias públicas, entre outros. A norma também especifica as características das lâmpadas, luminárias e equipamentos auxiliares que devem ser utilizados, bem como os procedimentos de medição e avaliação da iluminância.

A norma aborda diversos aspectos importantes para o projeto de iluminação, como a distribuição da luz no ambiente, o controle de ofuscamento (brilho excessivo), a uniformidade da iluminação e o índice de reprodução de cor. Esses fatores são fundamentais para garantir uma iluminação adequada e confortável para as atividades realizadas no ambiente, além de contribuir para a saúde visual dos usuários.

Além disso, a NBR-5413 também estabelece diretrizes para o uso racional da energia elétrica, como a escolha de lâmpadas eficientes e o uso de sistemas de controle de iluminação, como sensores de presença e timers, para evitar o desperdício de energia.

Em resumo, a NBR-5413 é uma norma técnica importante para garantir a qualidade da iluminação artificial em ambientes internos e externos, levando em consideração não apenas a quantidade de luz, mas também a distribuição, uniformidade e eficiência energética. É fundamental que os projetos de iluminação sigam as diretrizes estabelecidas pela norma para garantir a segurança, conforto e bem-estar dos usuários dos espaços iluminados.

1.2.3 NORMA NBR-5419

A NBR-5419 é uma norma técnica brasileira que estabelece as diretrizes para o projeto, instalação e manutenção de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA). Seu objetivo é proteger as edificações, pessoas e equipamentos contra os efeitos das descargas elétricas atmosféricas, popularmente conhecidas como raios.

A norma aborda diversos aspectos relacionados ao projeto e instalação do SPDA, como a definição da área de proteção, a seleção dos materiais e equipamentos, a disposição dos condutores, as conexões e aterramentos, entre outros. Além disso, a NBR5419 estabelece as inspeções e manutenções necessárias para garantir o funcionamento correto do sistema.

É importante destacar que a instalação de um SPDA é essencial em locais com alta incidência de raios, e sua observância é obrigatória para edificações públicas e privadas com altura superior a 15 metros, segundo a legislação brasileira. A norma NBR-5419 é uma referência obrigatória para os profissionais responsáveis pelo projeto e instalação de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, como engenheiros, eletricitistas e projetistas.

Portanto, a NBR-5419 é uma norma técnica fundamental para garantir a segurança das edificações, pessoas e equipamentos contra os efeitos das descargas elétricas atmosféricas. A observância da norma é fundamental para evitar riscos à vida e ao patrimônio, bem como para cumprir a legislação vigente.

1.2.4 NORMA NBR-5444

A NBR-5444 é uma norma técnica que define os símbolos gráficos utilizados em projetos de instalações elétricas prediais. Esses símbolos são padronizados e devem ser utilizados de acordo com as especificações da norma, para garantir uniformidade e clareza na representação das instalações elétricas.

A norma estabelece uma lista de símbolos gráficos que devem ser utilizados para representar os diversos elementos presentes em uma instalação elétrica predial, como tomadas, interruptores, disjuntores, luminárias, entre outros. Cada símbolo tem uma representação gráfica específica, com dimensões e formas padronizadas, permitindo que os projetistas e profissionais envolvidos na instalação elétrica tenham uma visão clara e precisa do projeto.

Além dos símbolos gráficos, a NBR-5444 também estabelece outras regras para a representação gráfica em desenho técnico de instalações elétricas prediais, como as linhas e os tipos de traços que devem ser utilizados, as dimensões das letras e dos números, as escalas, entre outros aspectos.

A padronização dos símbolos gráficos em projetos de instalações elétricas prediais é fundamental para garantir a segurança e a eficiência do sistema elétrico. Com a utilização de símbolos padronizados, é possível minimizar erros de interpretação e falhas na execução da instalação elétrica, evitando acidentes e problemas na utilização do sistema.

Em resumo, a NBR-5444 é uma norma técnica importante para garantir a padronização e a clareza na representação gráfica de projetos de instalações elétricas prediais, permitindo uma comunicação mais eficiente entre os profissionais envolvidos na construção e manutenção das edificações.

1.2.5 NORMA NBR-14136

A ABNT NBR-14136 é uma norma técnica brasileira que estabelece os requisitos de segurança para plugues e tomadas de uso doméstico e análogo, com tensões nominais de até 250 V e correntes nominais de até 20 A. Essa norma tem como objetivo garantir a segurança do usuário em relação a possíveis riscos elétricos, tais como choques elétricos e incêndios.

A norma NBR-14136 estabelece as dimensões, características construtivas, requisitos de segurança, marcações e ensaios que as tomadas e plugues devem atender. Ela determina, por exemplo, que as tomadas devem ser fabricadas com materiais resistentes a altas temperaturas e que os plugues devem ter proteção para evitar o contato acidental com as partes energizadas.

Essa norma é de grande importância para a indústria de equipamentos elétricos, fabricantes de plugues e tomadas, empresas de construção civil e para os consumidores finais, pois ela estabelece um padrão de segurança que deve ser observado na fabricação, instalação e uso desses equipamentos elétricos.

1.2.6 NORMA NBR-7488

A norma NBR-7288 estabelece os requisitos para cabos de potência isolados, com tensão nominal de 1 kV a 6 kV. A norma tem como objetivo garantir a segurança e a qualidade dos cabos de potência, estabelecendo critérios para a seleção dos materiais utilizados na fabricação, o dimensionamento dos condutores, o isolamento elétrico e a montagem dos cabos.

A norma define os critérios para a escolha do tipo de cabo de acordo com a sua aplicação, como por exemplo, para transmissão, distribuição ou uso em instalações fixas. Também são definidos os requisitos para a isolação dos cabos, que deve ser capaz de suportar as condições de operação, como temperatura, pressão e umidade.

A NBR-7288 também define as características dos cabos de potência, como as dimensões dos condutores, a resistência elétrica, a espessura do isolamento, a resistência mecânica e a flexibilidade dos cabos. Além disso, a norma estabelece os ensaios que devem ser realizados para avaliar a qualidade dos cabos, como ensaios elétricos, mecânicos e de envelhecimento.

É importante destacar que o cumprimento da NBR-7288 é obrigatório para a fabricação e instalação de cabos de potência isolados no Brasil. A norma é fundamental para garantir a segurança das instalações elétricas, reduzir o risco de falhas e assegurar a qualidade dos cabos utilizados em sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica.

1.2.7 NORMA NBR-5111

A NBR-5111 é uma norma técnica brasileira que estabelece as especificações para cabos de cobre nus, isolados e cobertos utilizados em instalações elétricas. A norma define os requisitos para as características físicas, mecânicas e elétricas dos cabos, bem como os ensaios que devem ser realizados para avaliar sua qualidade.

A NBR-5111 se aplica a cabos de cobre utilizados em baixa, média e alta tensão, em instalações fixas ou móveis. A norma estabelece as características dos cabos, como a composição química do cobre, as dimensões dos condutores, a resistência elétrica, a espessura do isolamento, a resistência mecânica e a flexibilidade dos cabos.

A norma também estabelece os ensaios que devem ser realizados para avaliar a qualidade dos cabos, como ensaios elétricos, mecânicos e de envelhecimento, que devem ser realizados em laboratórios acreditados pelo INMETRO.

O cumprimento da NBR-5111 é obrigatório para a fabricação e instalação de cabos de cobre no Brasil. A norma é fundamental para garantir a segurança das instalações elétricas, reduzir o risco de falhas e assegurar a qualidade dos cabos utilizados em sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica.

1.2.8 NORMA TÉCNICA COPEL - NTC 900100

A norma NTC 900100 é uma especificação técnica da Companhia Paranaense de Energia (Copel) que define as condições exigidas para a entrada de serviço de energia elétrica em empreendimentos. Ela estabelece os requisitos técnicos para o projeto, construção e montagem das instalações elétricas, incluindo a entrada de energia, o quadro geral de baixa tensão, a proteção contra surtos e curtos-circuitos, dentre outros aspectos relevantes.

A NTC 900100 é aplicável a todos os clientes da Copel que necessitam de uma nova entrada de serviço, além de servir como referência para projetistas, instaladores, construtores e outros profissionais envolvidos na construção de empreendimentos elétricos. É importante ressaltar que essa norma é específica da Copel e não necessariamente se aplica a outras concessionárias de energia elétrica.

1.2.9 NORMA TÉCNICA COPEL - NTC 901100

A norma técnica NTC 901100 estabelece as condições técnicas mínimas para o fornecimento de energia elétrica em tensão secundária em redes de distribuição de energia elétrica. Ela é aplicável a todos os clientes da Companhia Paranaense de Energia (Copel) que utilizam essa tensão de fornecimento.

Entre os aspectos regulados pela NTC 901100 estão: as características da tensão fornecida, os limites de variação da tensão, a proteção contra sobrecarga e curto-

circuito, as condições para o fornecimento de energia em emergências, a instalação e a manutenção dos equipamentos elétricos dos clientes, dentre outros.

A NTC 901100 tem como objetivo garantir a qualidade e a continuidade do fornecimento de energia elétrica em tensão secundária, buscando sempre a satisfação do cliente e a segurança das instalações elétricas. É importante ressaltar que essa norma é específica da Copel e não necessariamente se aplica a outras concessionárias de energia elétrica.

Além dessas normas, existem diversas outras normas e regulamentações específicas para cada tipo de instalação elétrica, como as normas da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e as normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE).

Portanto, é fundamental que os profissionais responsáveis pelo projeto de instalações elétricas conheçam e observem as normas técnicas aplicáveis, a fim de garantir a segurança, a qualidade e a conformidade do sistema com as exigências legais.

1.2.10 NORMA REGULAMENTADORA 10 - NR-10

A Norma Regulamentadora NR-10 é uma norma técnica que estabelece os requisitos e as medidas de controle necessárias para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que atuam em instalações elétricas. A NR-10 é de cumprimento obrigatório para todas as empresas que possuam empregados que trabalhem diretamente com eletricidade, seja na geração, transmissão, distribuição ou consumo.

A NR-10 tem como objetivo principal garantir a segurança dos trabalhadores que atuam com eletricidade, prevenindo acidentes e doenças ocupacionais decorrentes da exposição a riscos elétricos. A norma estabelece uma série de requisitos e medidas de controle, que incluem desde a elaboração de procedimentos de segurança até a utilização de equipamentos de proteção individual e coletiva.

Algumas das principais exigências da NR-10 incluem a realização de treinamentos para os trabalhadores que atuam em instalações elétricas, a elaboração de um prontuário de instalações elétricas, a realização de inspeções periódicas nas instalações elétricas e a adoção de medidas de segurança para a prevenção de acidentes, como o uso de equipamentos de proteção individual e coletiva.

Além disso, a NR-10 estabelece os limites de tensão e corrente elétrica para trabalhos em instalações elétricas, bem como as zonas de risco elétrico e as medidas de segurança necessárias para cada zona.

Em resumo, a NR-10 é uma norma técnica fundamental para garantir a segurança dos trabalhadores que atuam com eletricidade, estabelecendo requisitos e

medidas de controle necessárias para prevenir acidentes e doenças ocupacionais decorrentes da exposição a riscos elétricos. O cumprimento da NR-10 é de suma importância para as empresas que atuam com eletricidade, garantindo a segurança e a saúde dos trabalhadores e a conformidade com as normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho.

1.3 CARACTERÍSTICAS DA EDIFICAÇÃO

- **Finalidade:** Residência;
- **Paredes:** Alvenaria;
- **Tipo de instalação:** Baixa tensão;
- **Área total:** 282 m^2 ;
- **Número de pavimentos:** 2;
- **Número de unidades consumidoras:** 1;
- **Tensão nominal:** 127/220 V;

1.4 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

1.4.1 ENTRADA DE SERVIÇO

O fornecimento de energia elétrica pela concessionária COPEL será realizada por uma entrada Categoria 41 (NTC 901100), do tipo trifásico, com 4 condutores, sendo 3 fases e 1 neutro de 25 mm^2 (fase e neutro) EPR/XLPE 90°C e fio de proteção (PE) de 16 mm^2 (aterramento) EPR/XLPE 90°C que serão conectados ao quadro de medição localizado próximo ao muro da residência, de modo a permitir fácil acesso ao leitor contratado pela concessionária e evitando problemas futuros para o cliente.

A especificação da entrada de serviço pode ser consultada TABELA 2 da NTC901100, item 9,2, referência ao item 4.3, na página 42, sendo a referida tabela mostrada na FIGURA 1:

FIGURA 1 – ENTRADAS DE SERVIÇO - NTC901100

TABELA DE DIMENSIONAMENTO																
Categoria	Demanda Máxima (kVA)	Disjuntor Proteção Geral (A)	Número de Fases	Número de Fios	Medidores	RAMAL DE LIGAÇÃO MULTIPLEXADO		RAMAL DE ENTRADA						ATERRAMENTO (condutor nu ou encapado)		POSTE
								Embutido Cobre F e N (mm²) Maneira "B1" de instalar		Subterrâneo Cobre (mm²) F e N Maneira "D" de instalar		Eletroduto φ nominal				
						Cobre (mm²)	Alumínio (mm²)	Isolação PVC (70 °C)	EPR ou XLPE (90 °C)	Isolação PVC (70 °C)	EPR ou XLPE (90 °C)	(mm)	(pol)	Condutor de Cobre (mm²)	Eletroduto PVC φ nominal	
12	6	50	1	2	M	10	16	10	10	10	10	32	1	10	19	75
14	8	63	1	2	M	10	16	16	10	16	10	32	1	16	19	75
19	10	50	1	3	M3	10	16	10	10	10	10	32	1	10	19	75
22	15	70	1	3	M3	10	25	25	16	25	16	32	1	16	19	100
25	25	100	1	3	M3	16	35	35	25	35	25	40	1 ½	16	19	200
28	11	50	2	3	B	10	16	10	10	10	10	32	1	10	19	75
29	14	63	2	3	B	10	16	16	10	16	16	32	1	16	19	75
36	19	50	3	4	T	10	16	10	10	10	10	32	1	10	19	75
37	24	63	3	4	T	16	16	16	10	16	16	32	1	16	19	75
38	30	80	3	4	T	16	25	25	16	25	16	40	1 ½	16	19	200
41	38	100	3	4	T	16	25	35	25	35	25	40	1 ½	16	19	200
42	48	125	3	4	T	25	35	50	35	50	50	60	2	25	25	200
43	57	150	3	4	T	35	50	70	50	70	70	60	2	35	25	300
44	67	175	3	4	T	50	70	95	70	95	70	75	2 ½	50	25	300
45	76	200	3	4	T	50	70	95	70	* Nota 11	95	75	2 ½	50	25	300
46	37	150	1	3	T	35	50	70	50	70	70	60	2	35	25	300
47	44	175	1	3	T	50	70	95	70	95	70	75	2 ½	50	25	300
48	50	200	1	3	T	50	70	95	95	* Nota 11	95	75	2 ½	50	25	300

FONTE: Página 34 da NTC901100

A entrada de serviço fica assim definida:

- *Tipo de entrada:* Categoria 41 COPEL, segundo a tabela 2 e a demanda calculada (34.097,5 VA);
- *Ramal de Entrada:* tipo trifásica, categoria 41, com disjuntor trifásico de 100 A e Medidor Trifásico a 4 fios tipo T;
- *Fios de fase/neutro:* cabos de cobre com seção nominal de 25 mm² com isolamento EPR/XLPE 90 °C;
- *Fio de Proteção (PE):* cabo de cobre com seção nominal de 16 mm² com isolamento EPR/XLPE 90 °C;
- *Modo de Instalação:* Maneira "D" (Subterrânea);
- *Eletrodutos:* eletroduto corrugado com diâmetro de 40mm para o circuito 3F+N e um eletroduto corrugado com 20mm de diâmetro para o condutor de proteção.

Notas (NTC 901100):

- Maneira de instalar

Maneira de instalar D: cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto enterrado no solo (com proteção mecânica e/ou química adicional – popularmente cabo 1 kV).

- As dimensões estabelecidas na tabela para condutores e eletrodutos são mínimas.
- Para o ramal de entrada, a seção nominal do condutor neutro deve ser igual ao do(s) condutor (es) da(s) fase(s).
- Cada eletroduto deverá possuir um circuito completo [fase(s) e 1 neutro].
- Medidor:

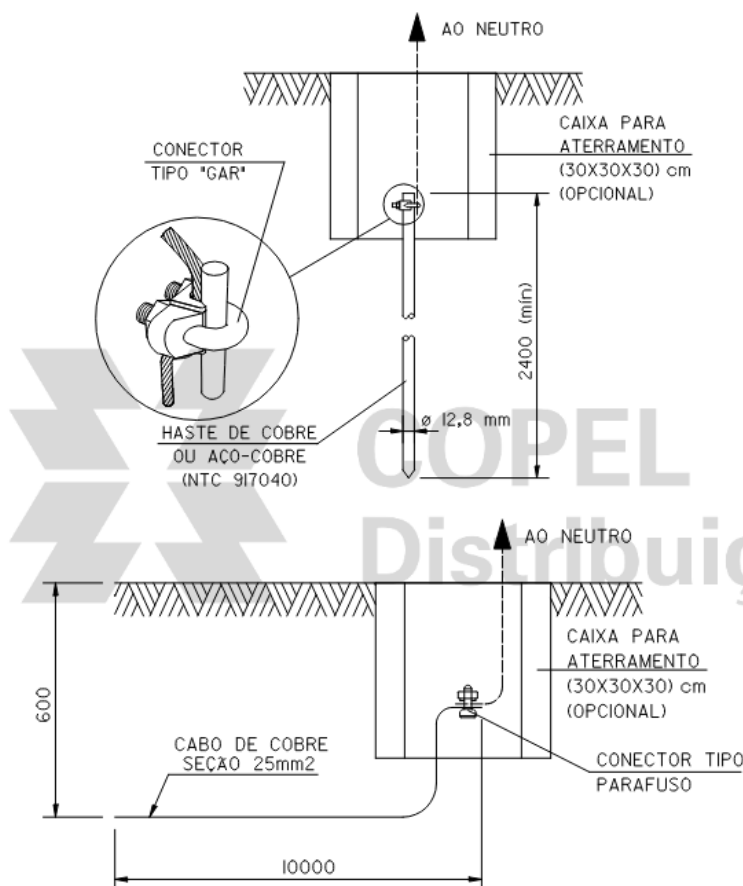
Medidor Trifásico 4 fios 127/220 V = *Medidor T*

1.4.1.1 ATERRAMENTO

O aterramento junto ao poste da concessionária será feito através de uma haste de aterramento de $\frac{1}{2}''$ (12,8 mm) e 2,40 m de comprimento.

A instalação da haste de aterramento deverá ser feita segundo a norma NTC 901100 da COPEL, conforme mostra a FIGURA 2:

FIGURA 2 – ALTERNATIVA DE ELETRODO - FIGURA 15 DA NTC901100

ALTERNATIVAS DE ELETRODOS DE ATERRAMENTO

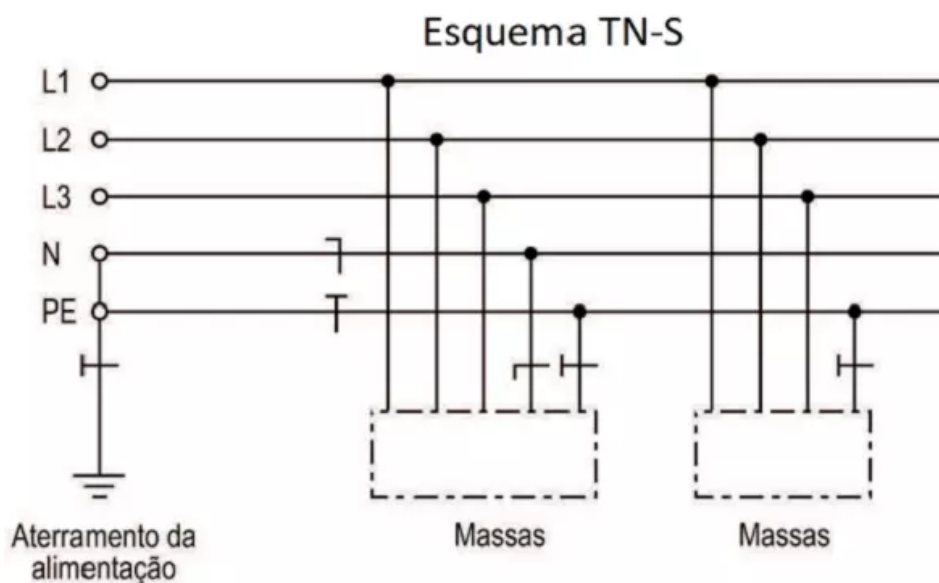
FONTE: Página 53 da NTC901100

Notas (NTC 901100):

- A instalação do ramal multiplexado (entrada da casa) será subterrânea, ou a maneira “D” segundo as notas da tabela 2 da NTC901100:
- Como alternativa a utilização aos conectores “GAR” ou Tipo Parafuso, poderá ser utilizada conexão com solda exotérmica ou conector cunha.
- A utilização de caixa para a haste de aterramento não é obrigatória.
- Não será permitida a utilização de conector tipo “Terminal de Bateria”, conforme prescreve a NTC 927105.

O aterramento dos quadros de distribuição e seus respectivos barramentos de terra serão feitos utilizando o esquema TN-S, conforme mostra a figura FIGURA 3:

FIGURA 3 – ESQUEMA TN-S



FONTE: Mundo da Elétrica

Neste esquema, os condutores de neutro e proteção (N e PE) são separados, sendo unidos somente na haste de aterramento. O condutor de proteção que sai da haste de aterramento e vai até os quadros de distribuição tem seção nominal de 16 mm^2 .

1.4.2 QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO

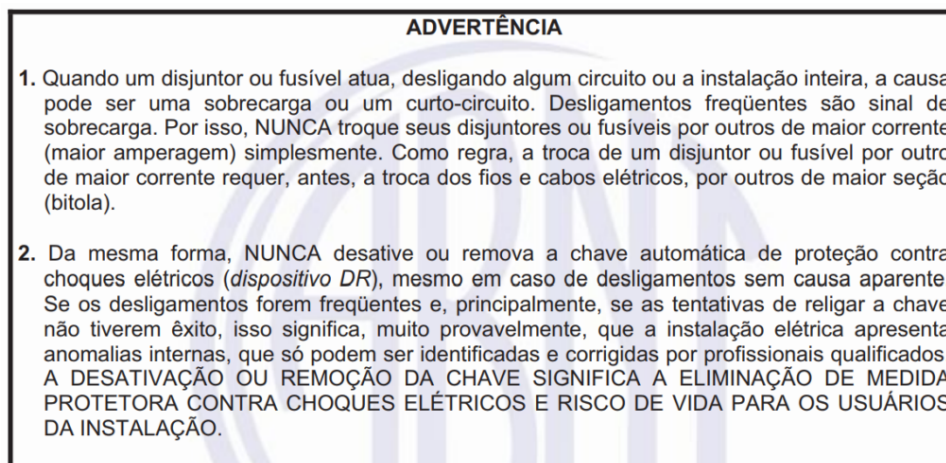
Os Quadro Geral e Auxiliar de Distribuição (QDC1 e QDC2) seguirão os padrões DIN/IEC e NEMA/UL, com disjuntores gerais para cada quadro, de acordo com o projeto. Além disso, os disjuntores para alimentação dos circuitos específicos e os interruptores diferenciais residuais (DR) serão instalados nesses quadros, conforme o diagrama unifilar.

Os disjuntores utilizados nos quadros de distribuição seguem o padrão DIN/IEC e são fornecidos por marcas como STECK, ABB, WEG ou similares, dispostos de acordo com o Diagrama Unifilar e respeitando o balanceamento de fases. A capacidade de condução de corrente dos barramentos também é indicada nos Quadros de Carga em planta. O Quadro de Distribuição será identificado de forma definitiva e duradoura em plaqueta acrílica individual e resinada, com a relação dos circuitos e seus equipamentos correspondentes, e todos os circuitos serão identificados nos quadros com etiquetas e anilhas plásticas. A entrada de energia nos quadros será comandada e protegida por disjuntores, com módulos de reserva para futuras ampliações. Todos os materiais utilizados serão de qualidade e procedência confiável.

De acordo com o item 6.5.4.10 da NBR-5410 “*Os quadros de distribuição*”

destinados a instalações residenciais e análogas devem ser entregues com a seguinte advertência" - mostrada na FIGURA 4:

FIGURA 4 – ADVERTÊNCIA DOS QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO - NBR-5410



FONTE: Atom Elétrica

Ainda, o item 6.5.4.11 da NBR-5410 diz que *“A advertência de que trata 6.5.4.10 pode vir de fábrica ou ser provida no local, antes de a instalação ser entregue ao usuário, e não deve ser facilmente removível.”*

No caso de algum disjuntor não poder ser desligado sem aviso prévio aos usuários de equipamentos específicos, é necessário que o disjuntor seja equipado com um acessório apropriado ou algum tipo de sinalização que permita seu funcionamento normal. O uso de fitas adesivas não deve ser utilizado sob nenhuma circunstância. É importante ressaltar que apenas eletricitistas qualificados devem ter acesso aos painéis.

1.4.3 ILUMINAÇÃO

Os circuitos de iluminação seguirão as especificações do projeto elétrico e serão derivados dos quadros de distribuição com fiação mínima de $1,5 \text{ mm}^2$. As luminárias internas para área de convivência serão do tipo tubular de LED de 20W em chapa de aço galvanizada e pintada na cor branca, com refletor parabólico em alumínio anodizado de alta pureza e refletância. Já para as áreas de guarita, copa, banheiros e recepção serão utilizados plafons de plástico de sobrepor com lâmpadas LED de 9W e 12W.

As caixas embutidas para interruptores seguirão dimensões padronizadas ($4'' \times 2''$, $3'' \times 3''$ ou $4'' \times 4''$) e as luminárias serão instaladas em caixas embutidas tipo arandelas nas paredes a $2,20 \text{ m}$ do piso acabado, em caixas embutidas no forro para iluminação interna, e em caixas de ligação à prova de tempo para iluminação externa.

As caixas de embutir em ambiente externo deverão ter apenas o olhal superior aberto para conexão com o eletroduto, a fim de evitar entrada de água e corpos estranhos na caixa. E nas caixas internas, apenas os olhais das caixas onde forem introduzidos eletrodutos serão abertos, devendo estar alinhadas e aprumadas.

1.4.4 TOMADAS DE USO GERAL

Tomadas de uso geral são aquelas que podem ser utilizadas para conectar equipamentos elétricos de diferentes tipos, como eletrodomésticos, ferramentas elétricas, aparelhos de som, computadores, entre outros. São pontos de energia elétrica previstos para atender às necessidades de uso comum em ambientes residenciais, comerciais ou industriais. A norma NBR-5410 estabelece as diretrizes para previsão de carga e número mínimo de tomadas de uso geral em diferentes tipos de ambientes. O objetivo é garantir a segurança e a eficiência da instalação elétrica, evitando sobrecarga e riscos de acidentes elétricos.

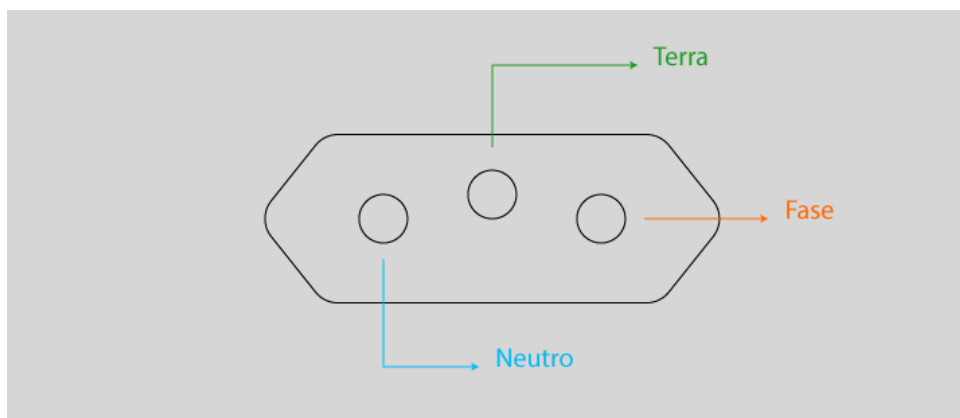
As tomadas de uso geral deste projeto serão alimentadas a partir dos quadros de distribuição correspondentes, de acordo com as normas e especificações aplicáveis. É exigido que todas as tomadas sejam aterradas, com pino de ligação a terra no padrão Brasileiro de conectores, seguindo as normas de segurança vigentes. As tomadas de uso geral serão projetadas em cada ambiente, próximas à porta de entrada e sob o interruptor da iluminação, em conformidade com as normas e diretrizes do projeto elétrico. As caixas para tomadas deverão ter dimensões padronizadas ($4'' \times 2''$ ou $4'' \times 4''$), de forma a permitir a instalação dos módulos previstos e garantir a funcionalidade e segurança do sistema. Todas as tomadas de uso geral deverão ser dotadas de conector de aterramento (PE), conforme ABNT *NBR-14136*, com indicação diferenciada de tensão de trabalho. As tomadas de energia elétrica poderão ser de instalação embutida caixa $4'' \times 2''$, quando destinadas a uma única tomada, e em caixa $4'' \times 4''$ quando se destinarem a mais de uma tomada. Ademais, é exigido que todas as tomadas sejam providas de fio-terra, conforme normas e especificações técnicas aplicáveis.

As tomadas de energia elétrica a serem utilizadas serão do tipo 2P + T, com capacidade para 10A/250V e serão embutidas na alvenaria de acordo com a altura indicada no projeto. A instalação das tomadas deverá seguir a polarização especificada, garantindo a correta conexão dos polos fase, neutro e terra, conforme a FIGURA 5:

1.4.5 TOMADAS DE USO ESPECÍFICO

De acordo com a NBR5410, tomada de uso específico é aquela destinada a um único equipamento elétrico, com características especiais de plugue e tensão.

FIGURA 5 – POLARIDADE DAS TOMADAS - NBR-14136



FONTE: Sala da Elétrica

São exemplos de equipamentos que necessitam de tomadas de uso específico: ar-condicionado, forno elétrico, máquina de lavar, secadora de roupas, entre outros. A norma estabelece requisitos específicos para as tomadas de uso específico, como a necessidade de serem identificadas com a informação do equipamento que deve ser conectado, além de exigir a instalação de dispositivos de proteção contra choques elétricos, como o DR. É importante ressaltar que as tomadas de uso específico devem atender aos requisitos de segurança estabelecidos na NBR-14136, que regulamenta as tomadas de uso geral e de uso específico.

As tomadas de uso específico para chuveiros e equipamentos com potência superior a $3000W$ serão constituídas por fios de 2 fases, neutro e terra saindo do Quadro de Distribuição correspondente, sendo a seção do aterramento o mesmo dos condutores carregados desse circuito, segundo as definições da NBR-5410.

As tomadas de uso específico destinadas a equipamentos da cozinha e lavanderia serão alimentadas por fios de fase, neutro e terra saindo dos quadros de distribuição correspondente, sendo a seção do aterramento o mesmo dos condutores carregados desse circuito, segundo as definições da NBR-5410. As tomadas de energia elétrica a serem utilizadas serão do tipo 2P + T, com capacidade para 20A/250V e serão embutidas na alvenaria de acordo com a altura indicada no projeto.

Todas as tomadas de tensão nominal de 127V, exceto as tomadas para chuveiros e equipamentos com potência superior a $3000W$, cuja tensão nominal é de 220V.

1.4.6 ELETRODUTOS

Todos os circuitos serão instalados em eletrodutos de PVC corrugados, de cor amarela, com propriedades antichamas e antitóxicos, embutidos em paredes ou em lajes. Serão adotados eletrodutos de $1 \frac{1}{4}''$ quando não houver indicação de diâmetro

externo. Os eletrodutos serão instalados de forma a formar uma rede contínua de caixa a caixa e de luminária a luminária, permitindo a remoção e transposição dos condutores sem prejuízo para o isolamento. Os eletrodutos utilizados para ligação das luminárias aos interruptores seguirão o mesmo padrão dos demais eletrodutos.

As caixas de passagem e eletrodutos deverão formar uma rede rígida. As conexões serão feitas com luvas roscadas, sem ângulos superiores a 90 graus em uma única curva. As fixações em caixas metálicas exigirão buchas e arruelas, sendo que as tubulações vazias deverão ter guias de arame para facilitar a enfição. Tampões deverão ser colocados nos eletrodutos logo após a instalação para impedir a entrada de objetos estranhos.

1.4.7 CAIXAS DE PASSAGEM

As caixas de passagem deverão ser padronizadas nas medidas de 4"x2", 3"x3" ou 4"x4", feitas de PVC para embutir em alvenaria.

1.4.8 CONDUTORES

Todos os condutores devem ser cabos isolados, exceto se indicado de outra forma, e devem possuir características especiais de propagação e autoextinção do fogo. Os cabos utilizados para alimentar a iluminação interna/externa e as tomadas devem ser do tipo cabo com isolamento para 450/750 V, com isolamento simples e das marcas Ficap, Pirelli ou similares, conforme a norma NBR-7288, com a bitola especificada em planta. É proibido realizar emendas nos cabos e todas as caixas de passagem são destinadas a facilitar a passagem dos cabos.

Os cabos utilizados para alimentar os quadros de distribuição devem ser unipolares de cobre, com capacidade de 0,6/1kV e isolamento de EPR/XLPE 90°C. As seções dos condutores estão indicadas nos quadros de carga e diagramas. Todos os cabos devem ser do tipo cabo e devem possuir as características especificadas:

- O condutor é composto por fio de cobre nu, de têmpera mole, com encordoamento classe 2;
- A isolação é feita de composto termofixo de Polietileno reticulado EPR/XLPE, com espessura reforçada e é anti-chama, sem capa de chumbo;
- As temperaturas máximas suportadas pelo condutor são de 90°C em serviço contínuo, 130°C em sobrecarga e 250°C em curto circuito.

A instalação dos condutores só pode começar após a tubulação estar completamente instalada, fixada e limpa, após a primeira camada de tinta nas paredes e antes

da camada final. Para facilitar a instalação dos cabos nas tubulações, apenas o uso de parafina ou talco é permitido.

Emendas são permitidas apenas dentro das caixas de passagem, e devem ser bem soldadas e isoladas com fita isolante antichama da 3M ou de marca similar, ou ainda serem feitas utilizando conectores de torção. Emendas dentro de eletrodutos não são permitidas em nenhuma circunstância.

Conectores terminais do tipo ilhós devem ser usados para conectar os cabos aos barramentos ou bornes das chaves e disjuntores, para bitolas acima de 6 mm^2 .

1.4.9 CIRCUITOS

Dentro de cada eletroduto, serão utilizados no máximo 3 (três) cabos para circuitos monofásicos + terra ou bifásicos + terra, e 5 cabos para circuitos trifásicos a 4 fios + terra, com até 3 (três) ou 4 (quatro) circuitos. A retirada da cobertura ou isolamento dos eletrodutos sem consulta prévia ao projetista será vedada. Os circuitos alimentadores dos quadros de distribuição serão identificados em planta, ao longo dos eletrodutos. Equipamentos especiais, como chuveiros e torneiras elétricas, devem ser ligados diretamente ao quadro de distribuição específico, com um conduto único para cada circuito. As condensadoras de ar deverão ser ligadas diretamente ao quadro de distribuição, com no máximo dois circuitos por conduto. Os condutores não deverão sofrer esforços mecânicos incompatíveis.

1.4.10 ATERRAMENTO

Os circuitos de distribuição devem ser acompanhados por condutores de proteção (terra), de acordo com o projeto, e todos os quadros devem ter um barramento de terra. É estritamente proibido conectar os condutores neutro e de proteção (terra) nos quadros de Distribuição de cargas geral ou terminal. Além disso, todos os condutores de proteção (terra) devem estar isolados no interior dos eletrodutos.

O aterramento dos barramentos de terra dos quadros de distribuição serão feitos utilizando esquema TN-S, segundo a norma NBR5410 - utilizando o eletrodo de aterramento da entrada de serviço.

1.4.11 OBSERVAÇÕES

Caso o cliente deseje alterar qualquer item, como por exemplo uma luminária, é necessário verificar a potência do dispositivo a ser substituído. Se a nova potência for maior do que a anterior, é necessário recalcular o dimensionamento dos condutores e disjuntores.

1.5 RESPONSABILIDADE TÉCNICA

A responsabilidade técnica atribuída a este projeto está sujeita à manutenção de todas as características, definições e especificações dos dispositivos, equipamentos e materiais descritos neste projeto, que devem ser utilizados durante a sua execução. Além disso, qualquer alteração que se faça necessária deve ser avaliada e autorizada por escrito pelo responsável técnico do projeto.

2 MEMORIAL DE CÁLCULO

2.1 CÁLCULOS DAS PREVISÕES DE CARGAS

2.1.1 CRITÉRIOS DA NBR-5410

2.1.1.1 CÁLCULO DE CARGA DAS TOMADAS DE USO GERAL

Para os banheiros, a NBR-5410 prevê pelo menos um ponto de tomada próximo ao lavatório, com cuidados para evitar riscos de choques elétricos.

Para varandas com área inferior a 2 m^2 ou profundidade inferior a $0,80\text{ m}$, é necessário pelo menos um ponto de tomada, podendo ser instalado próximo ao acesso.

Em salas e dormitórios, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m , ou fração de perímetro, sendo recomendável equipar pontos com mais de uma tomada.

Para cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais similares, é necessário pelo menos um ponto de tomada para cada $3,5\text{ m}$, ou fração de perímetro, sendo que acima da bancada da pia devem ser previstas no mínimo duas tomadas, no mesmo ponto ou em pontos distintos.

Para demais cômodos, o número mínimo de pontos de tomada é definido de acordo com a área, variando de um ponto para áreas de até $2,25\text{ m}^2$ até um ponto para cada 5 m , ou fração de perímetro, para áreas acima de 6 m^2 .

A recomendação é incluir no projeto elétrico tomadas adicionais em locais estratégicos, devido à crescente utilização de aparelhos eletroeletrônicos no dia a dia, para evitar a necessidade de adaptadores, extensões e outros multiplicadores de tomadas.

Caso os locais, como banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias ou locais análogos, tenham 3 ou mais tomadas, 3 delas devem ser instaladas com capacidade de pelo menos 600 VA, e as demais com capacidade de pelo menos 100 VA.

Já nos demais cômodos ou dependências, a norma exige que cada tomada tenha capacidade de pelo menos 100 VA.

2.1.1.2 CÁLCULO DE CARGA DAS TOMADAS DE USO ESPECÍFICO

A NBR-5410 não estabelece uma previsão de carga padrão para tomadas de uso específico, pois essas tomadas são destinadas a equipamentos elétricos específicos, cada um com sua demanda de carga elétrica particular. Dessa forma, a previsão

de carga para tomadas de uso específico deve ser feita de acordo com as informações do fabricante do equipamento elétrico a ser conectado a ela. As informações sobre a carga elétrica requerida pelo equipamento podem ser encontradas no manual do usuário ou na placa de identificação do equipamento. A instalação elétrica deve ser dimensionada de forma a atender a demanda de carga de todos os equipamentos elétricos conectados, incluindo as tomadas de uso específico, garantindo assim a segurança e o bom funcionamento do sistema elétrico.

Desta forma, a previsão de carga das tomadas de uso específico é simplesmente a soma da potência instalada de cada equipamento previsto no projeto.

2.1.1.3 CÁLCULO DE CARGA DE ILUMINAÇÃO

A NBR-5410 estabelece critérios para a previsão de carga de iluminação em instalações elétricas residenciais. As diretrizes para a previsão de carga de iluminação são as seguintes:

- Em cada cômodo ou dependência, deve ser previsto pelo menos um ponto de luz com potência mínima de 100 VA;
- Em cômodos com área igual ou inferior a 6 m^2 , deve ser prevista pelo menos uma carga de 100 VA;
- Em cômodos com área superior a 6 m^2 , a previsão de carga deve considerar 100 VA para os primeiros 6 m^2 , acrescidos de 60 VA para cada aumento de 4 m^2 inteiros.

É importante destacar que esses valores são mínimos e que a previsão de carga de iluminação deve considerar a utilização prevista para cada ambiente, a fim de garantir que a capacidade do circuito seja suficiente para atender à demanda de carga elétrica requerida pelos pontos de iluminação, sem sobrecarregar o sistema elétrico e garantindo a segurança do usuário.

2.1.2 CARGA INSTALADA

A TABELA 1 mostra o levantamento dos pontos de iluminação, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico, bem como suas cargas instaladas, de acordo com os critérios descritos na Seção 2.1.1:

TABELA 1 – CÁLCULO DE PONTOS E DE PREVISÃO DE CARGA

PAVIMENTO	DEPENDÊNCIA	DIMENSÕES		ILUMINAÇÃO			TUG			TUE		
		ÁREA (m²)	PERÍMETRO (m)	N. PONTOS	POT.UNIT	POT. UNIT. CALC	POT. TOTAL	N. PONTOS	POT. UNIT	POT. TOTAL	APARELHO	POTENCIA
TERREO	HALL ENT + EXTERNO	1,001	4,1399	1	100	40	400	1	100	100		
	SALA DE ESTAR	25,39	20,71	4	100	340	400	5	100	500	AR CONDICIONADO	3600
	QUARTO 2	19,08	20	3	100	280	300	5	100	500	AR CONDICIONADO	3600
	GARAGEM	36,93	29,6	6	100	520	600	6	100	600	MOTOR PORTÃO	650
	SALA DE JANTAR	26,34	21,43	4	100	400	400	5	100	500	TOMADA POTENCIA 220V	1000
	COZINHA	9,49	12,65	1	100	100	100	1		600	GRILL	1200
								3		1350	LAVA LOUÇA	1500
											TORNEIRA ELÉTRICA	4500
											FOGÃO ELÉTRICO	6500
	BWC SOCIAL	2,23	6	1	100	100	100	1	100	600	FORNO ELÉTRICO	6500
	BWC Q2	4,12	8,8	1	100	100	100	1	100	600	CHUVEIRO	6500
	BWC Q1	4,02	8,1	1	100	100	100	1	100	600	CHUVEIRO	6500
	QUARTO 1	18,91	19,79	3	100	280	300	4	100	400	AR CONDICIONADO	3600
	JARDIM EXTERNO	8,09	11,5	1	100	100	100	3	100	300		
	JARDIM INTERNO	12,64	17,49	2	100	160	200	4	100	400		
	SUITE	25,59	23,41	4	100	340	400	5	100	500	AR CONDICIONADO	3600
	BWC SUITE	3,12	7,4	1	100	100	100	1	100	600	CHUVEIRO	6500
	LAVANDERIA	9,8	13	1	100	100	100	4		700	MAQUINA LAVA E SECA	3500
SEGUNDO PAVIMENTO	BWC SOCIAL	2,04	6,06	1	100	100	100	1	100	600		
	CLOSET Q3	4,7	8,63	1	100	100	100	2	100	200		
	QUARTO 3	19,48	20,8	3	100	280	300	5	100	500	AR CONDICIONADO	3600
	BWC Q3	3,97	8,7	1	100	100	100	1	100	600	CHUVEIRO	6500
	TERRAÇO	16,18	16,28	2	100	220	200	2	100	200		
	SALA ÍNTIMA	19,58	18,02	3	100	280	300	4	100	400	AR CONDICIONADO	3600
	CORREDOR SUITE	1,71	5,5	1	100	40	100	1	100	100		
	HALL	1,85	5,65	1	100	40	100	1	100	100		
	ESCALA	4,9	8,9	2	100	100	200	NORMA NAO PREVÊ				
	TOTAL			48			4800	66		12650		72950

A previsão de carga é de 92.400 VA, segundo a soma total das cargas instaladas.

2.2 DETERMINAÇÃO DA PROVÁVEL DEMANDA

2.2.1 MÉTODOS DE CÁLCULO

2.2.1.1 MÉTODO COBEI

O Método COBEI é uma forma de calcular a demanda de potência elétrica para um determinado estabelecimento ou edifício. A sigla COBEI significa "Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações", e esse método é baseado em normas técnicas brasileiras.

A demanda de potência elétrica é a quantidade de energia que é requerida pelo estabelecimento em um determinado momento. Essa demanda é influenciada pelo número de aparelhos eletrodomésticos e eletrônicos em uso, pelo tipo de atividade realizada no local, entre outros fatores.

O Método COBEI leva em consideração a potência nominal dos equipamentos elétricos que serão utilizados no local, além de fatores como o fator de simultaneidade (ou seja, a probabilidade de que todos os equipamentos elétricos estejam em uso ao mesmo tempo), o fator de demanda (que é a fração da carga máxima esperada) e a previsão de crescimento da demanda futura.

Com base nesses dados, o Método COBEI permite calcular a demanda de potência elétrica para o estabelecimento, o que é importante para a escolha adequada do tamanho do transformador e do quadro de distribuição de energia elétrica.

2.2.1.2 MÉTODO CEMIG

O método CEMIG é um método utilizado para o cálculo da demanda de potência elétrica em edificações. Ele foi desenvolvido pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) e leva em consideração diversos fatores, como o número e a potência dos equipamentos instalados, o tipo de atividade desenvolvida na edificação, as características da iluminação e o tipo de climatização utilizado, entre outros. A partir dessas informações, é possível estimar a demanda de potência elétrica máxima que será requerida pela edificação em determinado momento, o que é importante para a adequação do sistema elétrico e a definição da tarifa de energia elétrica a ser aplicada.

2.2.2 PROVÁVEL DEMANDA

Para cálculo da demanda, utiliza-se dois métodos, um para iluminação e tomadas de uso geral e um diferente para cálculo da demanda das tomadas de uso específico. O método COBEI é bastante prático para cálculos de demanda de tomadas de uso geral e iluminação, pois considera somente a carga instalada para a determinação da demanda. Porém, para as tomadas de uso específico, o método COBEI considera demanda de 100%. Portanto, o método CEMIG é utilizado apenas para as tomadas de uso específico, pois considera .

Segundo o método COBEI, o fator de demanda de tomadas de uso geral e iluminação é obtido da tabela mostrada na FIGURA 6:

FIGURA 6 – FATORES DE DEMANDA SEGUNDO A POTÊNCIA INSTALADA - CT-64/COBEI

POTÊNCIA	FATOR DE DEMANDA
$0 < P \leq 1$	88
$1 < P \leq 2$	75
$2 < P \leq 3$	66
$3 < P \leq 4$	59
$4 < P \leq 5$	52
$5 < P \leq 6$	45
$6 < P \leq 7$	40
$7 < P \leq 8$	35
$8 < P \leq 9$	31
$9 < P \leq 10$	27
acima de 10	24

FONTE: CT-64/COBEI

Segundo o método CEMIG, o fator de demanda para tomadas de uso específico é obtida da tabela mostrada na FIGURA 7:

FIGURA 7 – FATORES DE DEMANDA PARA TOMADAS DE USO ESPECIFICO - MÉTODO CEMIG

Tabela 16 - Fatores De Demanda Para Aparelhos Eletrodomésticos De Aquecimento E Refrigeração (Unidades Consumidoras Residenciais E Não Residenciais)

NÚMERO DE APARELHOS	FATOR DE DEMANDA	NÚMERO DE APARELHOS	FATOR DE DEMANDA
1	1	16	0,43
2	0,92	17	0,42
3	0,84	18	0,41
4	0,76	19	0,40
5	0,70	20	0,40
6	0,65	21	0,39
7	0,60	22	0,39
8	0,57	23	0,39
9	0,54	24	0,38
10	0,52	25	0,38
11	0,49	26 a 30	0,37
12	0,48	31 a 40	0,36
13	0,46	41 a 50	0,35
14	0,45	51 a 60	0,34
15	0,44	61 ou mais	0,33

FONTE: ND 5.2 CEMIG

A potência instalada para iluminação e tomadas de uso geral é de 17.450 VA (P_{COB}), portanto, segundo a FIGURA 6, o fator de demanda (F_{COB}) é 0,24;

A potência instalada para as tomads de uso geral é de 72.950 VA (P_{CEMIG}), sendo o número de tomadas igual a 18. Portanto, a FIGURA 7 indica um fator de demanda (F_{CEMIG}) de 0,41.

A demanda total da edificação é a soma das demandas individuais:

$$D = F_{COB} \times P_{COB} + F_{CEMIG} \times P_{CEMIG} \quad (2.1)$$

Portanto, a demanda provável será igual a:

$$D = 17.450 \times 0,24 + 72.950 \times 0,41$$

$$D = 34.097,5VA \quad (2.2)$$

Logo, a demanda provável da edificação é de 34.097,5 VA

A demanda provável é importante para a escolha da entrada de serviço. Segundo a tabela 2 da norma NTC 901100, o padrão da entrada de serviço segue as especificações listadas abaixo:

- **Categoria:** 41
- **Demanda Máxima:** 38 kVA
- **Tipo de fornecimento:** Trifásico a 4 fios.
- **Bitola do fio (Ramal de entrada):** para as fases, 25 mm^2 EPR/XLPE 90 °C, condutor de aterramento nu ou encapado de 16 mm^2 ;
- **Poste:** DAN 200

A entrada de serviço fica assim definida:

- **Tipo de entrada:** Categoria 41 COPEL, segundo a tabela 2 e a demanda requerida (34.097,5 VA);
- **Ramal de Entrada:** tipo trifásica, categoria 41, com disjuntor trifásico de 100 A e Medidor Trifásico a 4 fios tipo T;
- **Fios de fase/neutro:** cabos de cobre com seção nominal de 25 mm^2 com isolamento EPR/XLPE 90 °C;
- **Fio de Proteção (PE):** cabo de cobre com seção nominal de 16 mm^2 com isolamento EPR/XLPE 90 °C;
- **Modo de Instalação:** Maneira “D” (Subterrânea);
- **Eletrodutos:** eletroduto corrugado com diâmetro de 40mm para o circuito 3F+N e um eletroduto corrugado com 20mm de diâmetro para o condutor de proteção.

2.3 DIVISÃO DE CIRCUITOS

A NBR-5410 define critérios para a divisão de circuitos em instalações elétricas de baixa tensão. Entre os critérios definidos, podemos citar:

- A divisão dos circuitos deve ser feita de forma a evitar a sobrecarga dos condutores e dos dispositivos de proteção.
- A corrente de projeto dos circuitos deve ser escolhida com base na carga elétrica a ser alimentada.

- Os circuitos devem ser agrupados de acordo com a sua finalidade, podendo ser divididos em circuitos de iluminação, circuitos de tomadas, circuitos de equipamentos fixos, entre outros.
- Os circuitos de iluminação devem ser separados dos circuitos de tomadas, exceto em casos específicos, como em áreas de trabalho.
- Em áreas externas ou úmidas, os circuitos devem ser protegidos por dispositivos diferenciais-residuais (DR).
- Para circuitos de equipamentos fixos, devem ser consideradas as especificações do fabricante em relação à potência e corrente de partida.
- Em áreas com risco de explosão ou incêndio, devem ser utilizados dispositivos de proteção específicos.

A aplicação destes critérios gerou os circuitos de distribuição, dispostos na TABELA 2, de acordo com os equipamentos elétricos instalados e determinação dos quadros de distribuição:

TABELA 2 – DISTRIBUIÇÃO DE CIRCUITOS DE ACORDO COM O EQUIPAMENTO E QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO

CIRCUITO	TIPO	QUADRO	TENSÃO
C12, C13	AR CONDICIONADO	QDC1	220
C20, C21	TORNEIRA ELETRICA	QDC1	220
C26, C27	CHUVEIRO	QDC1	220
C28, C29	CHUVEIRO	QDC1	220
C14, C15	AR CONDICIONADO	QDC1	220
C16, C17	AR CONDICIONADO	QDC1	220
C12, C13	AR CONDICIONADO	QDC2	220
C18, C19	CHUVEIRO	QDC2	220
C8, C9	AR CONDICIONADO	QDC2	220
C16, C17	CHUVEIRO	QDC2	220
C10, C11	AR CONDICIONADO	QDC2	220
C18, C19	MOTOR PORTÃO TOMADA POTENCIA 220V	QDC1	220
C22, C23	FOGÃO ELÉTRICO	QDC1	220
C24, C25	FORNO ELÉTRICO	QDC1	220
C14, C15	MÁQUINA LAVA E SECA	QDC2	220

C4	TUG HALL ENTRADA SALA DE ESTAR BWC SOCIAL	QDC1	127
C5	TUG QUARTO 2 BWC Q2	QDC1	127
C6	TUG GARAGEM JARDIM EXTERNO	QDC1	127
C7	TUG SALA DE JANTAR COZINHA	QDC1	127
C8	TUG COZINHA GRILL	QDC1	127
C9	TUG COZINHA LAVA LOUÇA	QDC1	127
C10	TUG COZINHA	QDC1	127
C11	TUG BWC Q1 QUARTO 1 JARDIM INTERNO	QDC1	127
C3	TUG CLOSET Q3 QUARTO 3 BWC Q3	QDC2	127
C4	TUG TERRAÇO SALA INTIMA BWC SOCIAL	QDC2	127
C5	TUG LAVANDERIA CORREDOR SUITE HALL	QDC2	127
C6	TUG LAVANDERIA	QDC2	127

C7	TUG SUITE BWC SUITE	QDC2	127
C1	ILUMINAÇÃO HALL ENTRADA SALA DE ESTAR QUARTO 2	QDC1	127
C2	ILUMINAÇÃO GARAGEM SALA DE JANTAR	QDC1	127
C3	ILUMINAÇÃO COZINHA BWC SOCIAL BWC Q2 BWC Q1 QUARTO 1 JARDIM EXTERNO JARDIM INTERNO	QDC1	127
C1	ILUMINAÇÃO CLOSET Q3 QUARTO 3 BWC Q3 TERRAÇO SALA INTIMA ESCADA	QDC2	127
C2	ILUMINAÇÃO SUITE LAVANDERIA BWC SUITE BWC SOCIAL CORREDOR SUITE HALL	QDC2	127

2.4 BALANCEAMENTO DE CARGA

O balanceamento de carga é feita utilizando o seguinte critério:

- Distribuir os circuitos nos quadros de distribuição, de forma equilibrada, para evitar

sobrecarga em uma ou mais fases da rede trifásica.

A aplicação deste critério gerou a distribuição de carga disposta na TABELA 3:

TABELA 3 – BALANCEAMENTO DE CARGA DE ACORDO COM O EQUIPAMENTO E POTÊNCIA INSTALADA

CIRCUITO	QUADRO	TENSÃO	FASE F1	FASE F2	FASE F3
C12, C13	QDC1	220	1800	1800	
C20, C21	QDC1	220	2250	2250	
C26, C27	QDC1	220	3250		3250
C28, C29	QDC1	220	3250	3250	
C14, C15	QDC1	220	1800		1800
C16, C17	QDC1	220		1800	1800
C12, C13	QDC2	220		1800	1800
C18, C19	QDC2	220		3250	3250
C8, C9	QDC2	220	1800	1800	
C16, C17	QDC2	220	3250		3250
C10, C11	QDC2	220	1800		1800
C18, C19	QDC1	220		825	825
C22, C23	QDC1	220	3250		3250
C24, C25	QDC1	220		3250	3250
C14, C15	QDC2	220	1750	1750	
C4	QDC1	127			1200
C5	QDC1	127			1100
C6	QDC1	127	900		
C7	QDC1	127		1100	
C8	QDC1	127			1200
C9	QDC1	127		1500	
C10	QDC1	127		1350	
C11	QDC1	127		1400	
C3	QDC2	127		1300	
C4	QDC2	127		1200	
C5	QDC2	127		900	
C6	QDC2	127			1200
C7	QDC2	127	1100		
C1	QDC1	127	1100		
C2	QDC1	127	1000		
C3	QDC1	127			1000
C1	QDC2	127	1200		

C2	QDC2	127	900		
TOTAL			30400	30525	29975

As fases ficam assim com cargas de:

- Fase F1: 30.400 VA
- Fase F2: 30.525 VA
- Fase F3: 29.975 VA

Não existe diferença significativa entre as cargas das fases, sendo portanto considerada equilibrada como carga trifásica.

2.5 FATOR DE CORREÇÃO POR AGRUPAMENTO DE CIRCUITOS

A escolha de agrupar circuitos elétricos em uma instalação pode ter vários motivos, incluindo a necessidade de facilitar a identificação e manutenção dos circuitos, a redução do risco de sobrecarga elétrica e a adequação às normas de segurança elétrica aplicáveis. Também pode ser uma forma de otimizar o uso da energia elétrica e garantir um melhor funcionamento dos equipamentos elétricos conectados.

Determinar se haverá agrupamento de circuitos é importante para determinar fatores de cálculo, como o fator de agrupamento, um dos fatores de cálculo da corrente de projeto, que de fato determina o dimensionamento do fio dos circuitos em questão. Os fatores de agrupamento, por quantidade de condutores carregados e quantidade de circuitos são determinados pela tabela 42 da NBR-5410, que é mostrada na FIGURA 8:

FIGURA 8 – FATORES DE CORREÇÃO POR AGRUPAMENTO DE CIRCUITOS - NBR-5410

Tabela 42 — Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥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 e 39 (métodos A a F)	
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70					36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61					
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72					38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78					
NOTAS															
1 Esses fatores são aplicáveis a grupos homogêneos de cabos, uniformemente carregados.															
2 Quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator de redução.															
3 O número de circuitos ou de cabos com o qual se consulta a tabela refere-se <ul style="list-style-type: none">— à quantidade de grupos de dois ou três condutores isolados ou cabos unipolares, cada grupo constituindo um circuito (supondo-se um só condutor por fase, isto é, sem condutores em paralelo), e/ou— à quantidade de cabos multipolares que compõe o agrupamento, qualquer que seja essa composição (só condutores isolados, só cabos unipolares, só cabos multipolares ou qualquer combinação).															
4 Se o agrupamento for constituído, ao mesmo tempo, de cabos bipolares e tripolares, deve-se considerar o número total de cabos como sendo o número de circuitos e, de posse do fator de agrupamento resultante, a determinação das capacidades de condução de corrente, nas tabelas 36 a 39, deve ser então efetuada: <ul style="list-style-type: none">— na coluna de dois condutores carregados, para os cabos bipolares; e— na coluna de três condutores carregados, para os cabos tripolares.															
5 Um agrupamento com N condutores isolados, ou N cabos unipolares, pode ser considerado composto tanto de N/2 circuitos com dois condutores carregados quanto de N/3 circuitos com três condutores carregados.															
6 Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com dispersão geralmente inferior a 5%.															

FONTE: NBR-5410:2004

O agrupamento de circuitos da edificação, junto com o fator de agrupamento (FCA) fica definido como mostrado na TABELA 4

TABELA 4 – AGRUPAMENTO MÁXIMO DE CIRCUITOS

CIRCUITOS			TOTAL DE CIRCUITOS	FCA
C1	C4	C12, C13	3	0,7
C4	C5	C14, C15	3	0,7
C3	C26, C27		2	0,8
C2	C6	C18, C19	3	0,7
C8	C9	C10	3	0,7
C2	C7	C20, C21	3	0,7
C3	C11	C16, C17	3	0,7
C22, C23	C24, C25		2	0,8
C28, C29			1	1
C1	C3	C8, C9	3	0,7
C4	C16, C17		2	0,8
C6	C18, C19		2	0,8
C1	C5	C14, C15	3	0,7
C2	C7	C12, C13	3	0,7
C4	C10, C11		2	0,8

2.6 FATOR DE CORREÇÃO DE TEMPERATURA

A temperatura média anual de Curitiba é de cerca de 16°C. No verão, a temperatura média fica em torno de 21°C e no inverno a temperatura média fica em torno de 12°C. No entanto, é importante lembrar que esses valores são apenas médias e as temperaturas podem variar bastante ao longo do ano e até mesmo dentro do mesmo dia.

O fator de correção de temperatura, para a temperatura ambiente e de solo, é dado pela tabela 40 da NBR-5410, mostrada na FIGURA 9:

FIGURA 9 – FATORES DE CORREÇÃO DE TEMPERATURA - NBR-5410

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

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

FONTE: NBR-5410:2004

A temperatura considerada no projeto é 30 °C, para linhas não subterrâneas e embutidas em alvenaria e lajes, e de 20 °C para linhas subterrâneas, para ser conservador. Portanto, O fator de correção de temperatura (FCT) é igual a 1.

2.7 DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES

2.7.1 CRITÉRIOS DE CÁLCULO

O dimensionamento dos condutores é feito seguindo o roteiro abaixo:

- Determina-se as seções dos condutores conforme a Capacidade de Corrente;
- Determina-se as seções dos condutores pelo Limite de Queda de Tensão;
- Determina-se as seções dos condutores pela seção mínima;

2.7.1.1 CAPACIDADE DE CORRENTE

A corrente corrigida é calculada da seguinte maneira:

$$I_p = \frac{I_n}{FCT \times FCA} \quad (2.3)$$

Onde:

- I_p : corrente corrigida;
- I_n : corrente de projeto;
 - Para circuitos terminais será a corrente de projeto da maior derivação do disjuntor;
 - Para circuitos de distribuição será a maior corrente de fase;
- FCT : fator de correção de temperatura;
- FCA : fator de correção por agrupamento de circuitos;

A corrente de projeto é calculada da seguinte forma:

$$I_n = \frac{P_n}{\eta_f \times V \times \cos(\phi) \times \eta} \quad (2.4)$$

Onde:

- I_n : corrente de projeto;

- P_n : Potência nominal, em W ;
- η_f : número de fases do circuito;
 - Para circuitos com esquema F+N, F+F o valor é 1;
 - Para circuitos com esquema 3F+N o valor é 3;
 - Para circuitos com esquema 3F o valor é $\sqrt{3}$;
- V : Tensão nominal;
 - Para circuitos com esquema F+N e 3F+N é utilizado o valor de tensão de fase;
 - Para circuitos com esquema F+F e 3F é utilizado o valor de tensão de linha;
- $\cos(\phi)$: fator de potência do equipamento;
- η : rendimento do equipamento.

Após calculada a corrente projeto de cada equipamento instalado em um determinado circuito, a corrente de projeto do circuito será a soma de todas as correntes de projeto dos equipamentos ligados ao circuito em questão.

2.7.1.2 QUEDA DE TENSÃO

O método utilizado para cálculo da queda de tensão é o método da tensão unitária.

O método da tensão unitária é um dos métodos utilizados para calcular a queda de tensão em uma instalação elétrica. Esse método é baseado no cálculo da queda de tensão por unidade de comprimento do condutor, considerando a corrente elétrica que passa pelo mesmo.

O cálculo da queda de tensão pelo método da tensão unitária pode ser realizado a partir da seguinte equação:

$$\Delta V = K \times I \times L \quad (2.5)$$

Onde:

- ΔV é a queda de tensão no condutor, em volts (V);
- K é a constante de proporcionalidade que relaciona a queda de tensão com a corrente e o comprimento do condutor, em ohms por quilômetro ($\frac{\Omega}{km}$);
- I é a corrente elétrica que passa pelo condutor, em amperes (A);

- L é o comprimento do condutor, em quilômetros (km).

Para calcular o valor da constante K , é necessário conhecer a resistividade do material do condutor e sua seção transversal. A NBR-5410 define valores padrão para a resistividade dos condutores de cobre e alumínio, que podem ser utilizados para esse cálculo.

É importante ressaltar que a queda de tensão deve ser limitada a valores aceitáveis para garantir o correto funcionamento dos equipamentos elétricos. A NBR-5410 estabelece limites de queda de tensão para diferentes tipos de circuitos, que devem ser respeitados durante o projeto e a instalação da rede elétrica.

a constante K é calculada pela seguinte equação:

$$K = \frac{e\% \times V}{I_n \times L} \quad (2.6)$$

Onde:

- $e\%$: queda de tensão em porcentagem;
- V : Tensão nominal;
- I_n : Corrente de projeto;
- L : comprimento em quilômetros.

2.7.1.3 SEÇÃO MÍNIMA

A NBR-5410 define valores mínimos de seção transversal para os condutores utilizados em instalações elétricas de baixa tensão. Esses valores são definidos com base na corrente elétrica e na finalidade do circuito.

De forma geral, para circuitos de iluminação, a seção mínima dos condutores deve ser de $1,5 \text{ mm}^2$ para correntes até 10 A , e $2,5 \text{ mm}^2$ para correntes entre 10 A e 16 A . Para circuitos de tomadas, a seção mínima deve ser de $2,5 \text{ mm}^2$ para correntes até 16 A , e 4 mm^2 para correntes entre 16 A e 20 A .

Para circuitos de equipamentos específicos, como chuveiros elétricos, ar-condicionado, motores elétricos, entre outros, a seção mínima dos condutores deve ser definida com base nas especificações do fabricante do equipamento e nos critérios definidos pela NBR 5410.

Vale lembrar que a seção transversal dos condutores deve ser capaz de suportar a corrente elétrica prevista no circuito, evitando sobreaquecimentos e riscos de incêndio.

2.7.2 CÁLCULO DOS CONDUTORES

Aplicando os critérios de cálculo aos valores da TABELA 1 resulta nos valores da TABELA 5:

TABELA 5 – DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES - TODOS OS CRITÉRIOS

CIRCUITO	CORRENTE DE PROJETO IP	FCT	FCA	CORRENTE DE CORRIGIDA IP'	COMPRIMENTO L (m)	QUEDA DE TENSÃO	I CONDUTOR	DIA FASE CORRENTE	DIA FASE QUEDA	DIA NEUTRO	DIA PROTEÇÃO
C12, C13	16,364	1	0,70	23,38	12,23	43,97	24,00	2,5		2,5	2,5
C20, C21	20,455	1	0,70	29,22	14,86	28,95	32,00	4		4	4
C26, C27	29,545	1	0,80	36,93	5,88	50,65	41,00	6		6	6
C28, C29	29,545	1	1,00	29,55	9,36	31,62	32,00	4		4	4
C14, C15	16,364	1	0,70	23,38	10,85	49,56	24,00	2,5		2,5	2,5
C16, C17	16,364	1	0,70	23,38	13,79	39,00	24,00	2,5		2,5	2,5
C12, C13	16,364	1	0,70	23,38	13,35	40,28	24,00	2,5		2,5	2,5
C18, C19	29,545	1	0,80	36,93	11,36	26,22	41,00	6		6	6
C8, C9	16,364	1	0,70	23,38	6,86	78,39	24,00	2,5		2,5	2,5
C16, C17	29,545	1	0,80	36,93	9,22	32,30	41,00	6		6	6
C10, C11	16,364	1	0,80	20,45	9,04	59,49	24,00	2,5		2,5	2,5
C18, C19	7,500	1	0,70	10,71	19,92	58,90	24,00	2,5		2,5	2,5
C22, C23	29,545	1	0,80	36,93	14,70	20,26	41,00	6		6	6
C24, C25	29,545	1	0,80	36,93	14,84	20,07	41,00	6		6	6
C14, C15	15,909	1	0,70	22,73	16,83	32,87	24,00	2,5		2,5	2,5
C4	9,449	1	0,70	13,50	15,14	35,51	24,00	2,5		2,5	2,5
C5	8,661	1	0,70	12,37	14,05	41,74	24,00	2,5		2,5	2,5
C6	7,087	1	0,70	10,12	20,72	34,60	24,00	2,5		2,5	2,5
C7	8,661	1	0,70	12,37	12,06	48,63	24,00	2,5		2,5	2,5
C8	9,449	1	0,70	13,50	14,12	38,08	24,00	2,5		2,5	2,5
C9	11,811	1	0,70	16,87	15,70	27,40	24,00	2,5		2,5	2,5
C10	10,630	1	0,70	15,19	16,48	29,00	24,00	2,5		2,5	2,5
C11	11,024	1	0,70	15,75	17,06	27,01	24,00	2,5		2,5	2,5
C3	10,236	1	0,70	14,62	14,02	35,40	24,00	2,5		2,5	2,5
C4	9,449	1	0,80	11,81	10,86	49,51	24,00	2,5		2,5	2,5
C5	7,087	1	0,70	10,12	14,64	48,96	24,00	2,5		2,5	2,5
C6	9,449	1	0,80	11,81	17,03	31,57	24,00	2,5		2,5	2,5
C7	8,661	1	0,70	12,37	16,88	34,75	24,00	2,5		2,5	2,5
C1	8,661	1	0,70	12,37	16,64	35,25	17,50	1,5		1,5	1,5
C2	7,874	1	0,70	11,25	15,50	41,62	17,50	1,5		1,5	1,5
C3	7,874	1	0,70	11,25	17,87	36,10	17,50	1,5		1,5	1,5
C1	9,449	1	0,70	13,50	7,98	67,37	17,50	1,5		1,5	1,5
C2	7,087	1	0,70	10,12	12,63	56,76	17,50	1,5		1,5	1,5

A tensão unitária não é suficiente para considerar o critério da queda de tensão, portanto a decisão fica entre o critério da capacidade de corrente e a seção mínima. Para os circuitos de iluminação e tomadas de uso geral, o critério da seção mínima mostrou-se mais do que suficiente.

As tomadas de uso específico foram calculadas pelo critério da capacidade de corrente. Para os circuitos com seção de 4 mm^2 , decidiu-se optar por cabos de 6 mm^2 por padronização da instalação.

Os cabos de proteção são, segundo a norma NBR-5410, de seção igual a fase e neutro.

2.8 DIMENSIONAMENTO DE ELETRODUTOS

O dimensionamento de eletrodutos é uma etapa importante no projeto de uma instalação elétrica, pois os eletrodutos são responsáveis por proteger e conduzir os condutores elétricos de forma segura e eficiente. O dimensionamento adequado dos eletrodutos é importante para evitar o superaquecimento dos condutores e garantir a dissipação de calor, bem como para permitir a manutenção e a passagem de novos condutores no futuro.

O dimensionamento de eletrodutos deve levar em consideração a quantidade de condutores que serão instalados, sua seção transversal, o tipo de instalação (aparente ou embutida), o tipo de eletroduto (flexível ou rígido), a temperatura ambiente, entre outros fatores.

A NBR 5410 estabelece critérios para o dimensionamento de eletrodutos, levando em conta a quantidade e o diâmetro dos condutores, bem como a disposição dos eletrodutos no ambiente. Para isso, a norma apresenta tabelas e fórmulas que permitem calcular o diâmetro mínimo do eletroduto, a partir do número de condutores, sua seção transversal e o tipo de instalação.

Além dos critérios estabelecidos pela norma, o dimensionamento de eletrodutos deve levar em conta a facilidade de manutenção e inspeção dos condutores, bem como a necessidade de espaço para passagem de novos cabos no futuro. Também é importante considerar a possibilidade de expansão da instalação elétrica, prevendo o uso de eletrodutos com capacidade para suportar novos circuitos e equipamentos.

A taxa máxima de ocupação em relação à área da seção transversal dos eletrodutos não deve ser superior a:

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

A área útil de um eletroduto é definido como:

$$A_e = \pi \times \frac{D_i^2}{4} \quad (2.7)$$

E considerando que a soma das áreas externas dos condutores a serem instalados é dado por:

$$\sum A_{cond} \quad (2.8)$$

Então, o diâmetro interno do eletroduto é dado por:

$$D_d = \sqrt{\frac{4 \times \sum A_{cond}}{f \times \pi}} \quad (2.9)$$

Onde f é a taxa de ocupação do eletroduto.

Segue-se um roteiro básico:

- Determina-se a seção total ocupada pelos condutores usando a tabela de fabricantes de condutores.
- Determina-se o diâmetro externo nominal do eletroduto (mm) consultando as tabelas de eletrodutos

- Caso os condutores instalados em um mesmo eletroduto sejam do mesmo tipo e tenham seções nominais iguais, pode-se eliminar os passos anteriores e encontrar o diâmetro externo nominal do eletroduto em função da quantidade e seção dos condutores diretamente por tabelas específicas

No caso, o terceiro passo do roteiro não é utilizado pois os circuitos agrupados são de seções nominais diferentes. Portanto, somente os 2 primeiros passos são utilizados.

Aplicados os 2 passos citados, chega-se à conclusão de que os eletrodutos indicados são de $\frac{3}{4}$ " e 1" de diâmetro interno. Por padronização, escolhe-se o eletroduto corrugado de 32 *mm* ou 1 $\frac{1}{4}$ " de diâmetro externo.

2.9 DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

O dimensionamento dos dispositivos de proteção elétrica é fundamental para garantir a segurança da instalação elétrica e dos usuários, evitando riscos de curto-circuito, sobrecarga e outros tipos de falhas elétricas.

Os dispositivos de proteção elétrica mais comuns em uma instalação elétrica de baixa tensão incluem os disjuntores, os fusíveis, os interruptores diferenciais residuais (IDRs) e os dispositivos de proteção contra surtos (DPS).

O dimensionamento desses dispositivos deve ser realizado levando em consideração a corrente elétrica prevista no circuito, bem como as características dos equipamentos elétricos a serem protegidos. Os disjuntores, por exemplo, devem ser dimensionados para suportar a corrente elétrica máxima prevista no circuito, evitando o risco de sobrecarga. Os fusíveis também devem ser dimensionados para suportar a corrente máxima, além de serem escolhidos de acordo com a curva de atuação necessária para a proteção do circuito.

Já os interruptores diferenciais residuais (IDRs) são responsáveis por proteger as pessoas contra choques elétricos, detectando correntes de fuga no circuito e interrompendo o fornecimento de energia elétrica. O dimensionamento dos IDRs deve levar em conta a corrente elétrica máxima do circuito e o tempo de atuação necessário para garantir a proteção adequada.

Por fim, os dispositivos de proteção contra surtos (DPS) são responsáveis por proteger os equipamentos eletrônicos contra danos causados por surtos de tensão. O dimensionamento dos DPS deve levar em conta a tensão nominal da instalação elétrica, bem como a capacidade de absorção dos surtos de tensão.

2.9.1 DISJUNTORES DE PROTEÇÃO (DP)

Os disjuntores devem proteger contra sobrecarga e curto-circuito. O circuito mais longo da residência tem cerca de 18 metros de comprimento, portanto, desconsidera-se o cálculo de curto-circuito para efeitos de dimensionamento, considerando-se somente a corrente máxima de sobrecarga.

Utilizando a corrente máxima de sobrecarga como critério de dimensionamento, chega-se aos resultados mostrados na TABELA 6 para cada circuito:

TABELA 6 – DIMENSIONAMENTO DOS DISJUNTORES POR QUADRO E CIRCUITO

CIRCUITO	QUADRO	I CONDUTOR	DISJUNTOR CORRENTE	N POLOS
C12, C13	QDC1	24,00	20	2
C20, C21	QDC1	32,00	30	2
C26, C27	QDC1	41,00	40	2
C28, C29	QDC1	32,00	30	2
C14, C15	QDC1	24,00	20	2
C16, C17	QDC1	24,00	20	2
C12, C13	QDC2	24,00	20	2
C18, C19	QDC2	41,00	40	2
C8, C9	QDC2	24,00	20	2
C16, C17	QDC2	41,00	40	2
C10, C11	QDC2	24,00	20	2
C18, C19	QDC1	24,00	20	2
C22, C23	QDC1	41,00	40	2
C24, C25	QDC1	41,00	40	2
C14, C15	QDC2	24,00	20	2
C4	QDC1	24,00	20	1
C5	QDC1	24,00	20	1
C6	QDC1	24,00	20	1
C7	QDC1	24,00	20	1
C8	QDC1	24,00	20	1
C9	QDC1	24,00	20	1
C10	QDC1	24,00	20	1
C11	QDC1	24,00	20	1
C3	QDC2	24,00	20	1
C4	QDC2	24,00	20	1
C5	QDC2	24,00	20	1
C6	QDC2	24,00	20	1
C7	QDC2	24,00	20	1

C1	QDC1	17,50	15	1
C2	QDC1	17,50	15	1
C3	QDC1	17,50	15	1
C1	QDC2	17,50	15	1
C2	QDC2	17,50	15	1

Como disjuntor geral dos quadros de distribuição, escolhe-se:

- QDC1: 80 A
- QDC2: 70 A

2.9.2 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS (DPS)

O cálculo de DPS (Dispositivos de Proteção contra Surtos) é feito levando em consideração a tensão nominal da instalação elétrica e a capacidade de absorção de surtos de tensão dos equipamentos eletrônicos que serão protegidos. O objetivo é garantir que os equipamentos estejam adequadamente protegidos contra surtos de tensão que possam causar danos ou falhas.

O cálculo do DPS envolve a análise da curva de atuação do dispositivo, que determina a capacidade de absorção de surtos de tensão em função do nível de tensão aplicado. Essa curva de atuação é definida pelo fabricante do DPS e deve ser levada em conta no momento do cálculo.

O cálculo é feito a partir da seguinte fórmula:

$$P = \frac{U_c \times I_{sc} \times K \times S}{U_p} \quad (2.10)$$

Onde:

- P : é a capacidade de corrente de impulso do DPS, em kA;
- U_c : é a tensão nominal da instalação elétrica, em volts;
- I_{sc} : é a corrente de curto-circuito máxima prevista na instalação elétrica, em kA;
- K : é o fator de correção, que leva em conta as características da instalação elétrica (fator de potência, comprimento dos cabos, etc.);
- S : é o fator de proteção, que leva em conta o tipo de equipamento a ser protegido (por exemplo, computadores, equipamentos de telecomunicações, etc.);
- U_p : é a tensão residual máxima permitida após o surto de tensão, em volts.

Após o cálculo, é importante selecionar um DPS com capacidade de corrente de impulso igual ou superior ao valor obtido na fórmula, levando em conta também as normas e regulamentos locais.

Para um fator de proteção $S = 1$, $K = 0,8$, $U_p = 600V$, $I_{sc} = 10000A$ (Assumida) e $U_c = 127V$, obtém-se:

$$P = \frac{127 \times 0,8 \times 1 \times 10000}{600} \quad (2.11)$$

$$P = 1693,33A$$

Portanto, DPS com correntes de pulso maiores que $1,7 kA$ servem ao propósito.

É bastante comum no mercado DPS com correntes de pulso de $5kA$ e tensão nominal de $275 V$, sendo este o valor escolhido como calculado para os DPS da instalação elétrica.

Para o QDC1, utiliza-se 4 DPS de $5kA$ e tensão nominal de $275 V$, sendo o mesmo válido para o QDC2.

2.9.3 DISPOSITIVOS DIFERENCIAIS RESIDUAIS (DR)

O cálculo do DR (Dispositivo Diferencial Residual) é feito para garantir a proteção das pessoas contra choques elétricos, desligando o circuito elétrico em caso de fuga de corrente elétrica.

O IDR é calculado a partir da corrente nominal do circuito elétrico que ele vai proteger, que é geralmente igual ou inferior à corrente nominal do dispositivo de proteção contra sobrecorrente (disjuntor ou fusível) correspondente.

A norma NBR-5410 exige que circuitos em áreas úmidas e tomadas de uso específico sejam protegidos por DRs. Para a proteção da vida humana, é necessário também que a corrente de sensibilidade seja igual ou inferior a $30 mA$.

Dos circuitos de tomadas de uso específico, tem-se a previsão de circuitos com DR mostrada na TABELA 7:

TABELA 7 – DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS DIFERENCIAIS RESIDUAIS

CIRCUITO	QUADRO	I CONDUTOR	DR (I=30mA)	N POLOS
C12, C13	QDC1	24,00	20	2
C20, C21	QDC1	32,00	30	2
C26, C27	QDC1	41,00	40	2
C28, C29	QDC1	32,00	30	2
C14, C15	QDC1	24,00	20	2

C16, C17	QDC1	24,00	20	2
C12, C13	QDC2	24,00	20	2
C18, C19	QDC2	41,00	40	2
C8, C9	QDC2	24,00	20	2
C16, C17	QDC2	41,00	40	2
C10, C11	QDC2	24,00	20	2
C18, C19	QDC1	24,00	20	2
C22, C23	QDC1	41,00	40	2
C24, C25	QDC1	41,00	40	2
C14, C15	QDC2	24,00	20	2

Em virtude de haver muitos circuitos com DR, optou-se por 2 IDRs, um para cada quadro, em todos os circuitos listados na TABELA 7:

- *QDC1*: IDR $I_n = 80A$ ($\Delta I_n = 30mA$)
- *QDC2*: IDR $I_n = 70A$ ($\Delta I_n = 30mA$)