

Aula 10 – Exercícios Práticos de Dimensionamento de Circuitos

Imagine-se diante de um projeto elétrico, com a responsabilidade de garantir que cada fio, cada disjuntor, cada tomada funcione perfeitamente e, acima de tudo, com segurança. Parece um desafio e tanto, não é? Para muitos, a teoria das instalações elétricas pode ser um labirinto de normas e cálculos, mas a verdadeira magia acontece quando colocamos a mão na massa, transformando esses conceitos em soluções práticas para o dia a dia.

Nesta aula, nosso objetivo é exatamente esse: desmistificar o dimensionamento de circuitos, transformando a complexidade em um processo lógico e aplicável. Você, que busca aprimorar seus conhecimentos para a universidade ou para se destacar em concursos, encontrará aqui as ferramentas para ir além da teoria, aplicando o que há de mais atual e seguro em instalações elétricas.

Ao final desta jornada, você será capaz de analisar um projeto arquitetônico, identificar as necessidades elétricas de um ambiente e, passo a passo, dimensionar os circuitos de forma eficiente e segura, seguindo as diretrizes da ABNT NBR 5410. Prepare-se para ver a eletricidade sob uma nova ótica, onde cada cálculo é um passo em direção a uma instalação perfeita.

Nossa exploração começará com uma breve revisão dos fundamentos essenciais, para garantir que todos estejam na mesma página, e então mergulharemos em um estudo de caso prático: o dimensionamento completo dos circuitos de um apartamento. Este será o seu laboratório virtual, onde aplicaremos todos os critérios abordados, desde a identificação das cargas até a seleção dos dispositivos de proteção.

A Base de Tudo: Relembrando os Fundamentos Elétricos

Antes de nos aventurarmos nos cálculos complexos e nas normas técnicas, é fundamental solidificar a base. Pense na eletricidade como a água que flui por uma tubulação: a tensão (Voltagem) é a "pressão" que impulsiona a água, a corrente (Amperagem) é o "volume" de água que passa por segundo, e a resistência é o "estreitamento" ou "obstáculo" no caminho. Compreender essa dinâmica é o primeiro passo para dimensionar qualquer circuito.

Tensão (V)

A força que move os elétrons, medida em Volts. É a "pressão" elétrica do sistema.

Corrente (A)

O fluxo de elétrons, medido em Ampères. É o "volume" de eletricidade que passa.

Potência (W)

A energia convertida em trabalho ou calor, medida em Watts. É o "resultado" do sistema.

Por que isso é tão importante para o dimensionamento? Simples: um fio subdimensionado para uma determinada corrente pode superaquecer e causar incêndios. Um disjuntor mal escolhido pode não proteger adequadamente o circuito, ou, pior, desarmar constantemente sem necessidade. É como construir uma ponte: você precisa saber o peso que ela vai suportar (potência/corrente) para escolher o material certo e a espessura adequada dos pilares (condutores e proteções).

📄 **Lei de Ohm:** $V = R \times I$

Fórmula da Potência: $P = V \times I$

Exemplo: Chuveiro de 5500 W em 220 V $\rightarrow I = 5500 \text{ W} / 220 \text{ V} = 25 \text{ A}$

A Lei de Ohm ($V = R \times I$) e a fórmula da potência ($P = V \times I$) são as ferramentas básicas que nos guiarão. Por exemplo, se você tem um chuveiro de 5500 W em uma instalação de 220 V, a corrente que ele demandará será de $5500 \text{ W} / 220 \text{ V} = 25 \text{ A}$. Esse valor de corrente é crucial para a escolha do fio e do disjuntor. Sem essa compreensão inicial, qualquer passo adiante seria como tentar construir uma casa sem alicerces.

A NBR 5410: Sua Bússola no Mundo das Instalações Elétricas

Ao projetar uma instalação elétrica, não estamos apenas conectando fios; estamos garantindo segurança, eficiência e conformidade. É aqui que entra a ABNT NBR 5410, a norma brasileira que estabelece as condições mínimas para instalações elétricas de baixa tensão. Ela é, sem dúvida, a sua bússola, o guia essencial que assegura que seu projeto não apenas funcione, mas que seja seguro para as pessoas e para o patrimônio.

Pense na NBR 5410 como o código de trânsito das instalações elétricas. Assim como um motorista precisa conhecer as regras para dirigir com segurança e evitar acidentes, um projetista elétrico precisa dominar essa norma para evitar curtos-circuitos, choques elétricos, incêndios e desperdício de energia.

01

Entrada de Energia

Define os requisitos para a conexão com a rede elétrica

02

Condutores

Especifica seções mínimas e capacidades de corrente

03

Dispositivos de Proteção

Estabelece critérios para disjuntores e DRs

04

Pontos de Utilização

Determina potências mínimas para tomadas e iluminação

A norma abrange desde a entrada de energia até os pontos de utilização, detalhando requisitos para condutores, dispositivos de proteção, aterramento, tomadas, iluminação e muito mais. Ela não é um livro de receitas, mas sim um conjunto de princípios e diretrizes que devem ser interpretados e aplicados a cada situação específica. Por exemplo, a NBR 5410 define a capacidade mínima de corrente para tomadas de uso geral (TUGs) e de uso específico (TUEs), e como elas devem ser distribuídas.

Um dos pontos cruciais da NBR 5410 é a exigência de que cada circuito seja dimensionado para a corrente máxima que pode circular por ele, considerando fatores como a temperatura ambiente e o agrupamento de cabos. Além disso, ela impõe a necessidade de dispositivos de proteção contra sobrecorrentes (disjuntores) e correntes de fuga (DRs), garantindo que, em caso de falha, a energia seja interrompida rapidamente, minimizando riscos. É a garantia de que a eletricidade, tão vital, seja também uma aliada segura.

O Ponto de Partida: Levantamento de Cargas e Pontos de Utilização

Todo grande projeto começa com um bom planejamento. No dimensionamento elétrico, isso significa entender o que será ligado à energia e onde. O primeiro passo prático é o levantamento de cargas, ou seja, identificar todos os equipamentos elétricos que serão utilizados no ambiente e suas respectivas potências. Isso inclui desde lâmpadas e tomadas de uso geral até equipamentos mais potentes como chuveiros, ar-condicionados e fornos elétricos.



Iluminação

Lâmpadas LED, fluorescentes ou incandescentes para cada ambiente



Tomadas Gerais (TUGs)

TV, computador, geladeira, micro-ondas e outros equipamentos comuns



Tomadas Específicas (TUEs)

Chuveiro elétrico, ar-condicionado, forno elétrico e equipamentos de alta potência

Imagine que você está projetando a instalação elétrica de uma casa nova. Você não pode simplesmente sair puxando fios aleatoriamente. Primeiro, você precisa saber onde as pessoas vão ligar a TV, o computador, a geladeira, o micro-ondas, e se haverá um chuveiro elétrico ou um ar-condicionado. Cada um desses itens representa uma "carga" que o sistema elétrico precisará suportar.

Potências Mínimas NBR 5410:

- **Iluminação:** 100 VA até 6 m², depois 60 VA para cada 4 m²
- **TUGs (áreas molhadas):** 600 VA por tomada (3 primeiras), 100 VA demais
- **TUGs (áreas secas):** 100 VA por tomada
- **TUEs:** Potência nominal do equipamento

A NBR 5410 nos orienta sobre como fazer esse levantamento de forma padronizada. Para iluminação, por exemplo, ela estabelece potências mínimas por área ou por cômodo. Para tomadas de uso geral (TUGs), há potências mínimas a serem consideradas, geralmente 100 VA por tomada em áreas molhadas e 600 VA para as três primeiras tomadas e 100 VA para as demais em áreas secas. Já para as tomadas de uso específico (TUEs), como as de chuveiros ou ar-condicionados, a potência a ser considerada é a nominal do equipamento.

Este levantamento não é apenas uma lista de itens; é a fundação do seu projeto. Ele define a demanda total de energia do imóvel e permite que você comece a pensar na divisão dos circuitos. Sem um levantamento preciso, você corre o risco de subdimensionar a instalação, levando a quedas de energia constantes, ou superdimensionar, o que resulta em custos desnecessários. É como planejar uma viagem: você precisa saber quantos passageiros e quanta bagagem terá para escolher o veículo certo.

Organizando a Energia: Divisão de Circuitos e Tipos de Tomadas

Com o levantamento de cargas em mãos, o próximo passo é organizar essa demanda de energia de forma inteligente e segura. Isso significa dividir a instalação em vários circuitos independentes. Por que fazer isso? Pense em um prédio com vários apartamentos: se todos usassem a mesma tubulação de água, a pressão seria insuficiente. Da mesma forma, dividir a instalação elétrica em circuitos evita sobrecargas e garante que, se um problema ocorrer em um ponto, ele não afete todo o imóvel.



A NBR 5410 é clara: circuitos de iluminação devem ser separados dos circuitos de tomadas. Além disso, equipamentos de alta potência, como chuveiros elétricos, ar-condicionados, fornos elétricos e máquinas de lavar, devem ter seus próprios circuitos exclusivos, as chamadas **Tomadas de Uso Específico (TUEs)**. As demais tomadas, destinadas a equipamentos de menor potência (TVs, computadores, carregadores de celular), são as **Tomadas de Uso Geral (TUGs)**.

TUGs - Tomadas de Uso Geral

- Televisão
- Computador
- Carregador de celular
- Abajur
- Ventilador
- Equipamentos de baixa potência

TUEs - Tomadas de Uso Específico

- Chuveiro elétrico
- Ar-condicionado
- Forno elétrico
- Máquina de lavar
- Torneira elétrica
- Equipamentos de alta potência

Essa separação não é apenas uma formalidade; é uma medida de segurança e praticidade. Imagine que você está usando um secador de cabelo (TUE) e, de repente, ele causa um curto-circuito. Se ele estiver em um circuito separado, apenas o disjuntor daquele circuito desarmará, e as luzes e outros aparelhos continuarão funcionando. Se tudo estivesse no mesmo circuito, você ficaria no escuro e sem energia em toda a casa.

A correta distribuição de TUGs e TUEs, seguindo as potências mínimas e o número de pontos exigidos pela norma para cada ambiente, é crucial. Por exemplo, cozinhas e áreas de serviço exigem um número maior de TUGs e, geralmente, TUEs para equipamentos específicos. Essa organização inicial é o esqueleto do seu projeto, definindo como a energia será distribuída de forma eficiente e segura por todo o apartamento.

O Caminho da Corrente: Dimensionamento da Seção dos Condutores (Fios)

Com os circuitos definidos, é hora de escolher o "caminho" por onde a corrente elétrica irá fluir: os condutores, ou fios. A seção nominal do condutor (sua "grossura") é um dos pontos mais críticos do dimensionamento, pois um fio muito fino para a corrente que ele precisa transportar pode superaquecer, danificar a isolação e, em casos extremos, causar incêndios. É como escolher a mangueira para um combate a incêndio: ela precisa ser grossa o suficiente para permitir a passagem de um grande volume de água sem estourar.

| 01 | 02 | 03 |
|--|--|--|
| Capacidade de Condução de Corrente | Queda de Tensão | Capacidade de Curto-Circuito |
| O fio deve suportar a corrente máxima sem superaquecer | Limitada a 4% para circuitos terminais pela NBR 5410 | Deve suportar correntes elevadas até o disjuntor atuar |

O dimensionamento da seção dos condutores é feito com base em três critérios principais, conforme a NBR 5410:

Seções Mínimas NBR 5410:

Iluminação: 1,5 mm²

Tomadas: 2,5 mm²

Mesmo que o cálculo permita fios menores, esses são os valores mínimos obrigatórios.

- 1. Capacidade de Condução de Corrente (Ampacidade):** O fio deve ser capaz de suportar a corrente máxima do circuito sem superaquecer. A norma fornece tabelas com a ampacidade de diferentes seções de condutores, considerando o tipo de isolação, a forma de instalação (em eletroduto, bandeja, etc.) e a temperatura ambiente.
- 2. Queda de Tensão:** A tensão elétrica diminui ao longo do comprimento do condutor devido à sua resistência. Se a queda de tensão for excessiva, os equipamentos podem não funcionar corretamente ou ter sua vida útil reduzida. A NBR 5410 limita a queda de tensão a 4% para circuitos terminais e 5% para o circuito geral (alimentador + terminais).
- 3. Capacidade de Suportar Correntes de Curto-Circuito:** Em caso de curto-circuito, uma corrente muito alta pode fluir por um breve período. O condutor deve ser capaz de suportar essa corrente sem se danificar permanentemente antes que o dispositivo de proteção atue.

Para cada circuito, calculamos a corrente de projeto ($I_{projeto}$), que é a corrente nominal do circuito multiplicada por um fator de correção se necessário. Em seguida, consultamos as tabelas da NBR 5410 para encontrar a menor seção de condutor que atenda à ampacidade. Depois, verificamos a queda de tensão para essa seção e, se necessário, aumentamos a seção para ficar dentro do limite. Por fim, uma verificação rápida da capacidade de curto-circuito. Este processo garante que o fio escolhido seja robusto o suficiente para todas as condições de operação.

Guardiões da Segurança: Dimensionamento de Dispositivos de Proteção (Disjuntores)

Depois de dimensionar os condutores, precisamos garantir que eles estejam protegidos. É aqui que entram os disjuntores, os verdadeiros "guardiões" da instalação elétrica. Sua função principal é interromper o fluxo de corrente automaticamente em caso de sobrecarga ou curto-circuito, protegendo tanto os condutores quanto os equipamentos e, o mais importante, as pessoas. Sem eles, um simples problema elétrico poderia se transformar em um desastre.



Proteção contra Sobrecargas

Desarma quando a corrente excede o valor nominal por tempo prolongado



Proteção contra Curto-Circuito

Interrompe rapidamente correntes muito altas e perigosas



Proteção de Pessoas

Evita choques elétricos e incêndios por falhas elétricas

Pense nos disjuntores como os "seguranças" de um prédio. Eles monitoram o fluxo de pessoas (corrente elétrica) e, se percebem um número excessivo (sobrecarga) ou uma invasão perigosa (curto-circuito), agem imediatamente para fechar as portas (interromper o circuito), evitando maiores danos. Cada circuito que você dimensionou precisará de um disjuntor com a capacidade correta.

📄 Critério de Dimensionamento:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Onde:

- **I_b**: Corrente de projeto do circuito
- **I_n**: Corrente nominal do disjuntor
- **I_z**: Capacidade de condução do condutor

O dimensionamento do disjuntor é feito com base em dois critérios principais, conforme a NBR 5410:

1. Proteção contra Sobrecargas: O disjuntor deve ter uma corrente nominal (I_n) maior ou igual à corrente de projeto do circuito (I_z), mas menor ou igual à capacidade de condução de corrente do condutor (I_b). Ou seja, $I_n \leq I_z \leq I_b$. Isso garante que o disjuntor desarme antes que o fio supraqueça.

2. Proteção contra Curto-Circuito: O disjuntor deve ser capaz de interromper a corrente de curto-circuito máxima que pode ocorrer no ponto de sua instalação. Essa capacidade de interrupção (I_{cc}) é um valor que o fabricante do disjuntor informa.

Dispositivos DR

Obrigatórios em áreas molhadas (banheiros, cozinhas, áreas de serviço) para proteção contra choques elétricos por corrente de fuga.

Dispositivos DPS

Proteção contra surtos de tensão causados por raios ou manobras na rede, cada vez mais importantes em regiões com alta incidência de descargas atmosféricas.

Além disso, a NBR 5410 exige o uso de **Dispositivos Diferenciais Residuais (DRs)** em áreas específicas (como banheiros, cozinhas, áreas de serviço e tomadas externas) para proteção contra choques elétricos por corrente de fuga. E para proteção contra surtos de tensão (causados por raios ou manobras na rede), os **Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPSs)** são cada vez mais importantes, especialmente em regiões com alta incidência de descargas atmosféricas. A escolha correta desses dispositivos é a última linha de defesa para uma instalação verdadeiramente segura.

Nosso Laboratório: Estudo de Caso – O Apartamento Fictício

Chegou a hora de aplicar tudo o que aprendemos em um cenário real. Vamos dimensionar a instalação elétrica de um apartamento fictício, mas com características muito próximas da realidade. Este estudo de caso nos permitirá percorrer todas as etapas do dimensionamento, desde a análise da planta baixa até a escolha final dos componentes. É a sua chance de transformar teoria em prática, como um arquiteto que, após estudar os princípios da construção, finalmente projeta sua primeira casa.

70

Área Total

Metros quadrados do apartamento

6

Cômodos

Ambientes a serem dimensionados

220

Tensão

Volts - Sistema bifásico com neutro

Nosso apartamento modelo possui:

Cômodos:

- Sala de Estar/Jantar
- Cozinha
- Área de Serviço
- Banheiro Social
- Quarto 1 (Suíte)
- Quarto 2

Equipamentos Específicos:

- Chuveiro Elétrico: 5.500 W
- Ar-Condicionado: 1.500 W
- Forno Elétrico: 2.000 W
- Máquina de Lavar: 1.200 W
- Torneira Elétrica: 3.000 W

Tensão de Alimentação: 127 V / 220 V (bifásico, com neutro e terra) – comum em muitas regiões do Brasil.

Nosso objetivo será dimensionar os circuitos de iluminação, tomadas de uso geral (TUGs) e tomadas de uso específico (TUEs) para cada cômodo, selecionando os condutores e os dispositivos de proteção adequados, sempre em conformidade com a ABNT NBR 5410. Faremos isso passo a passo, detalhando cada cálculo e cada decisão.

Passo a Passo 1: Levantamento e Divisão de Cargas do Apartamento

Vamos começar a dar vida ao nosso projeto elétrico, aplicando as diretrizes da NBR 5410 para o levantamento de cargas e a divisão dos circuitos. Este é o momento de transformar a planta baixa em um mapa de necessidades elétricas, garantindo que cada ponto de luz e cada tomada tenham a potência adequada para o seu uso.

Primeiro, vamos calcular a **potência de iluminação** para cada cômodo, seguindo a NBR 5410:

☐ Critério NBR 5410 - Iluminação:

- Até 6 m²: 100 VA
- Acima de 6 m²: 100 VA + 60 VA para cada 4 m² (ou fração)

| Cômodo | Área (m ²) | Potência Iluminação (VA) |
|-------------------------|------------------------|--------------------------|
| Sala de Estar/Jantar | 20 | 100 + (14/4)×60 = 340 VA |
| Cozinha | 8 | 100 + (2/4)×60 = 160 VA |
| Área de Serviço | 4 | 100 VA |
| Banheiro Social | 4 | 100 VA |
| Quarto 1 (Suíte) | 12 | 100 + (6/4)×60 = 190 VA |
| Quarto 2 | 10 | 100 + (4/4)×60 = 160 VA |
| Total Iluminação | - | 1050 VA |

Agora, as **Tomadas de Uso Geral (TUGs)**:

| Cômodo | Nº Mínimo TUGs | Potência TUGs (VA) |
|----------------------|----------------|--------------------|
| Sala de Estar/Jantar | 2 | 200 VA |
| Cozinha | 3 | 1800 VA |
| Área de Serviço | 1 | 600 VA |
| Banheiro Social | 1 | 600 VA |
| Quarto 1 (Suíte) | 2 | 200 VA |
| Quarto 2 | 2 | 200 VA |
| Total TUGs | - | 3600 VA |

Por fim, as **Tomadas de Uso Específico (TUEs)**, considerando a potência nominal dos equipamentos:

| | | |
|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Chuveiro Elétrico 5500 W | Ar-Condicionado 1500 W | Forno Elétrico 2000 W |
|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|

| | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| Máquina de Lavar 1200 W | Torneira Elétrica 3000 W |
|-----------------------------------|------------------------------------|

Com esses dados, podemos começar a dividir os circuitos. A NBR 5410 exige que iluminação e TUGs sejam separados. TUEs devem ter circuitos exclusivos.

01

Circuito 1: Iluminação

Total: 1050 VA

02

Circuito 2: TUGs Sala/Quartos

Total: 600 VA

03

Circuito 3: TUGs Cozinha/AS/Banheiro

Total: 3000 VA

04

Circuitos 4-8: TUEs Individuais

Chuveiro, Ar-Cond., Forno, Máq. Lavar, Torneira

Essa divisão inicial é crucial para o próximo passo: o cálculo das correntes e a seleção dos condutores.

Passo a Passo 2: Cálculo da Corrente e Seção dos Condutores

Com os circuitos definidos e as potências levantadas, o próximo passo é calcular a corrente de cada circuito e, a partir dela, dimensionar a seção mínima dos condutores. Lembre-se da analogia da mangueira: a corrente é o volume de água, e a seção do fio é o diâmetro da mangueira.

📄 Fórmula Básica:

$$I = P / V$$

Onde:

- **I:** Corrente em Ampères
- **P:** Potência em Watts (ou VA)
- **V:** Tensão em Volts

A fórmula básica para calcular a corrente (I) é $I = P / V$, onde P é a potência em Watts (ou VA para iluminação/TUGs) e V é a tensão em Volts. Para circuitos de 220V, a corrente será menor para a mesma potência, o que permite o uso de fios mais finos.

Vamos calcular a corrente para cada um dos nossos circuitos, considerando a tensão de 127V para iluminação e TUGs, e 220V para TUEs (que geralmente são bifásicas ou 220V):

| Circuito | Carga | Tensão (V) | Corrente (A) | Seção Mínima (mm ²) |
|------------------|---------|------------|--------------|---------------------------------|
| C1 (Ilum.) | 1050 VA | 127 | 8,27 A | 1,5 mm ² (mínimo) |
| C2 (TUGs S/Q) | 600 VA | 127 | 4,72 A | 2,5 mm ² (mínimo) |
| C3 (TUGs C/AS/B) | 3000 VA | 127 | 23,62 A | 4,0 mm ² |
| C4 (Chuveiro) | 5500 W | 220 | 25,00 A | 4,0 mm ² |
| C5 (Ar-Cond.) | 1500 W | 220 | 6,82 A | 2,5 mm ² |
| C6 (Forno) | 2000 W | 220 | 9,09 A | 2,5 mm ² |
| C7 (Máq. Lavar) | 1200 W | 220 | 5,45 A | 2,5 mm ² |
| C8 (Torneira) | 3000 W | 220 | 13,64 A | 2,5 mm ² |

Seções Mínimas NBR 5410

1,5 mm² para iluminação e 2,5 mm² para tomadas. Mesmo que o cálculo permita fios menores, devemos respeitar esses mínimos.

Capacidade de Condução

Um fio de 4,0 mm² em eletroduto pode suportar cerca de 32 A, suficiente para os circuitos C3 e C4.

Consulta às Tabelas

Na prática, sempre consulte as tabelas específicas da NBR 5410 considerando método de instalação e agrupamento.

Observações importantes:

A NBR 5410 estabelece seções mínimas para condutores: 1,5 mm² para iluminação e 2,5 mm² para tomadas. Mesmo que o cálculo da corrente permita um fio menor, devemos respeitar esses mínimos.

Para a seleção da seção, consultamos as tabelas de capacidade de condução de corrente da NBR 5410, considerando o método de instalação (ex: em eletroduto em alvenaria) e o número de condutores carregados. Os valores acima são exemplos simplificados, e na prática, a tabela específica deve ser consultada. Por exemplo, um fio de 4,0 mm² em eletroduto pode suportar cerca de 32 A (dependendo da temperatura e agrupamento), o que é suficiente para os 23,62 A do C3 e 25 A do C4.

Este passo é vital para a segurança e o bom funcionamento da instalação. Fios subdimensionados são um risco constante de superaquecimento e incêndio.

Passo a Passo 3: Verificação de Queda de Tensão e Ajustes

Após dimensionar a seção dos condutores com base na capacidade de corrente, precisamos realizar uma verificação crucial: a queda de tensão. Como vimos, a tensão diminui ao longo do comprimento do fio devido à sua resistência. Se essa queda for muito grande, os equipamentos podem não receber a tensão adequada para funcionar eficientemente, resultando em menor desempenho, maior consumo de energia e até mesmo danos. É como uma mangueira muito longa e fina: a água chega com pouca pressão no final.

Circuitos Terminais

Máximo de 4% da tensão nominal

Alimentador + Terminais

Máximo de 5% da tensão nominal

A NBR 5410 estabelece limites para a queda de tensão:

Fórmula da Queda de Tensão:

$$\% \Delta V = (2 \times \rho \times L \times I) / (S \times V) \times 100$$

Onde:

- **ρ** : Resistividade do cobre (0,017 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)
- **L**: Comprimento do circuito (metros)
- **I**: Corrente de projeto (Ampères)
- **S**: Seção do condutor (mm^2)
- **V**: Tensão nominal (Volts)

A fórmula simplificada para calcular a queda de tensão percentual é: $\% \Delta V = (2 \times \rho \times L \times I) / (S \times V) \times 100$

Vamos considerar um exemplo para o Circuito 4 (Chuveiro), que tem 25 A e usa condutor de 4,0 mm^2 . Supondo que o comprimento do circuito (do quadro de distribuição ao chuveiro) seja de 15 metros:

01

Aplicação da Fórmula

$$\% \Delta V = (2 \times 0,017 \times 15 \times 25) / (4 \times 220) \times 100$$

03

Resultado Final

$$\% \Delta V \approx 1,45\%$$

02

Cálculo Intermediário

$$\% \Delta V = (12,75) / (880) \times 100$$

04

Verificação

$$1,45\% < 4\% \checkmark \text{ Aprovado!}$$

Este valor de 1,45% está bem abaixo do limite de 4% para circuitos terminais, o que indica que a seção de 4,0 mm^2 é adequada para o chuveiro, considerando a queda de tensão. Se o resultado fosse superior a 4%, teríamos que aumentar a seção do condutor (por exemplo, para 6,0 mm^2) e refazer o cálculo até que a queda de tensão estivesse dentro do limite.

A verificação da queda de tensão é um passo que muitos iniciantes negligenciam, mas é fundamental para a qualidade e a longevidade da instalação. Um projeto bem dimensionado considera não apenas a segurança imediata, mas também a eficiência e a durabilidade a longo prazo.

Passo a Passo 4: Seleção dos Disjuntores e Proteções

Com os condutores dimensionados, é hora de escolher os "guardiões" de cada circuito: os disjuntores. Como vimos, eles são essenciais para proteger a instalação contra sobrecargas e curtos-circuitos. A seleção correta do disjuntor garante que ele desarme antes que o fio seja danificado, protegendo tanto a fiação quanto os equipamentos e, crucialmente, as pessoas.

☐ Critério de Seleção:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Onde:

- **I_b**: Corrente de projeto do circuito
- **I_n**: Corrente nominal do disjuntor
- **I_z**: Capacidade de condução do condutor

A corrente nominal do disjuntor (I_n) deve ser escolhida de forma que:

1. **I_n ≥ I_b**: A corrente nominal do disjuntor (I_n) deve ser maior ou igual à corrente de projeto do circuito (I_b).
2. **I_n ≤ I_z**: A corrente nominal do disjuntor (I_n) deve ser menor ou igual à capacidade de condução de corrente do condutor (I_z).

Vamos aplicar isso aos nossos circuitos, considerando as correntes de projeto (I_b) e as seções de condutor (I_z) que definimos, e selecionando disjuntores comerciais (geralmente disponíveis em 10A, 15A, 20A, 25A, 32A, 40A, 50A, etc.):

| Circuito | Corrente Projeto (I _b) | Seção Condutor (I _z) | Disjuntor (I _n) | Status |
|------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------|
| C1 (Ilum.) | 8,27 A | 1,5 mm ² (15,5 A) | 10 A | ✓ |
| C2 (TUGs S/Q) | 4,72 A | 2,5 mm ² (21 A) | 10 A | ✓ |
| C3 (TUGs C/AS/B) | 23,62 A | 4,0 mm ² (32 A) | 25 A | ✓ |
| C4 (Chuveiro) | 25,00 A | 4,0 mm ² (32 A) | 25 A | ✓ |
| C5 (Ar-Cond.) | 6,82 A | 2,5 mm ² (21 A) | 10 A | ✓ |
| C6 (Forno) | 9,09 A | 2,5 mm ² (21 A) | 10 A | ✓ |
| C7 (Máq. Lavar) | 5,45 A | 2,5 mm ² (21 A) | 10 A | ✓ |
| C8 (Torneira) | 13,64 A | 2,5 mm ² (21 A) | 15 A | ✓ |

Proteções Adicionais:

Dispositivo DR

Essencial para proteção contra choques elétricos. A NBR 5410 exige DRs para circuitos em áreas molhadas (banheiros, cozinhas, áreas de serviço).

Circuitos protegidos: C3, C4, C7, C8

Dispositivo DPS

Recomendado para proteger equipamentos eletrônicos contra picos de tensão. Geralmente instalado no quadro de distribuição.

Aplicação: Proteção geral da instalação

A escolha do disjuntor deve sempre considerar a curva de atuação (B, C ou D), que define a sensibilidade do disjuntor a picos de corrente. Para instalações residenciais, a curva C é a mais comum. Este passo finaliza o dimensionamento dos circuitos, garantindo que a instalação seja segura e confiável.

Eficiência Energética e Sustentabilidade no Projeto Elétrico

No cenário atual, projetar uma instalação elétrica vai além de simplesmente garantir o funcionamento e a segurança. A eficiência energética e a sustentabilidade tornaram-se pilares fundamentais, refletindo não apenas uma preocupação ambiental, mas também uma busca por economia na conta de luz. Um projeto inteligente é aquele que minimiza o desperdício de energia, contribuindo para um futuro mais verde e para o bolso do consumidor.

Pense na sua casa como um organismo vivo. Cada watt economizado é como um suspiro de alívio para o planeta e para o seu orçamento. A NBR 5410, embora focada na segurança, indiretamente promove a eficiência ao exigir o dimensionamento correto, que evita perdas por aquecimento excessivo dos condutores. Mas podemos ir além.

Como incorporar eficiência e sustentabilidade?



Iluminação LED

Substituir lâmpadas incandescentes ou fluorescentes por LED é uma das ações mais eficazes. LEDs consomem significativamente menos energia, têm vida útil muito maior e geram menos calor.



Dimensionamento Otimizado

Fios com seção adequada reduzem as perdas por efeito Joule. Um fio mais "grosso" oferece menos resistência, permitindo que a energia flua com menos desperdício.



Sensores e Automação

Sensores de presença para iluminação e sistemas de automação residencial que controlam o uso de energia de forma otimizada podem gerar grandes economias.



Iluminação Natural

Um bom projeto arquitetônico que priorize a entrada de luz natural reduz a necessidade de iluminação artificial durante o dia.



Fontes Renováveis

A previsão de infraestrutura para futura instalação de painéis solares fotovoltaicos é uma tendência crescente e um diferencial em projetos modernos.

Ao integrar esses conceitos, o engenheiro ou técnico não apenas cumpre as normas, mas também agrega valor ao projeto, tornando-o mais econômico, ecológico e preparado para as tendências de 2025 e além.

A Linguagem do Projeto: Documentação e Simbologia (NBR 5444)

Um projeto elétrico não é apenas um conjunto de cálculos; é um documento técnico que precisa ser compreendido por todos os envolvidos na execução, desde o electricista até o fiscal da obra. É por isso que a [ABNT NBR 5444](#) (Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais) é tão importante. Ela estabelece uma linguagem universal, garantindo que um chuveiro seja representado da mesma forma em qualquer planta, independentemente de quem a desenhou.

Pense na simbologia como um alfabeto. Assim como você usa letras para formar palavras e frases que comunicam ideias, os símbolos gráficos são as "letras" que formam o "texto" do seu projeto elétrico. Sem essa padronização, cada projetista usaria seus próprios desenhos, gerando confusão e erros na execução.

No nosso estudo de caso do apartamento, após todo o dimensionamento, o próximo passo seria a elaboração da planta de instalação elétrica. Nesta planta, cada ponto de luz, cada tomada, cada interruptor, cada quadro de distribuição e cada eletroduto seria representado por um símbolo específico da NBR 5444.

Exemplos de Símbolos Comuns (NBR 5444):

| Conceito | Símbolo | Aplicação | Exemplo de Uso |
|------------------------|--------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Ponto de Luz no Teto | Círculo com X | Iluminação geral de ambientes | Lâmpada no centro do cômodo |
| Tomada Baixa | Círculo com traço | Conexão de equipamentos (TUG/TUE) | Tomada para TV, geladeira |
| Interruptor Simples | Círculo com "S" | Acionamento de pontos de luz | Liga/desliga luz do ambiente |
| Quadro de Distribuição | Retângulo com "QD" | Centro de controle dos circuitos | Onde ficam disjuntores e DRs |
| Eletroduto Embutido | Linha tracejada | Caminho dos condutores | Por onde os fios passam |

Planta de Instalação

Representação gráfica com todos os símbolos da NBR 5444

Memorial Descritivo

Detalhamento dos cálculos, materiais e métodos utilizados

Diagrama Unifilar

Representação simplificada de todos os circuitos e proteções

Lista de Materiais

Especificação completa de todos os componentes necessários

A documentação completa de um projeto elétrico inclui, além da planta com a simbologia, o memorial descritivo (detalhando os cálculos, materiais e métodos), o diagrama unifilar (representação simplificada de todos os circuitos e proteções) e a lista de materiais. Essa documentação é essencial não só para a execução, mas também para futuras manutenções e reformas, garantindo que a instalação possa ser compreendida e modificada com segurança ao longo do tempo.

Consolidação e Próximos Passos

Chegamos ao fim de uma jornada intensa e prática sobre o dimensionamento de circuitos elétricos. Vimos que projetar uma instalação vai muito além de conectar fios; é um processo que exige conhecimento técnico, atenção às normas e uma visão estratégica para garantir segurança, eficiência e durabilidade. Desde o levantamento de cargas até a seleção de disjuntores, cada etapa é crucial para o sucesso do projeto.

01

Levantamento de Cargas

Sempre comece pelo levantamento detalhado das cargas e pontos de utilização

02

Divisão de Circuitos

Divida os circuitos de forma lógica e segura, separando iluminação, TUGs e TUEs

03

Dimensionamento de Condutores

Considere corrente, queda de tensão e capacidade de curto-circuito

04

Seleção de Proteções

Escolha disjuntores com base na corrente de projeto e capacidade do condutor

05

Proteções Adicionais

Não esqueça dos DRs, DPSs e incorpore a eficiência energética

Autoavaliação:

- Qual a principal função da ABNT NBR 5410 em projetos de instalações elétricas de baixa tensão?**
 - a) Definir o preço dos materiais elétricos no mercado.
 - b) Estabelecer as condições mínimas para garantir a segurança e o bom funcionamento das instalações.
 - c) Padronizar os modelos de tomadas e interruptores.
 - d) Determinar a carga horária mínima para cursos de eletricidade.
- Um chuveiro elétrico de 6.600 W será instalado em uma rede de 220 V. Qual a corrente aproximada que esse chuveiro demandará?**
 - a) 15 A
 - b) 20 A
 - c) 30 A
 - d) 40 A
- Por que a NBR 5410 exige que circuitos de iluminação sejam separados dos circuitos de tomadas?**
 - a) Para facilitar a instalação de lâmpadas inteligentes.
 - b) Para evitar que um problema em um circuito afete o outro, garantindo maior segurança e praticidade.
 - c) Para reduzir o consumo de energia elétrica em geral.
 - d) Para permitir o uso de diferentes tipos de disjuntores.
- Qual o limite máximo de queda de tensão permitido pela NBR 5410 para circuitos terminais?**
 - a) 2%
 - b) 3%
 - c) 4%
 - d) 5%
- Explique a importância da inclusão de Dispositivos Diferenciais Residuais (DRs) em uma instalação elétrica residencial.

Gabarito e Respostas

Questão 1

Resposta: b)

Questão 2

Resposta: c)

$$I = P/V = 6600W / 220V = 30A$$

Questão 3

Resposta: b)

Questão 4

Resposta: c)

Questão 5 - Resposta Dissertativa:

- Os Dispositivos Diferenciais Residuais (DRs) são cruciais para a segurança em instalações elétricas residenciais, pois detectam pequenas correntes de fuga (que podem indicar um choque elétrico ou falha de isolamento) e desarmam o circuito rapidamente. Sua principal importância é proteger as pessoas contra choques elétricos fatais, especialmente em áreas molhadas, onde o risco é maior.



Proteção Contra Choques

Detecta correntes de fuga de apenas 30 mA, valor muito abaixo do que pode causar fibrilação cardíaca



Segurança em Áreas Molhadas

Essencial em banheiros, cozinhas e áreas de serviço onde a umidade aumenta o risco de acidentes



Detecção de Falhas

Identifica problemas de isolamento antes que se tornem perigosos ou causem incêndios

O DR atua como um "anjo da guarda" elétrico, monitorando constantemente se há vazamento de corrente para locais onde ela não deveria estar (como o corpo humano ou estruturas metálicas). Quando detecta uma diferença entre a corrente que entra e a que sai do circuito, desarma imediatamente, salvando vidas.

Recursos e Próximos Passos



Próxima Aula

Aula 11: Aprofundaremos nossos conhecimentos sobre os "Disjuntores Termomagnéticos", explorando seus tipos, curvas de atuação e como eles interagem com a proteção da instalação.

Recursos Adicionais:



ABNT NBR 5410

Versão mais recente para consulta detalhada das normas e tabelas de dimensionamento



ABNT NBR 5444

Para referência completa de simbologia gráfica em projetos elétricos



NR-10

Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade - requisitos de segurança no trabalho



NOTA IMPORTANTE:

As informações regulatórias/legais/técnicas desta aula estão atualizadas até 2025. Consulte sempre fontes oficiais para verificar alterações nas normas e regulamentações.

Parabéns! Você concluiu uma jornada completa pelo dimensionamento de circuitos elétricos. Agora você possui as ferramentas fundamentais para projetar instalações seguras, eficientes e em conformidade com as normas brasileiras. Continue praticando e aprofundando seus conhecimentos - a eletricidade é uma área em constante evolução, e o aprendizado nunca para!

Lembre-se: cada projeto é único, e a experiência prática, combinada com o conhecimento teórico sólido que você adquiriu, será sua maior aliada na criação de instalações elétricas excepcionais. Até a próxima aula!