

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

DIMENSIONAMENTO E PROTEÇÃO DE CANALIZAÇÕES ELÉTRICAS

Antônio Augusto Araújo Gomes

Henrique Jorge De Jesus Ribeiro Da Silva

José António Beleza Carvalho

#### AUTORES

António Augusto Araújo Gomes, Henrique Jorge De Jesus Ribeiro Da Silva e José António Beleza Carvalho

#### TÍTULO

Instalações Eléctricas de Baixa Tensão – Dimensionamento e Protecção de Canalizações Eléctricas

#### EDIÇÃO

Publindústria, Edições Técnicas

Praça da Corujeira n.º 38 · 4300-144 PORTO

www.publindustria.pt

#### DISTRIBUIÇÃO

Engebook – Conteúdos de Engenharia e Gestão

Tel. 220 104 872 · Fax 220 104 871 · E-mail: apoiocliente@engebook.com · www.engebook.com

#### REVISÃO

Diogo Resende

Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

#### DESIGN

Leonor Albuquerque

Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

#### COORDENAÇÃO EDITORIAL

Instituto Superior de Engenharia do Porto

António Augusto Araújo Gomes



A **cópia ilegal** viola os direitos dos autores.

Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2017 | Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

Todos os direitos reservados a Publindústria, Produção de Comunicação, Lda. para a língua portuguesa.

A reprodução desta obra, no todo ou em parte, por fotocópia ou qualquer outro meio, seja eletrónico, mecânico ou outros, sem prévia autorização escrita do Editor, é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infrator.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, no todo ou em parte, sob qualquer forma ou meio, seja eletrónico, mecânico, de fotocópia, de gravação ou outros sem autorização prévia por escrito do autor.

Este livro encontra-se em conformidade com o novo Acordo Ortográfico de 1990, respeitando as suas indicações genéricas e assumindo algumas opções específicas.

CDU

621.3 Engenharia Elétrica

696.6 Equipamentos, Serviços, Instalações em Edifícios, Eletricistas

ISBN

Papel: 978-989-723-204-6

E-book: 978-989-723-205-3

Engebook – Catalogação da publicação

Família: Eletrotécnica

Subfamília: Instalações Eléctricas



# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

DIMENSIONAMENTO E PROTEÇÃO DE  
CANALIZAÇÕES ELÉTRICAS

Antônio Augusto Araújo Gomes

Henrique Jorge De Jesus Ribeiro Da Silva

José António Beza Carvalho

# ÍNDICE

<b>1. ASPETOS GERAIS</b>	<b>1</b>
<b>2. POTÊNCIAS EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS</b>	<b>5</b>
2.1. Alimentação das instalações de utilização	5
2.1.1. Generalidades	5
2.1.2. Alimentação normal	5
2.1.3. Alimentação de emergência	6
2.1.4. Alimentação de socorro	6
2.2. Potências a considerar para o dimensionamento das instalações elétricas	7
2.2.1. Generalidades	7
2.2.2. Avaliação da potência de um circuito ou instalação de utilização	8
2.2.3. Alguns aspetos regulamentares	11
<b>3. CANALIZAÇÕES ELÉTRICAS</b>	<b>19</b>
3.1. Aspetos gerais	19
3.2. Designação de condutores isolados e cabos	19
3.2.1. Generalidades	19
3.2.2. Norma NP 665	20
3.2.3. Norma HD 361	25
3.3. Estabelecimentos de canalizações elétricas	27
3.4. Correntes admissíveis das canalizações elétricas	28
<b>4. APARELHAGEM DE PROTEÇÃO</b>	<b>31</b>
4.1. Aspetos gerais	31
4.2. Grandezas características	32
4.2.1. Valores estipulados	32
4.2.2. Correntes convencionais	32
4.2.3. Poder de corte	33
4.2.4. Poder de fecho	33
4.3. Fusíveis	33
4.3.1. Generalidades	33
4.3.2. Tipo de fusíveis	34
4.3.3. Constituição	36
4.3.4. Princípio de funcionamento	38
4.3.5. Gama de corte e categoria de utilização dos fusíveis	38
4.3.6. Características dos fusíveis	39
4.4. Disjuntores	44
4.4.1. Generalidades	44
4.4.2. Principais elementos constituintes de um disjuntor magnetotérmico	44
4.4.3. Circuito elétrico de um disjuntor magnetotérmico	45
4.4.4. Princípio de funcionamento de um disjuntor magnetotérmico	46
4.4.5. Disjuntores para instalações domésticas e análogas	48
4.4.6. Disjuntores de uso industrial	53

<b>5. PROTEÇÃO CONTRA SOBRECARGAS</b>	<b>57</b>
5.1. Aspectos gerais	57
5.2. Corrente de serviço	59
5.2.1. Sem consideração da carga harmónica	59
5.2.2. Considerando a componente harmónica	59
5.3. Proteção contra as sobrecargas	60
5.3.1. Generalidades	60
5.3.2. Localização dos dispositivos de proteção	62
5.3.3. Dispensa da proteção contra as sobrecargas	62
5.3.4. Dispensa da proteção contra as sobrecargas por razões de segurança	63
5.4. Proteção contra as correntes de curto-circuito	63
5.4.1. Generalidades	63
5.4.2. Determinação das correntes de curto-circuito presumidas	64
5.4.3. Características dos dispositivos de proteção	69
5.4.4. Seleção dos dispositivos de proteção contra os curto-circuitos	70
5.4.5. Localização dos dispositivos	72
5.4.6. Deslocação do dispositivo de proteção	72
5.4.7. Dispensa da proteção	74
5.5. Coordenação entre a proteção contra as sobrecargas e curto-circuitos	74
5.5.1. Proteções garantidas pelo mesmo dispositivo	74
5.5.2. Proteções garantidas por dispositivos diferentes	75
5.6. Seletividade	75
5.6.1. Generalidades	75
5.6.2. Tipos de seletividade	75
5.6.3. Principais princípios de seletividade	75
5.7. Filiação	76
<b>6. QUEDA DE TENSÃO</b>	<b>77</b>
6.1. Aspectos gerais	77
6.2. Quedas de tensão máximas admissíveis	77
6.2.1. Redes de distribuição de energia elétrica em baixa tensão	77
6.2.2. Instalações de utilização de energia elétrica em baixa tensão	78
6.3. Cálculo da queda de tensão	79
<b>7. ASPETOS ECONÓMICOS NO DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS</b>	<b>85</b>
7.1. Aspectos gerais	85
7.2. Dimensionamento económico de canalizações elétricas	85
7.2.1. Generalidades	85
7.2.2. Custo total de uma instalação	85
7.3. Cálculo das secções económicas dos condutores	91
7.3.1. Secção Económica de um condutor para uma dada carga	91
7.3.2. Gammas económicas de corrente para diferentes cabos empregados	91
7.3.3. Fixação dos valores máximos de perdas admissíveis nas canalizações	92
7.3.4. Valores de referência para as perdas percentuais das canalizações	95



## **NOTA DE ABERTURA**

A presente obra não substitui a legislação, regulamentos, normas e documentos normativos do distribuidor de energia elétrica em vigor, nem exclui a sua consulta ou a consulta das entidades neles mencionados, uma vez que apesar de todo o esforço dos autores na sua elaboração, a mesma é suscetível de conter imprecisões e omissões, além de poder não abranger todos os aspetos relevantes da temática tratada.

As normas referidas na presente obra poderão ser adquiridas no Instituto Português da Qualidade (IPQ) que, entre outras atribuições, é o Organismo Nacional de Normalização.

A realização da presente obra teve como principal elemento bibliográfico as "Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão, 1ª Edição Anotada, Volume I, II e III", coedição da Direção-Geral de Geologia e Energia (DGGE) e da Associação Certificadora de Instalações Elétricas (CERTIEL), Dezembro de 2006, ISBN: DGGE-978-972-8268-37-4; CERTIEL-978-972-95180-4-1.





## 1. ASPETOS GERAIS

Para que seja possível utilizar com segurança a energia elétrica nas instalações elétricas de baixa tensão, os técnicos responsáveis pelo projeto, execução e exploração das instalações elétricas têm que garantir, nas respetivas áreas de intervenção, a eficaz proteção:

- Das pessoas e animais;
- Das canalizações elétricas;
- Dos aparelhos de utilização.

### Nota solta

NP 608: 1970  
Sinalização de segurança.  
Símbolo de tensão elétrica perigosa.

NP 609: 1970  
Sinalização de segurança.  
Sinais de tensão elétrica perigosa.



### EN 60038:2011 - Tensões normais do CENELEC.

**Baixa Tensão (BT):** Entende-se, por instalações elétricas de baixa tensão, as instalações elétricas cuja tensão entre fases é igual ou inferior a 1000 V, em corrente alternada.

**Técnico:** Pessoa singular com inscrição válida em organismo ou associação profissional, quando obrigatório, cujas qualificações, formação e experiência a habilitam a desempenhar funções no processo de elaboração de projeto, fiscalização de obra pública ou particular ou como diretor de obra da empresa responsável pela execução da obra.

**Técnico responsável por instalações elétricas:** Indivíduos que, preenchendo os requisitos fixados na Lei n.º 14/2015, 16 de março, podem assumir a responsabilidade pelo projeto, pela execução ou pela exploração das referidas instalações.

**Lei n.º 14/2015, 16 de março:** Estabelece os requisitos de acesso e exercício da atividade das entidades e profissionais responsáveis pelas instalações elétricas, conformando-os com a disciplina da Lei n.º 9/2009, de 4 de março, e do Decreto-Lei n.º 92/2010, de 26 de julho, que transpuseram as Diretivas n.os 2005/36/CE, de 7 de setembro, relativa ao reconhecimento das qualificações profissionais, e 2006/123/CE, de 12 de dezembro, relativa aos serviços no mercado interno.  
Revoga: O Decreto-Lei n.º 229/2006, de 24 de novembro, o Decreto Regulamentar n.º 31/83, de 18 de abril, os artigos 16.º e 17.º do anexo I e os anexos II e III da Portaria n.º 662/96, de 14 de Novembro e a Portaria n.º 558/2009, de 27 de Maio.

**Projetista:** A entidade singular ou coletiva que assume a responsabilidade pela elaboração de projeto ou programa, no âmbito, ou tendo em vista, a realização de um procedimento pré-contratual público.

**Projeto:** O conjunto de documentos escritos e desenhados que definem e caracterizam a conceção funcional, estética e construtiva de uma obra, compreendendo, designadamente, o projeto de arquitetura e projetos de engenharia.

**Norma:** Documento, estabelecido por consenso e aprovado por um organismo de normalização reconhecido, que define regras, linhas de orientação ou características para atividades ou seus resultados, destinadas à utilização comum e repetida, visando atingir um grau ótimo de ordem, num dado contexto.

**Norma Portuguesa (NP):** Documento, estabelecido por consenso, aprovado e editado pelo Organismo Nacional de Normalização, que fornece, para utilizações comuns e repetidas, regras, orientações ou características, para atividades ou para os seus resultados, garantindo um nível de ordem ótimo num determinado contexto. Como documento técnico de referência, as normas deverão ser fundamentadas em conhecimentos da ciência, da técnica e da experiência e deverão fornecer regras, linhas de orientação, características ou requisitos para as atividades ou para os seus resultados visando atingir uma solução ótima para a comunidade, no respectivo contexto específico da sua aplicação.

**Organismo Nacional de Normalização (ONN):** Organismo de normalização reconhecido a nível nacional, que reúne as condições para se tornar o membro nacional das correspondentes organizações internacionais e regionais de normalização.

**Norma Internacional:** Norma adotada por uma organização internacional com atividades normativas /de normalização e colocadas à disposição do público.

**Regulamento Técnico:** Regulamento que contém requisitos técnicos quer direta quer por referência a uma norma, especificação técnica ou código de boa prática, ou integrando o seu conteúdo.

Para que os técnicos responsáveis possam realizar corretamente o dimensionamento e proteção das canalizações, é imprescindível que se encontrem dotados de um profundo conhecimento relativamente a normas, regulamentos, soluções técnicas e tecnologias, materiais, equipamentos e aparelhagem.

### Nota solta

EN 60417:

Símbolos gráficos utilizáveis em equipamento



Terra



Massa



Corrente contínua



Corrente alternada



Corrente contínua e corrente alternada



Tensão perigosa



Material de classe II



Material de classe III



Fusível

### 2.2.3. Alguns aspetos regulamentares

#### 2.2.3.1. Instalações de utilização de energia elétrica em baixa tensão

##### 2.2.3.1.1. Generalidades

As Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão determinam que as instalações elétricas de utilização não previstas para alimentar recetores trifásicos, que sejam alimentadas a partir de redes de distribuição públicas em baixa tensão e cuja potência total não exceda 10,35 kVA, devem ser monofásicas.

Determinam ainda que, para potências superiores a 10,35 kVA, as instalações elétricas de utilização devem ser alimentadas em sistema trifásico, podendo, com o acordo prévio do distribuidor, ser alimentadas em corrente monofásica.

10,35 kVA em monofásico (45 A, em 230 V).

Nas instalações elétricas trifásicas, as potências devem ser distribuídas pelas fases, tanto quanto possível de forma equilibrada.

## Alimentação monofásica versus Alimentação trifásica

Na alimentação monofásica toda a potência está numa fase, o que se traduz numa maior corrente solicitada por fase, em relação a uma alimentação trifásica para a mesma potência. Considerando o seguinte exemplo:

Potência Contratada (kVA)	Tipo de Alimentação	Corrente por Fase (A)
6,9	Monofásico	30
	Trifásico	10
10,35	Monofásico	45
	Trifásico	15

- Na alimentação monofásica não há necessidade de realizar a distribuição e o equilíbrio das cargas pelas fases, enquanto numa instalação trifásica há essa necessidade;
- As instalações monofásicas são mais simples de realizar do que as trifásicas devido a haver somente uma fase;
- A instalação monofásica necessita apenas de um condutor de fase, enquanto a instalação trifásica necessita de três condutores de fase, embora a secção dos condutores na instalação monofásica tenham que ser de secção superior aos da instalação trifásica uma vez que a corrente por fase é três vezes maior;

- Numa instalação monofásica podem ser utilizado equipamentos monofásicos com potências unitárias superiores aquelas que podem ser utilizadas em instalações trifásicas, uma vez que a potência disponível se encontra numa só fase;
- Em alimentações monofásicas, mesmo para potências contratadas baixas, em regra é possível assegurar uma seletividade parcial, enquanto na alimentação trifásica não é possível;
- É imperativo contratar alimentações trifásicas:
  - Quando se pretendam contratar potências que o distribuidor apenas fornece em trifásico;
  - Quando na instalação existirem recetores trifásicos.

**Locais de habitação:** Consideram-se como sendo locais de habitação os locais destinados à habitação particular.

**Ver:** Nota complementar 2. Tipo de instalações de utilização de acordo com as Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

Na contagem do número de compartimentos apenas devem ser considerados os que tenham área superior a 4 m<sup>2</sup>, excluídas as cozinhas, as casas de banho e os corredores. Esta área é a área útil total dos compartimentos servidos pelas respetivas instalações elétricas de utilização.

**Compartimento:** Cada um dos espaços encerrados em que se divide a fração de habitação.

### 2.2.3.1.2. Locais de Habitação

Nos locais de habitação, as alimentações deverão, em regra, ser monofásicas.

No caso de instalações com recetores trifásicos, as alimentações devem ser trifásicas.

Para o dimensionamento das instalações estabelecidas em locais de habitação, os valores mínimos das potências a considerar no dimensionamento não devem ser inferiores aos indicados na *Tabela 2*, em função do seu número de compartimentos.

*Tabela 2. Valores mínimos das potências a considerar no dimensionamento dos locais de habitação*

Instalações Monofásicas		Instalações Trifásicas	
Nº de Compartimentos	Potência (kVA)	Nº de Compartimentos	Potência (kVA)
1	3,45 (15 A, em 230V)	–	–
2 a 6	6,9 (30 A, em 230V)	≤ 6	6,9 (10 A, em 400V)
> 6	10,35 (45 A, em 230V)	> 6	10,35 (15 A, em 400V)

### 2.2.3.1.3. Locais de habitação estabelecidos em instalações coletivas

Os valores mínimos das potências a considerar no dimensionamento dos locais de habitação estabelecidos em instalações coletivas não devem ser inferiores aos indicados na *Tabela 3*, definidos em função do seu número de compartimentos.

Nos locais de habitação estabelecidos em instalações coletivas, as alimentações deverão em regra ser monofásicas. No caso de nas instalações existirem recetores trifásicos, as alimentações tem que ser trifásicas.

*Tabela 3. Valores mínimos das potências a considerar no dimensionamento dos locais de habitação estabelecidos em instalações coletivas*

Instalações Monofásicas		Instalações Trifásicas	
Nº de Compartimentos	Potência (kVA)	Nº de Compartimentos	Potência (kVA)
1	3,45 (15 A, em 230V)	–	–
2 a 6	6,9 (30 A, em 230V)	–	–
> 6	10,35 (45 A, em 230V)	Qualquer	10,35 (15 A, em 400V)

Quando, pelas características previstas para os locais de habitação, os técnicos responsáveis pelo projeto entenderem definir valores superiores aos valores mínimos indicados na *Tabela 3*, devem ser considerados, para efeitos de dimensionamento, os valores superiores mais próximos e constantes do Sistema Tarifário em vigor.

### 2.2.3.1.4. Locais anexos às habitações

Para os locais anexos às habitações, quando for prevista uma entrada específica para estes locais a partir da instalação coletiva, o valor mínimo de potência a contratar será de 3,45 kVA, em monofásico (15 A, em 230V).

**Instalação coletiva:** Instalação elétrica estabelecida, em regra, no interior de um edifício com o fim de servir instalações elétricas (de utilização) exploradas por entidades diferentes, constituída por troço comum (da instalação coletiva), quadro de colunas, colunas e caixas de coluna. A instalação coletiva tem o seu início numa ou mais portinholas ou no próprio quadro de colunas e termina nas entradas.

**Portinhola:** Quadro onde finda o ramal, de que faz parte, e que, em regra, contém os aparelhos de proteção geral contra sobretensões das instalações coletivas de edifícios ou entradas ligadas a jusante.

No caso de instalações de utilização unifamiliares, a portinhola pode conter apenas ligadores com a função de seccionamento da instalação.

**Ramal:** Canalização elétrica, sem qualquer derivação, que parte do quadro de um posto de transformação, do quadro de uma central geradora ou de uma canalização principal e termina numa portinhola, quadro de colunas ou aparelho de corte de entrada de uma instalação de utilização.

**Tarifário:** Conjunto de regras e de preços utilizados na faturação dos fornecimentos de energia elétrica ou gás natural e outros serviços aos clientes.

São exemplos de anexos à habitação, as caves, arrecadações e as garagens integradas na mesma fração autónoma.

**Fração Autónoma (Fogo):** Fração de um edifício que forma uma unidade independente, esteja ou não o edifício constituído em regime de propriedade horizontal.

**Guia Técnico de Urbanizações:** Regras para a concepção, aprovação e ligação à rede dos projetos de infraestruturas elétricas de loteamentos ou urbanizações de iniciativa privada, DIT-C11-010/N, EDP Distribuição.

*n* - Número de instalações de utilização da rede ou do segmento de rede calculada.

*n* - Número de instalações de utilização da rede ou do segmento de rede calculada.

*n* - Número de instalações de utilização da rede ou do segmento de rede calculada.

### 2.2.3.2. Elementos de rede em urbanizações/loteamentos de iniciativa privada

No dimensionamento dos elementos de rede necessários à ligação de infraestruturas de urbanizações, loteamentos, novos núcleos habitacionais e parques industriais ou comerciais, dever-se-á observar o referido no “Guia Técnico de Urbanizações” da EDP Distribuição:

- A determinação das potências das instalações de utilização e do loteamento/urbanização caberão ao promotor, não podendo os seus valores ser inferiores aos regulamentares;
- No cálculo do ramal de alimentação e das redes internas poderá aplicar-se à potência total do conjunto das instalações de utilização (antes da aplicação dos coeficientes de simultaneidade previstos nas Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão) um coeficiente de simultaneidade mínimo “C”, em conformidade com os seguintes aspetos:

#### i. Para locais residenciais ou de uso profissional (incluindo serviços comuns dos edifícios)

$$C = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{n}}$$

#### ii. Para os restantes casos

$$C = 0,5 + \frac{0,5}{\sqrt{n}}$$

#### iii. Áreas de serviços e comerciais (sempre que não seja possível determinar “n” e a potência a considerar seja em VA/m<sup>2</sup>)

Em áreas de serviços e comerciais, onde não seja possível determinar “n” e a potência a considerar venha dada em VA/m<sup>2</sup> (densidade de potência), o coeficiente “C” será igual à unidade.

#### iv. Ramais de alimentação dos edifícios

Para efeitos de dimensionamento de ramais de alimentação dos edifícios, a potência será obtida pela aplicação dos coeficientes previstos nas Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

### 2.2.3.3. Rede particular de distribuição de energia elétrica em baixa tensão em condomínios fechados

#### 2.2.3.3.1. Generalidades

De acordo com o definido no Guia Técnico de Instalações Elétricas Estabelecidas em Condomínios Fechados a determinação da potência para o dimensionamento da rede particular de distribuição de energia elétrica em baixa tensão, a alimentar a partir da rede do Sistema Elétrico de Serviço Público (SEP), é calculada de acordo com as disposições regulamentares aplicáveis, tendo em conta os coeficientes de simultaneidade a seguir indicados, em função do tipo de utilização das instalações a alimentar, nomeadamente locais residenciais ou de uso profissional (incluindo iluminação de exteriores e serviços comuns dos edifícios) e instalações não residenciais.

#### 2.2.3.3.2. Rede destinada ao abastecimento de instalações estabelecidas em locais residenciais ou de uso profissional (incluindo serviços comuns dos edifícios)

##### i. Canalizações principais

A potência a considerar para o dimensionamento da canalização principal é a que resultar do somatório das potências das instalações elétricas de utilização, afetado pelo coeficiente de simultaneidade obtido pela fórmula prática a seguir indicada:

$$Scp_1 = \sum_1^n S_{iu} \times C_1$$

Sendo que:

$$C_1 = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{n}}$$

##### ii. Ramais

A potência a considerar para o dimensionamento do ramal deve ser obtida a partir do somatório das potências das instalações elétricas (de utilização), afetadas pelo fator definido na *Tabela 4* do presente trabalho.

Guia Técnico de Instalações Elétricas Estabelecidas em Condomínios Fechados. Direção Geral de Energia e Geologia, 2005.

$Scp_1$  - Potência a considerar para o dimensionamento da canalização principal (VA)

$S_{iu}$  - Potência de cada instalação elétrica de utilização (VA)

$C_1$  - Coeficiente de simultaneidade

$n$  - Número de instalações de utilização da rede ou do segmento de rede calculada.

A *Tabela 4* do presente trabalho corresponde ao Quadro 803A – Fatores de simultaneidade para locais de habitação e seus anexos, das Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

### 2.2.3.3.3. Rede destinada ao abastecimento de instalações não residenciais

#### i. Canalizações principais

A potência a considerar para o dimensionamento da canalização principal é a que resultar do somatório das potências das instalações elétricas de utilização, afetado pelo coeficiente de simultaneidade obtido pela fórmula prática a seguir indicada:

$$Scp_2 = \sum S_{iu} \times C_2$$

Sendo que:

$$C_2 = 0,5 + \frac{0,5}{\sqrt{n}}$$

#### ii. Ramais

A potência a considerar para o dimensionamento do ramal deve ser obtida a partir do somatório das potências das instalações elétricas (de utilização), afetadas do coeficiente de simultaneidade definido pelo projetista de acordo com critérios objetivos de dimensionamento.

$Scp_2$  - Potência a considerar para o dimensionamento da canalização principal (VA)

$S_{iu}$  - Potência de cada instalação elétrica de utilização (VA)

$C_2$  - Coeficiente de simultaneidade

$n$  - Número de instalações de utilização da rede ou do segmento de rede calculada.

Na falta destes critérios, deve ser utilizado o coeficiente de simultaneidade  $C = 1$ .



A Tabela 5 faz um resumo da designação de condutores e cabos segundo a norma NP 665.

Tabela 5. Designação de condutores isolados e cabos – NP 665

	Fator	Descrição	Símbolo
Elementos e materiais	Material dos condutores	Cobre	(Nada)
		Alumínio multifilar	L
		Alumínio maciço	LS
	Grau de flexibilidade de condutor isolado ou cabo	Ríido (classes 1 e 2 - EN 60228)	(Nada)
		Flexível (classe 5 - EN 60228)	F
		Extraflexível (classe 5 - EN 60228)	FF
	Material de isolamento (isolação)	Borracha de etileno propileno	B
		Policloreto de Vinilo (PVC)	V
		Polietilno reticulado (XPLPE)	E
		Policloreto de vinilo com resistência a hidrocarbonetos	Vh
		Etileno acetato de vinilo	G
		Papel isolante	P
		Policloreto de vinilo com resistência a hidrocarbonetos	S
	Blindagem	Blindagem individual	HI
		Blindagem coletiva (todos os condutores)	H
	Condutores envoltentes (concêntricos)	Fios de cobre	0
		Fios de alumínio	10
	Revestimentos metálicos conferindo proteção mecânica (armaduras)	Magnéticos:	
		• Fitas de aço	A
		• Fios de aço	R
		• Barrinhas de aço	M
		• Fitas de aço corrugadas	2A
		• Trança de aço galvanizado	1Q
		Não Magnéticos:	
		• Fitas de material não magnético	1A
		• Fios de material não magnético	1R
		• Barrinhas de material não magnético	1M
		• Fitas corrugadas de material não magnético	3A
• Tranças de aço		Q	

Tabela 5 (continuação). Designação de condutores isolados e cabos – NP 665

	Fator	Descrição	Símbolo
Elementos e materiais	Material de acabamento e reforço (bainha exterior)	Não metálico:	
		• Borrachas de etileno propileno	B
		• Policloreto de vinilo (PVC)	V
		• Polietileno	E
		• Polietileno reticulado (XLPE)	X
		• Policloreto de vinilo com resistências a hidrocarbonetos	Vh
		• Etileno aceato de vinilo	G
		• Composição reticulada à base de poliolefinas, com baixo nível de emissão de gases corrosivos e adequada à aplicação em cabos que, quando em combustão, têm baixa emissão de fumos.	Z
		• Composição termoplástica à base de poliolefinas, com baixo nível de emissão de gases corrosivos e adequada à aplicação em cabos que, quando em combustão, têm baixa emissão de fumos.	Z1
		• Papel isolante	P
		• Materiais reticulados à base de Silicone	S
		Metálico:	
		• Fita de alumínio revestida pelo menos numa das faces com copolímero	L
	• Chumbo: Bainha coletiva	C	
	• Chumbo: Bainha individual	CI	
	Forma de agrupamento dos condutores isolados	Cableados ou torcidos	Nada
		Dispostos paralelamente	D
	Indicações diversas	Cabos autossuportados	S
	Comportamento ao fogo	Propagação da chama - Retardante à chama	Nada*
		Propagação ao fogo - Retardante ao fogo	(frt)
Resistência ao fogo - Retardante ao fogo		(frs)	
Opacidade de fumos - Baixa opacidade de fumos libertados		(ls)	
Corrosividade - Baixa corrosividade de fumos libertados		(la)	
Toxicidade - Baixa toxicidade dos fumos libertados		(lt)	
Halogéneos - Isento de halogéneos		(zh)	
* A não utilização da sigla não é suficiente para se classificar o cabo como retardante à chama. Poder-se-á utilizar a sigla "flr (flame retardant)" em caso de necessidade para os cabos retardantes à chama. Nota: Os condutores e os cabos (zh) são, por natureza, também (la), (ls) e (lt).			

possam resultar da utilização das instalações elétricas, garantido as mesmas o funcionamento dos equipamentos alimentados.

A seleção do modo de instalação das canalizações depende, assim, entre outros, dos seguintes fatores principais:

- Natureza dos locais;
- Natureza das paredes e dos outros elementos da construção que suportam as canalizações;
- Acessibilidade das canalizações às pessoas e aos animais;
- Tensão;
- Solicitações eletromecânicas suscetíveis de se produzirem em caso de curtos-circuitos;
- Outras solicitações às quais as canalizações podem ficar submetidas durante a execução da instalação elétrica ou em serviço.

Após a definição do modo de instalação de canalizações é possível determinar as suas correntes admissíveis e definir as proteções a instalar para as mesmas.

### 3.4. Correntes admissíveis nas canalizações elétricas

A correta definição da corrente admissível nas canalizações elétricas é um fator determinante em termos de garantia da segurança das pessoas, animais e bens, assim como da proteção das próprias canalizações e da fiabilidade, continuidade e qualidade na exploração das instalações.

As correntes admissíveis nas canalizações elétricas são função:

- Do material da alma condutora;
- Da secção da alma condutora;
- Do tipo de isolamento;
- Do modo de estabelecimento;
- Do número de condutores carregados;
- Da temperatura ambiente;
- Da temperatura do solo;
- Da resistividade térmica do solo;
- Do agrupamento com outros circuitos.

No sentido de homogeneização dos valores das correntes admissíveis nas canalizações utilizadas no projeto das instalações elétricas e de redução do tempo despendido na obtenção dos referidos valores, para as instalações elétricas de utilização de energia elétrica em baixa tensão as Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão apresentam tabelas com os valores de correntes admissíveis a considerar nas diversas situações de colocação das canalizações elétricas, em função do modo de instalação das canalizações a utilizar.

**Corrente (permanente) admissível (de um condutor) (I<sub>Z</sub>):** Valor máximo da corrente que pode percorrer, em permanência, um condutor em dadas condições sem que a sua temperatura, em regime permanente, ultrapasse um valor especificado. Para os condutores, a corrente admissível é considerada como corrente estipulada.

**Decreto-Lei n.º 226/2005, de 28 de dezembro:** Prevê a aprovação das Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Revoga o artigo 1.º do Decreto-Lei N.º 740/74, de 26 de dezembro, e os regulamentos anexos.

**Portaria n.º 949-A/2006, de 11 de setembro:** Aprova e publica as Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

**Disjuntor:** Aparelho mecânico de conexão capaz de estabelecer, de suportar e de interromper correntes nas condições normais do circuito. Este aparelho é ainda capaz de estabelecer, de suportar num tempo especificado e de interromper correntes em condições anormais especificadas para o circuito, tais como as correntes de curto-circuito.

Esta definição aplica-se a uma tensão estipulada, a uma corrente estipulada, etc. e correspondia, anteriormente, ao termo "valor nominal".

Nas Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão, o termo "valor nominal" é aplicado, exclusivamente, a alimentações (redes de distribuição, fontes de alimentação, etc.).

Para efeito da aplicação das regras de proteção contra as sobretensões, a "corrente de regulação" é considerada como sendo a corrente estipulada dos dispositivos de proteção reguláveis.

#### **NP EN 60059:2010 - Correntes nominais normalizadas da IEC.**

Os valores escolhidos na norma estão de acordo com a série R10 especificada na ISO3, sendo definidos pelos múltiplos de 10n (sendo n um número inteiro positivo) da seguinte série: 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3; 15; 4; 5; 6,3 e 8.

Para os fusíveis, esta corrente designa-se por "corrente convencional de não fusão" e, para os disjuntores, por "corrente convencional de não disparo".

– Disjuntores.

## **4.2. Grandezas características**

### **4.2.1. Valores estipulados**

#### **4.2.1.1. Valor estipulado**

Um valor estipulado consiste no valor de uma grandeza fixado, em regra, pelo fabricante para um dado funcionamento especificado de um componente, de um dispositivo ou de um equipamento.

#### **4.2.1.2. Corrente estipulada**

A corrente estipulada ( $I_n$ ) consiste no valor da corrente a partir da qual são determinadas as condições de funcionamento do dispositivo de proteção.

A norma NP EN 60059 especifica as características das correntes nominais normalizadas para os dispositivos, aparelhos, instrumentos e equipamentos elétricos.

#### **4.2.1.3. Tensão estipulada**

A tensão estipulada ( $U_n$ ) é a tensão que serve de base ao dimensionamento do dispositivo do ponto de vista do isolamento elétrico.

### **4.2.2. Correntes convencionais**

#### **4.2.2.1. Corrente convencional de não funcionamento (de um dispositivo de proteção)**

A corrente convencional de não funcionamento ( $I_{nf}$ ) de um dispositivo de proteção consiste no valor especificado da corrente que pode ser suportada por um dispositivo de proteção num tempo especificado (denominado tempo convencional) sem provocar o seu funcionamento.

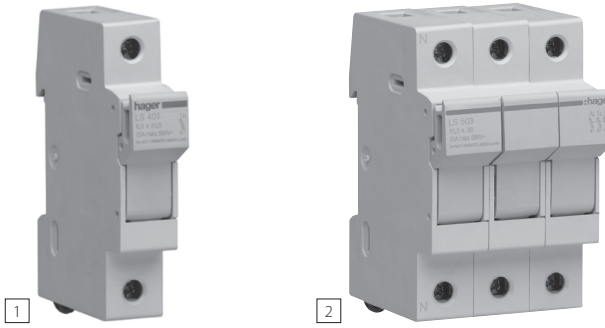


Figura 4. Bases fusíveis de fusíveis cilíndricos

## ii. Porta-fusível

O porta-fusível é a parte móvel de um fusível e é destinada a receber o elemento de substituição, sendo constituído pelos seguintes elementos principais:

- Elemento fusível;
- Invólucro;
- Areia;
- Ligação do elemento fusível com as facas;
- Contacto do fusível;
- Sinalizador ou percutor.

Na Figura 5 podemos ver exemplos de porta-fusíveis de facas.



Figura 5. Porta-fusíveis de fusíveis de facas

A Figura 6 mostra um corte de um porta-fusível de um fusível de facas, com a indicação dos diversos elementos constituintes.

1 - Base unipolar

2 - Base tripolar

**Elemento de Substituição:** Parte de um fusível, incluindo o ou os elementos fusíveis, destinada a ser substituída após funcionamento do fusível.

**Elemento fusível:** Parte de um elemento de substituição destinado a fundir quando o fusível funciona. O elemento de substituição pode ter vários elementos fusíveis montados em paralelo.

Deve ser muito sólido pois suporta choques térmicos e eletrodinâmicos muito grandes no corte.

O seu papel é o de arrefecer o arco elétrico. Deve ser pura e o seu grão varia para cada tipo de cartucho.

Essa ligação não deve perturbar o funcionamento do cartucho: a qualidade da soldadura é primordial.

**Percutor:** Dispositivo mecânico que faz parte do elemento de substituição e que, quando o fusível funciona, liberta a energia necessária para fazer funcionar outros aparelhos ou dispositivos indicadores ou para efetuar um encravamento. Sistema de deteção de fusão que deve ser preciso e fiável.

- 1 - Elemento fusível
- 2 - Invólucro
- 3 - Areia
- 4 - Facas (Contacto do fusível)
- 5 - Sistema de detecção de fusão

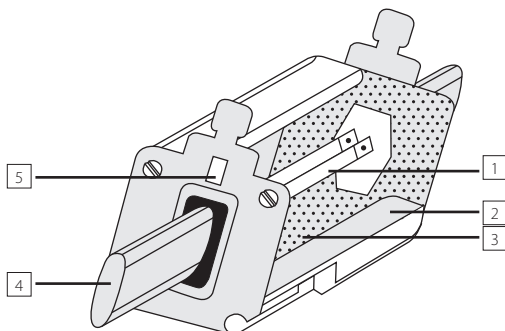


Figura 6. Corte de um porta-fusível de um fusível de facas

A Figura 7 mostra um exemplo de um porta-fusível cilíndrico.



Figura 7. Porta-fusível cilíndrico

A Figura 8 mostra um corte de um porta-fusível de um fusível cilíndrico, com a indicação dos diversos elementos constituintes.

- 1 - Corpo cerâmico
- 2 - Areia de quartzo
- 3 - Contacto do fusível
- 4 - Contacto do fusível
- 5 - Elemento fusível

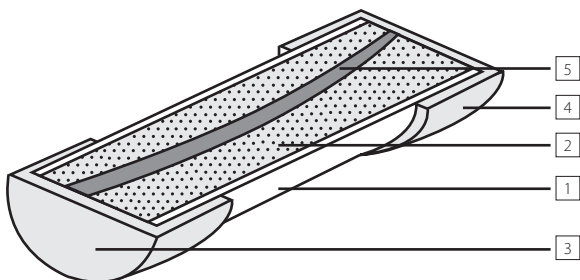


Figura 8. Corte de um porta-fusível de um fusível cilíndrico

#### 4.3.4. Princípio de funcionamento

O princípio de funcionamento de um fusível baseia-se na fusão de um elemento fusível.

#### 4.3.5 Gama de corte e categoria de utilização dos fusíveis

A codificação da gama de corte e categoria de utilização dos fusíveis é realizada através de um código composto por duas letras.

**Elemento fusível:** Parte de um elemento de substituição destinado a fundir quando o fusível funciona.

O relé magnético é constituído por uma bobine em que o seu núcleo de ferro, oco, se encontra dividido em uma parte fixa e outra móvel. A móvel encontra-se parcialmente fora da bobine, por ação de uma mola que envolve uma haste.

Quando se verifica um curto-circuito, a corrente de valor muito elevado que percorre o enrolamento cria um campo magnético suficientemente intenso para vencer a força de retenção da mola e atrair rapidamente para o seu interior a parte móvel do núcleo, o que, no seu curso e por ação da haste, irá desarmar um engate e levar à atuação do disjuntor.

A Figura 12 mostra o funcionamento do relé magnético de um disjuntor magnetotérmico.

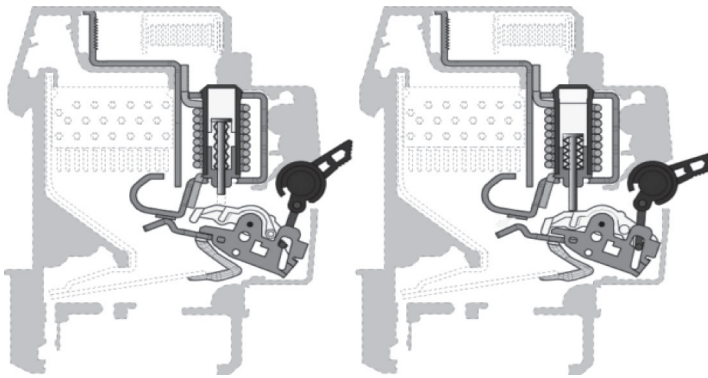


Figura 12. Funcionamento do relé magnético de um disjuntor magnetotérmico

#### 4.4.4.4. Zonas de funcionamento de um disjuntor magnetotérmico

A Figura 13 mostra a curva tempo-corrente, característica  $t(I)$ , de um disjuntor magnetotérmico e a indicação das zonas de funcionamento térmico e magnético. As curvas de funcionamento e de não-funcionamento dos aparelhos de proteção correspondem aos limites superior e inferior das suas zonas de funcionamento.

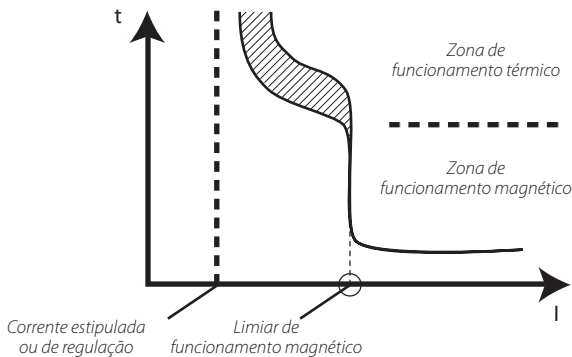


Figura 13. Zonas de funcionamento de um disjuntor magnetotérmico

## 4.4.5. Disjuntores para instalações domésticas e análogas

### 4.4.5.1. Generalidades

**EN 60898:** Aparelhagem elétrica - Disjuntores para proteção contra sobretensões para instalações domésticas e análogas.

**Parte 1: 2003/A1:2004/CORRIGENDUM fev:2004 /A11:2005/A12:2008/A13:2012:** Disjuntores para funcionamento em corrente alternada.

**Parte 2: 2006:** Disjuntores para o funcionamento em corrente contínua e corrente alternada.

**Pessoa Comum (pessoa do público):** Pessoa não qualificada nem instruída. (RTIEBT - Classificação quanto à competência das pessoas como BA1).

**Pessoas Instruídas:** Pessoas suficientemente informadas ou supervisionadas por pessoas qualificadas para lhes permitir evitar os perigos que possam advir da eletricidade (RTIEBT - Classificação quanto à competência das pessoas como BA4).

**Pessoas qualificadas:** Pessoas possuindo conhecimentos técnicos ou experiência suficiente que lhes permita evitar os perigos que possam advir da eletricidade (RTIEBT - Classificação quanto à competência das pessoas como BA5).

**Ver:** Nota complementar 3. Competência das pessoas de acordo com as Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

São definidas as seguintes tensões:

$U_e$  - Tensão estipulada (nominal) de serviço

$U_i$  - Tensão estipulada (nominal) de isolamento (normalmente, o valor mais elevado admissível para  $U_e$  – a condição a satisfazer é  $U_i \geq U_e$ )

$U_{imp}$  - Tensão de choque. Exprime, em kV de pico (de uma forma de onda e polaridade prescritas, normalmente a onda normalizada 1,2/50  $\mu s$ ), o valor da tensão que o equipamento é capaz de suportar sem falhar, sob determinadas condições de teste.

Em geral, para disjuntores da norma EN 60947-2,

$U_{imp} = 8$  kV, e para os da norma EN 60898,

$U_{imp} = 6$  kV.

São disjuntores que na sua construção observam o disposto na norma EN 60898.

Trata-se de disjuntores concebidos para serem utilizados por pessoas comuns, isto é, pessoas que não sejam instruídas (não BA4) ou que não sejam qualificadas (não BA5), que podem, contudo, ser utilizados em qualquer outro tipo de instalação, como por exemplo as instalações industriais.

São disjuntores que na sua construção observam o disposto na norma EN 60898.

Trata-se de disjuntores concebidos para serem utilizados por pessoas comuns, isto é, pessoas que não sejam instruídas (não BA4) ou que não sejam qualificadas (não BA5), que podem, contudo, ser utilizados em qualquer outro tipo de instalação, como por exemplo as instalações industriais.

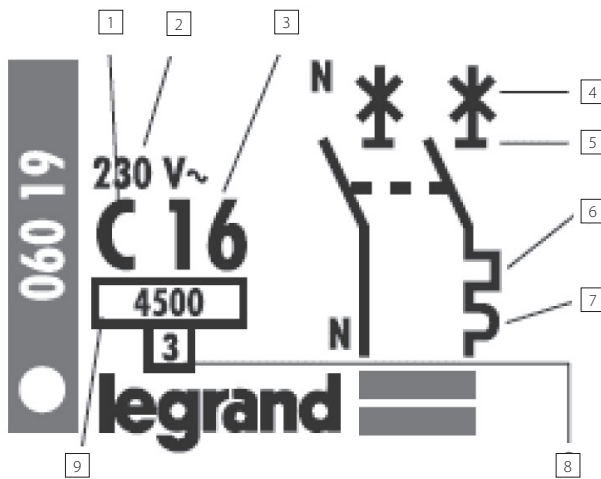
Os disjuntores fabricados em conformidade com o disposto na norma EN 60898 são disjuntores magnetotérmicos, com proteção contra curto-circuitos e contra sobrecargas, de tensão estipulada igual ou inferior a 440 V e corrente estipulada igual ou inferior a 125 A, sem regulação, com o seguinte domínio de aplicação.



- Valores normalizados até 10 000 A, inclusive:  
1 500 A, 3 000 A, 4 500 A, 6 000 A e 10 000 A .
- Valores normalizados acima de 10 000 A até 25 000 A, inclusive:  
Para valores acima de 10 000 A e até 25 000 A, o valor preferencial de 20 000 A.

#### 4.4.5.8. Marcação

A *Figura 15* mostra a marcação de um disjuntor para uso doméstico ou análogo.



*Figura 15. Curvas tempo/corrente de disjuntores para uso doméstico ou análogo*

Os valores 1 000 A, 2 000 A, 2 500 A, 5 000 A, 7 500 A e 9 000 A são também normalizados em alguns países.

- 1 - Tipo de curva
- 2 - Tensão estipulada ( $U_n$ )
- 3 - Corrente estipulada ( $I_n$ )
- 4 - Corte automático
- 5 - Seccionamento
- 6 - Disparo térmico
- 7 - Disparo magnético
- 8 - Classe de limitação
- 9 - Poder de corte

#### 4.4.6. Disjuntores de uso industrial

##### 4.4.6.1. Generalidades

São disjuntores de baixa tensão que na sua construção observam o disposto na norma EN 60947, partes 1 e 2.

Trata-se de disjuntores concebidos para serem utilizados por pessoas instruídas ou qualificadas, sendo designados como disjuntores de uso industrial.

A norma EN 60947, parte 2, aplica-se a todos os disjuntores cujos contactos principais são destinados à ligação de circuitos cuja tensão nominal não exceda os 1 000 V em corrente alternada ou 1 500 V em corrente contínua, quaisquer que sejam as correntes estipuladas, os métodos de construção e a utilização prevista para os disjuntores.

**EN 60947:** Aparelhagem de baixa tensão.

**Parte 1: 2007/A1:2011:** Regras gerais.

**Parte 2: 2006/A1:2009/A2:2013:** Disjuntores.

**Pessoas Instruídas:** Pessoas suficientemente informadas ou supervisionadas por pessoas qualificadas para lhes permitir evitar os perigos que possam advir da eletricidade (RTIEBT Classificação quanto à competência das pessoas como BA4).

**Pessoas Qualificadas:** Pessoas possuindo conhecimentos técnicos ou experiência suficiente que lhes permita evitar os perigos que possam advir da eletricidade. (RTIEBT - Classificação quanto à competência das pessoas como BA5).

Os fusíveis do tipo gG devem satisfazer à Norma NP EN 60269: Fusíveis de baixa tensão.

– Fusíveis do tipo gG.

## ii. Dispositivos que garantem apenas a proteção contra as sobrecargas

Estes dispositivos têm uma característica de funcionamento  $t(I)$  função do inverso do quadrado da corrente podendo ter um poder de corte inferior à corrente de curto-circuito presumida no ponto onde forem instalados.

## iii. Dispositivos que garantem apenas a proteção contra os curtos-circuitos

Quando a proteção contra as sobrecargas for feita por outros meios ou quando se admitir a dispensa da proteção contra as sobrecargas, devem ser utilizados dispositivos de proteção que interrompam qualquer corrente de curto-circuito de valor não superior ao da corrente de curto-circuito presumida.

Esses dispositivos de proteção podem ser:

- a. Disjuntores com disparador de máximo de corrente;
- b. Fusíveis dos tipos gG ou aM.

Em alguns tipos de instalações (habitações e análogos, estabelecimentos agrícolas ou pecuários, etc.) não podem ser aplicados fusíveis na proteção de circuitos contra as sobreintensidades exceto na alimentação de quadros ou de equipamentos de elevada potência e na proteção de equipamentos de sinalização e de medição.

### Estabelecimentos agrícolas ou pecuários:

Consideram-se como sendo estabelecimentos agrícolas ou pecuários os locais onde se realizem, com caráter permanente, atividades agrícolas ou pecuárias ou onde se armazenem produtos relacionados com qualquer uma destas atividades.

São considerados como estabelecimentos agrícolas ou pecuários, nomeadamente, os seguintes:

- a) os celeiros, os silos e os palheiros;
- b) as adegas e os lagares;
- c) as cavalições, os estábulos, as pocilgas e os currais;
- d) os aviários;
- e) as estufas.

Não são considerados como estabelecimentos agrícolas ou pecuários as pequenas explorações agrícolas ou pecuárias, onde a importância ou a natureza das instalações elétricas não justifique cuidados especiais.

**Ver:** Nota complementar 2. Tipo de instalações de utilização de acordo com as Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

## 5.2. Corrente de serviço

### 5.2.1. Sem consideração da carga harmónica

Sabendo a potência a assegurar por cada circuito é possível determinar a corrente de serviço do mesmo.

No caso de se tratar de um circuito monofásico, a corrente de serviço é obtida da seguinte forma:

$$I_b = \frac{S}{U_0}$$

Se se tratar de um circuito trifásico, a corrente de serviço é obtida da seguinte forma:

$$I_b = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$$

### 5.2.2. Considerando a componente harmónica

O dimensionamento das canalizações elétricas é normalmente realizado sem considerar a presença de correntes harmónicas.

Contudo, hoje em dia, é cada vez mais generalizada a utilização de cargas não lineares suscetíveis de originarem componentes harmónicas nas instalações elétricas.

Assim, em instalações com elevada taxa de distorsão harmónica, os pressupostos de dimensionamento, embora sendo os mesmos que são observados em instalações sem presença significativa de componentes harmónicas, deverão contemplar no dimensionamento a alteração do valor da corrente devido à presença dos referidos harmónicos.

**Corrente de Serviço (de um circuito) ( $I_b$ ):** Corrente destinada a ser transportada por um circuito em serviço normal.

Em regime permanente, a corrente de serviço é a corrente correspondente à maior potência transportada pelo circuito em serviço normal, tendo em conta os fatores de simultaneidade.

Em regime variável, considera-se que a corrente de serviço é a corrente termicamente equivalente ( $I_b$ ) que, em regime permanente, conduziria os elementos do circuito à mesma temperatura.

$I_b$  - Corrente de serviço (A)

$S$  - Potência aparente (VA)

$U_0$  - Tensão simples (V)

$I_b$  - Corrente de serviço (A)

$S$  - Potência aparente (VA)

$U$  - Tensão composta (V)

**Distorsão harmónica:** Deformação da onda de tensão (ou de corrente) sinusoidal à frequência industrial provocada, designadamente, por cargas não lineares.

**Carga não linear:** Uma carga é dita não linear quando a corrente que ela absorve não tem a mesma forma que a tensão que a alimenta.

Tipicamente, as cargas que utilizam eletrónica de potência são não lineares.

Alguns exemplos de cargas não lineares:

equipamentos informáticos, pontes retificadoras, variadores de velocidade, fornos a arco, iluminação fluorescente.

**Distorsão harmónica:** Deformação da onda de tensão (ou de corrente) sinusoidal à frequência industrial provocada, designadamente, por cargas não lineares.

São exemplos dessas modificações a alteração da secção, da natureza, do modo de colocação ou da constituição de uma canalização.

#### Classificação dos locais quanto às influências externas (Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão):

- Locais com riscos de incêndio (BE2);
- Locais com riscos de explosão (BE3).

**Ver:** Nota complementar 4. Fatores de influências externas de acordo com as Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

Os aparelhos de aquecimento (como, por exemplo, os termoacumuladores, os radiadores e os fogões) e os aparelhos de iluminação utilizados em condições de funcionamento especificadas (como, por exemplo, as luminárias em que a potência máxima das lâmpadas é indicada) são exemplos de equipamentos não suscetíveis de produzirem sobrecargas.

Pelo contrário, uma tomada é um ponto de utilização suscetível de originar sobrecargas.

Um motor cuja corrente com o rotor bloqueado não seja superior à corrente admissível na canalização é considerado como não suscetível de produzir sobrecargas.

### 5.3.2. Localização dos dispositivos de proteção

Os dispositivos de proteção contra sobrecargas deverão estar localizados nos seguintes pontos:

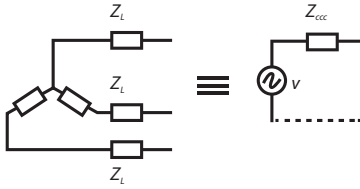
- i. Locais em que haja modificação que possa originar redução do valor da corrente admissível nos condutores;
- ii. Pode, no entanto, o dispositivo que proteger uma canalização contra as sobrecargas ser colocado em qualquer ponto dessa canalização, se a parte da canalização compreendida entre a modificação (da secção, da natureza, do modo de colocação ou da constituição) e o referido dispositivo de proteção não tiver derivações nem tomadas e satisfizer a uma das condições seguintes :
  - a. Estiver protegida contra os curtos-circuitos;
  - b. Tiver comprimento não superior a 3m, estiver estabelecida de forma a reduzir ao mínimo o risco de curto-circuito e não estiver situada na proximidade de materiais combustíveis.

### 5.3.3. Dispensa de proteção contra sobrecargas

Com exceção das instalações estabelecidas em locais com riscos de incêndio ou de explosão ou quando as regras relativas às instalações especiais o não permitam, é admissível não prever dispositivo de proteção contra as sobrecargas nos casos seguintes:

- a. Canalização situada a jusante de uma modificação da secção, da natureza, do modo de colocação ou da constituição se estiver efetivamente protegida contra as sobrecargas por um dispositivo de proteção colocado a montante;
- b. Canalização não suscetível de ser percorrida por correntes de sobrecarga se estiver protegida contra os curtos-circuitos e não tiver derivações ou tomadas.

• **Corrente de curto-circuito trifásico simétrico ( $I_{k3\text{máx}}$ )**

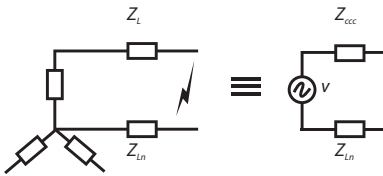


$$I_{k3\text{máx}} = \frac{C_{\text{máx}} \cdot m \cdot U_0}{\sqrt{\left[ R_Q + R_T + R_{Uph} + \rho_0 \frac{L}{S n_{ph}} \right]^2 + \left[ X_Q + X_T + X_{Uph} + \lambda \frac{L}{n_{ph}} \right]^2}}$$

• **Corrente de curto-circuito bifásico ( $I_{k2\text{máx}}$ )**

$$I_{k2\text{máx}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{k3\text{máx}} = 0,86 \times I_{k3\text{máx}}$$

• **Corrente de curto-circuito monofásico ( $I_{k1\text{máx}}$ )**



$$I_{k1\text{máx}} = \frac{C_{\text{máx}} \cdot m \cdot U_0}{\sqrt{\left[ R_Q + R_T + R_{Uph} + R_{UN} + \rho_0 L \left( \frac{1}{S n_{ph}} + \frac{1}{S_N n_N} \right) \right]^2 + \left[ X_Q + X_T + X_{Uph} + X_{UN} + \lambda L \left( \frac{1}{n_{ph}} + \frac{1}{n_N} \right) \right]^2}}$$

**iii. Correntes mínimas**

O cálculo da corrente mínima de curto-circuito será realizado simulando a ocorrência de um curto-circuito no ponto mais afastado da canalização que o dispositivo de proteção se encontra a proteger.

• **Circuito trifásico sem neutro**

Calculada pela mesma fórmula que a corrente máxima de curto-circuito bifásico ( $I_{k2\text{máx}}$ ), mas na qual a resistividade dos condutores a 20 °C ( $\rho_0$ ) é substituída por a resistividade  $\rho_1$  ( $\rho_1 = 1,25\rho_0$ ), no caso de utilização de disjuntores, e  $\rho_2$  ( $\rho_2 = 1,5\rho_0$ ), no caso de utilização de fusíveis, e  $C_{\text{máx}}$  é substituído por  $C_{\text{min}}$ .

• **Circuito trifásico com neutro ou monofásico fase/neutro**

Calculada pela mesma fórmula que a corrente máxima de curto-circuito bifásico ( $I_{k2\text{máx}}$ ), mas na qual a resistividade dos condutores a 20 °C ( $\rho_0$ ) é substituída por a resistividade  $\rho_1$  ( $\rho_1 = 1,25\rho_0$ ), no caso de utilização de disjuntores, e  $\rho_2$  ( $\rho_2 = 1,5\rho_0$ ), no caso de utilização de fusíveis, e  $C_{\text{máx}}$  é substituído por  $C_{\text{min}}$ .

- $R_Q, X_Q$  - Resistência e reatância a montante do transformador
- $R_T, X_T$  - Resistência e reatância do transformador
- $R_{Uph}, X_{Uph}$  - Resistência e reatância do condutor de fase desde o transformador à origem do circuito considerado
- $L$  - Comprimento da canalização (m)
- $S$  - Secção de fase dos condutores do circuito considerado
- $n_{ph}$  - Número de condutores em paralelo por fase
- $\rho_0$  - Resistividade dos condutores a 20 °C
- $\lambda$  - Reatância por unidade de comprimento dos condutores
- $U_0$  - Tensão nominal da instalação entre fase e neutro (V)

- $R_Q, X_Q$  - Resistência e reatância a montante do transformador ( $\Omega$ )
- $R_T, X_T$  - Resistência e reatância do transformador ( $\Omega$ )
- $R_{Uph}, X_{Uph}$  - Resistência e reatância do condutor de fase desde o transformador à origem do circuito considerado ( $\Omega$ )
- $R_{UN}, X_{UN}$  - Resistência e reatância do condutor de neutro desde o transformador à origem do circuito considerado ( $\Omega$ )
- $L$  - Comprimento da canalização (m)
- $S$  - Secção de fase dos condutores do circuito considerado ( $\text{mm}^2$ )
- $S_N$  - Secção do condutor de neutro circuito considerado ( $\text{mm}^2$ )
- $n_{ph}$  - Número de condutores em paralelo por fase
- $n_N$  - Número de condutores em paralelo no condutor neutro
- $\rho_0$  - Resistividade dos condutores a 20 °C ( $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ )
- Reatância por unidade de comprimento dos condutores
- $U_0$  - Tensão nominal da instalação entre fase e neutro (V)

O valor da potência de curto-circuito a montante é uma informação que deve ser solicitada ao distribuidor de energia.

$U_n$  - Tensão composta do lado da baixa tensão (V)

$S_{kQ}$  - Potência de curto-circuito do lado da alta tensão (kVA)

$m$  - Fator de carga (igual a 1,05, qualquer que seja a fonte – transformador ou gerador)

$R_Q = 0,100 X_Q$  e  $X_Q = 0,995 Z_Q$  (Conforme IEC 60909-0. Na falta de melhor informação do distribuidor)

$U_n$  - Tensão composta do lado da baixa tensão (V)

$S_{rr}$  - Potência estipulada do transformador (kVA)

$U_{kr}$  - Tensão de curto-circuito (%)

$m$  - Fator de carga (igual a 1,05)

**EN 60076-5:2006:** Transformadores de potência. Parte 5: Capacidade para resistir a curto-circuito.

Na ausência de melhor informação, poder-se-á considerar:  $R_r = 0,31 Z_r$  e  $X_r = 0,95 Z_r$

$X'_d$  - Reatância transitória (%)

$X_o$  - Reatância homopolar (%)

$U_o$  - Tensão nominal da instalação entre fase e neutro (V)

$S_{rG}$  - Potência estipulada do alternador (kVA)

#### iv. Cálculo da impedância de curto-circuito

##### • Impedância da rede a montante ( $Z_Q$ )

Com o conhecimento da potência de curto-circuito a montante é possível determinar a impedância equivalente dessa rede.

$$Z_Q = \frac{(m \times U_n)^2}{S_{kQ}}$$

##### • Impedância do transformador ( $Z_r$ )

Calcula-se a partir da tensão de curto-circuito ( $U_{kr}$ ), expressa em %.

$$Z_r = \frac{U_{kr}}{100} \times \frac{(m \times U_n)^2}{S_{rr}}$$

A norma EN 60076-5 define as tensões de curto-circuito para transformadores de potência. A *Tabela 24* indica os valores das tensões de curto-circuito para os transformadores de distribuição mais usuais.

Tabela 24. Tensão de curto-circuito de transformadores de distribuição

Potência (kVA)	≤ 630	800	1000	1250	1600	2000
Tensão de curto-circuito (%)	4	5	5	5	6	6

A resistência e reatância dos transformadores deve ser indicada pelos fabricantes.

##### • Impedância do alternador

Calcula-se a partir do conhecimento das reatâncias do alternador, expressas em %.

$$X'_d = \frac{X'_d}{100} \times \frac{(U_n)^2}{S_{rG}}$$

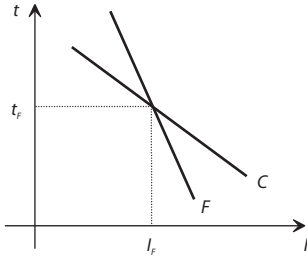


Figura 17. Coordenação entre as características  $I(t)$  do fusível e dos condutores por ele protegidos

C - Curva  $I(t)$  correspondente à solicitação térmica admissível nos condutores protegidos  
 F - Curva  $I(t)$  de fusão do fusível (limite superior da zona de funcionamento)

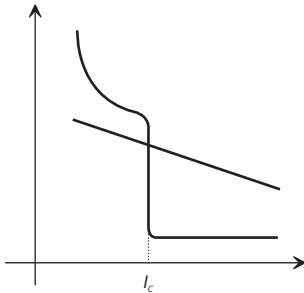
## ii. Utilização de disjuntores

Devem verificar-se, simultaneamente, as condições seguintes:

### 1. Corrente de curto-circuito mínima não deve ser inferior a $I_a$

$$I_{cc\min} \geq I_a$$

A Figura 18 mostra a coordenação entre as características  $I(t)$  do disjuntor e dos condutores por ele protegidos.



C - Curva  $I(t)$  correspondente à solicitação térmica admissível nos condutores protegidos  
 D<sub>1</sub> - Curva  $I(t)$  de funcionamento do disjuntor

Figura 18. Coordenação entre as características  $I(t)$  do disjuntor e dos condutores por ele protegidos

### 2. Corrente de curto-circuito presumida no ponto de instalação do disjuntor inferior a $I_b$

$$I_{cc\max} \leq I_b$$

A Figura 19 mostra a coordenação entre as características  $I^2(t)$  do disjuntor e dos condutores por ele protegidos.

industrial de 50 Hz, é possível desprezar, para as mais baixas secções, os efeitos da indutância, capacitância e pelicular, considerando-se assim os condutores como resistências puramente hómicas.

$Z$  - Impedância ( $\Omega$ )

$R$  - Resistência ( $\Omega$ )

$X_L$  - Reatância ( $\Omega$ )

$Y$  - Admitância (S)

$G$  - Perditância (S)

$B_C$  - Susceptância capacitiva (S)

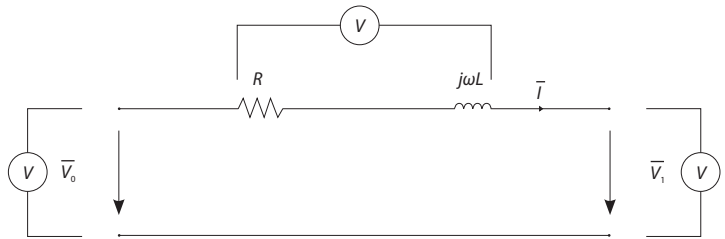
Assim:

$$\bar{Z} = R + jX_L \cong R$$

$$\bar{Y} = G + jB_C \cong 0$$

- Tomar-se-á uma temperatura do condutor igual à máxima admissível em regime permanente.

Considerando um circuito conforme o representado na *Figura 20*.



*Figura 20. Circuito monofásico RL*

Para o recetor, a queda de tensão que importa observar é a diferença entre os valores absolutos das tensões à partida e à chegada da rede, isto é,

$$|\bar{U}_0| - |\bar{U}_1|$$

$U_0$  - Tensão à partida (V)

$U_1$  - Tensão à chegada (V)

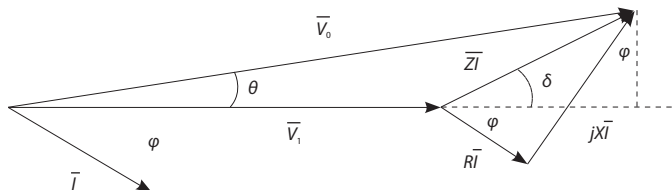
Da *Figura 20* depreende-se que, atendendo à desigualdade triangular, a diferença entre as leituras dos voltímetros  $V_0$  e  $V_1$  há de ser menor que a indicação do voltímetro  $V_z$ . Daí que esta tensão não interesse muito para o objetivo em vista, isto é, o do dimensionamento do cabo.

Seja:

$$\bar{V}_0 = (R + jX) \bar{I} + \bar{V}_1 \qquad \bar{I} = I e^{-j\varphi} = I \cos\varphi - j I \sin\varphi$$

$$\bar{V}_0 = RI \cos\varphi - jRI \sin\varphi + jXI \cos\varphi - XI \sin\varphi + V_1$$

$$\bar{V}_0 = (RI \cos\varphi - XI \sin\varphi + V_1) + j(XI \cos\varphi - RI \sin\varphi)$$





$$V_1 = V_0 \cos\theta - ZI \cos\delta$$

$$\operatorname{sen}\theta = \frac{ZI}{V_0} \operatorname{sen}\delta \qquad \cos\theta = 1 - \sqrt{\left(\frac{ZI}{V_0} \operatorname{sen}\delta\right)^2}$$

$$V_1 = V_0 = \sqrt{1 - \underbrace{\left(\frac{ZI}{V_0} \operatorname{sen}\delta\right)^2}_K} - ZI \cos\delta$$

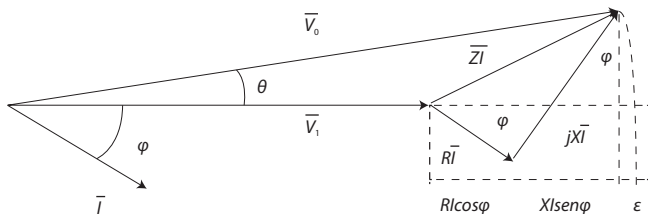
Aplicando o teorema de Taylor ao desenvolvimento da raiz, resulta que:

$$\sqrt{1+k} = 1 + \frac{1}{2}k - \frac{1}{8}k^2 + \frac{1}{16}k^3 - \frac{1}{128}k^4 + \dots$$

$$V_0 - V_1 = ZI \cos\delta + \frac{(ZI \operatorname{sen}\delta)^2}{2V_0} + \frac{(ZI \operatorname{sen}\delta)^4}{8V_0^3} + \frac{(ZI \operatorname{sen}\delta)^6}{16V_0^5} + \frac{5 \times (ZI \operatorname{sen}\delta)^8}{128V_0^7} + \dots$$

$$V_0 - V_1 = RI_a + XI_r + \underbrace{\frac{(XI_a - RI_r)^2}{2V_0} + \frac{(XI_a - RI_r)^4}{8V_0^3} + \frac{(XI_a - RI_r)^6}{16V_0^5} + \frac{5 \times (XI_a - RI_r)^8}{128V_0^7} + \dots}_{\epsilon}$$

Com  $I_a = I_{\cos\varphi}$  e  $I_r = I_{\operatorname{sen}\varphi}$



Para correntes em atraso relativamente à tensão,  $\varphi$  positivos, e tendo em consideração que a queda de tensão máxima terá um valor pequeno, imposto pelos regulamentos técnicos, os termos não-lineares de  $I$  são desprezáveis face aos termos lineares.

Quando a corrente se encontra em avanço, cargas capacitivas, nada se pode dizer acerca da transcurabilidade dessas parcelas.

A fórmula:

$$\Delta V = R \times I_a + R \times I_r,$$

Dá-nos valores bastante aproximados, fixando já os dois primeiros algarismos significativos.

- $\Delta V$  - Queda de tensão (V)
- $R$  - Resistência ( $\Omega$ )
- $I_a$  - Corrente ativa (A)
- $X$  - Reatância ( $\Omega$ )
- $I_r$  - Corrente reativa (A)

A ordenada máxima passa a ser obviamente 1.

A Figura 23 representa o diagrama normalizado  $I_N(t)$  que resulta do precedente dividindo-o por  $I_{máx}$ .

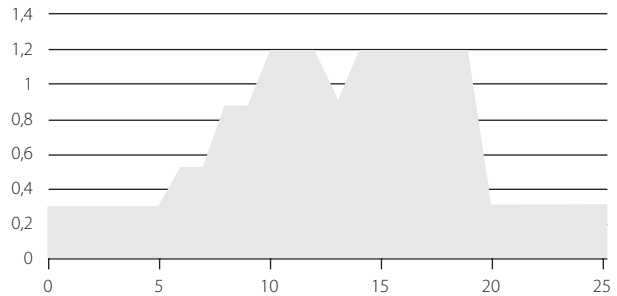


Figura 23. Diagrama de carga normalizado  $I_N(t)$

Como se trata da elevação ao quadrado de valores quando muito iguais a 1 virá mais cavado.

A Figura 24 corresponde ao diagrama  $I_N^2(t)$ .

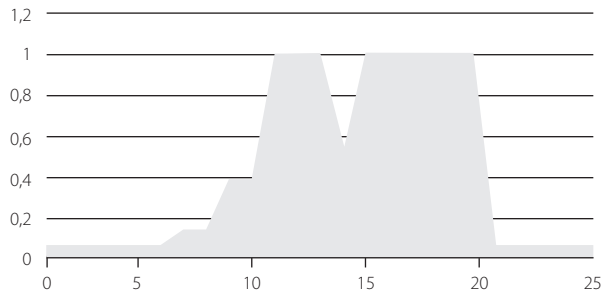


Figura 24. Diagrama de carga normalizado  $I_N^2(t)$

Assim, a expressão anterior virá:

$$T = \int_0^{8760} I_N^2(t) dt$$

Se o fator de carga for conhecido e puder ser assumido constante durante a vida económica da canalização, então o número de horas de utilização das perdas é referido ao período de 8760 h (1 ano).

A estimativa deste valor vem normalmente dada através da fórmula:

$$T = \mu \times 8760$$

Número de horas de utilização das perdas (T)

T - Número de horas de utilização das perdas

$\mu$  - Fator de carga das perdas

$$\mu = p \times f_c + (1 - p) \times f_c^2$$

$f_c$  - Fator de carga

p - Coeficiente igual a 0,3 - redes de transporte, e igual a 0,2 - redes de distribuição (IEEE, 1990)

Vindo:

$$CE_a = F \times R \times L \times I_{Máx}^2$$

### Função custo total

A função custo total virá então com a forma:

$$C_T = C_I \times C_E$$

$$C_T = C_I + I_{Máx}^2 \times R \times L \times F$$

## 7.3. Cálculo das secções económicas dos condutores

### 7.3.1. Secção económica de um condutor para uma dada carga

A secção económica é a que tem uma secção transversal que minimiza a função custo total:

$$C_T = C_I \times C_E$$

$$C_T = C_I + I_{Máx}^2 \times R \times L \times F$$

Admitindo um custo de investimento dado por:

$$C_I = (A \times S + C) \times L$$

A secção económica virá dada pela fórmula:

$$S_{ec} = 1000 \times I_{Máx} \times \sqrt{\frac{F \times \rho_{20} \times [1 + \alpha_{20} \times (\theta_m - 20)]}{A}}$$

A secção económica será normalizada para o valor comercial mais próximo.

### 7.3.2. Gammas económicas de corrente para diferentes cabos empregados

Todos os condutores tem uma faixa económica de correntes para dadas condições de instalação. Os limites superior e inferior da faixa económica para um condutor de determinada secção são dados por:

$CE_a$  - custo de N anos de exploração da instalação, referidos ao início do empreendimento, isto é, atualizados

$I_{max}$  - corrente de pico do diagrama (A)

$R$  - resistência CA por unidade de comprimento ( $\Omega/m$ )

$L$  - comprimento da canalização (m)

$N_p$  - número de condutores sob idênticas condições

$F$  - Variável auxiliar

$C_T$  - custo total

$C_I$  - custo de investimento

$CE$  - custo de exploração

$I_{max}$  - corrente de pico do diagrama (A)

$R$  - resistência CA por unidade de comprimento ( $\Omega/m$ )

$L$  - comprimento da canalização (m)

$F$  - variável auxiliar

$C_T$  - Custo total (€)

$C_I$  - Custo de investimento (€)

$C_E$  - Custo de exploração (€)

$I_{max}$  - Corrente de pico do diagrama (A)

$R$  - Resistência CA por unidade de comprimento ( $\Omega/m$ )

$L$  - Comprimento da canalização (m)

$F$  - Variável auxiliar

$C_I$  - Custo de investimento (€)

$A$  - Componente variável do custo, relacionada com a secção do condutor ( $\text{€/m.mm}^2$ )

$S$  - Área da secção transversal do cabo ( $\text{mm}^2$ )

$C$  - Componente constante do custo, não afetada pela secção do condutor ( $\text{€/m}$ )

$L$  - Comprimento da canalização (m)

$S_{ec}$  - Secção económica ( $\text{mm}^2$ )

$I_{max}$  - Corrente de pico do diagrama (A)

$A$  - Componente variável do custo, relacionada com a secção do condutor ( $\text{€/m.mm}^2$ )

$F$  - Variável auxiliar

$\rho_{20}$  - Resistividade a 20 °C

$\alpha$  - Coeficiente de termoresistividade (K-1)

$\theta_m$  - Temperatura média do condutor (°C)

$S$  - Potência aparente transportada pelo condutor (VA)

$U_c$  - Tensão composta (V)

$I_b$  - Corrente do circuito (A)

$I_b$  - Corrente do circuito (A)

$I_h$  - Valor eficaz da corrente de ordem harmónica  $h$  (A)

$I_1$  - Valor eficaz da componente fundamental da corrente (A)

$THD$  - Total Harmonic Distortion (Taxa Distorção Harmónica)

$I_1$  - Valor eficaz da componente fundamental da corrente (A)

$I_h$  - Valor eficaz da corrente de ordem harmónica  $h$  (A)

$THD$  - Total Harmonic Distortion (Taxa Distorção Harmónica)

$I_1$  - Valor eficaz da componente fundamental da corrente (A)

$I_b$  - Corrente do circuito (A)

$THD$  - Total Harmonic Distortion (Taxa Distorção Harmónica)

$I_1$  - Componente fundamental da corrente (A)

$I_b$  - Corrente do circuito (A)

$P$  - Potência transportada pelo condutor (W)

$U_c$  - Tensão composta (V)

$I_1$  - Componente fundamental da corrente (A)

$L$  - Comprimento do condutor (m)

$\cos\varphi$  - Fator de potência da instalação

$p$  - Perdas nos condutores (W)

$I_b$  - Corrente do circuito (A)

$m$  - Relação entre as secções de fase e neutro

$$m = \frac{S_f}{S_n}$$

$I_n$  - Corrente no condutor de neutro (A)

$$I_n = 3 \times \sqrt{I_3^2 + I_6^2 + I_9^2 + \dots}$$

Perdas percentuais (Pr)

Pr - Perdas percentuais nos condutores (%)

### 7.3.3.3. Circuito trifásico não-linear, equilibrado, com valores conhecidos de corrente do circuito ( $I_b$ ) e de taxa de distorção harmónica (THD)

A potência aparente transportada por um circuito é dada por:

$$S = \sqrt{3} \times U_c \times I_b$$

Onde a corrente do circuito é definida por:

$$I_b = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} I_h^2} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots}$$

Sendo a taxa de distorção harmónica definidas por:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} I_h^2}}{I_1}$$

A corrente do circuito pode ser definida por:

$$I_b = I_1 \times \sqrt{1 + THD^2}$$

A componente fundamental da corrente do circuito pode ser expressa por:

$$I_1 = \frac{I_b}{\sqrt{1 + THD^2}}$$

Admitindo baixa distorção da tensão, o que é razoável, a potência ativa transportada terá por expressão:

$$P = \sqrt{3} \times U_c \times I_1 \times \cos\varphi$$

Desprezando os efeitos pelicular e de proximidade, as perdas nos condutores, incluindo o condutor neutro, será:

$$p = (3 \times I_b^2 \times m \times I_n^2) \times r \times L$$

## NOTA COMPLEMENTAR 3.

### Competência das pessoas de acordo com as Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão

De acordo com as Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão quanto à sua competência as pessoas dividem-se nos seguintes tipos:

- Pessoas comuns (pessoas do público);
- Crianças;
- Pessoas incapacitadas;
- Pessoas instruídas (pessoas prevenidas);
- Pessoas qualificadas.

Pessoas não qualificadas nem instruídas.  
Esta definição equivale à condição de influência externa BA1.

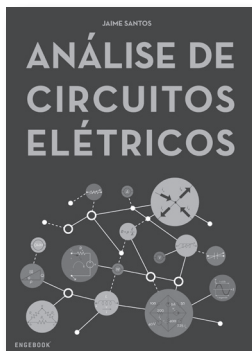
Crianças em locais que lhes são destinados.  
Esta definição equivale à condição de influência externa BA2.

Pessoas que não disponham de todas as suas capacidades físicas ou intelectuais.  
Esta definição equivale à condição de influência externa BA3.

Pessoas suficientemente informadas ou supervisionadas por pessoas qualificadas para lhes permitir evitar os perigos que possam advir da eletricidade.  
Esta definição equivale à condição de influência externa BA4.

Pessoas possuindo conhecimentos técnicos ou experiência suficiente que lhes permita evitar os perigos que possam advir da eletricidade.  
Esta definição equivale à condição de influência externa BA5.

**ENGEBOOK<sup>®</sup>**  
**ELETRÓTECNIA**



### **Análise de Circuitos Eléctricos**

ISBN: 9789897231865

Autor: Jaime Santos

Editora: Publindústria

Idioma: Português

Data de Edição: 2016



### **Instalações Eléctricas de Baixa Tensão – Dimensionamento e Protecção de Canalizações Eléctricas**

ISBN: 9789897230752

Autores: António Gomes,  
Henrique da Silva, José António Carvalho

Editora: Publindústria

Idioma: Português

Data de Edição: 2015



### **Trabalhos em Tensão**

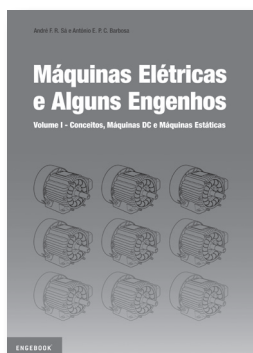
ISBN: 9789897232060

Autor: Fernando Jorge Pita

Editora: Publindústria

Idioma: Português

Data de Edição: 2017



### **Máquinas Eléctricas e Alguns Engenhos – Volume I**

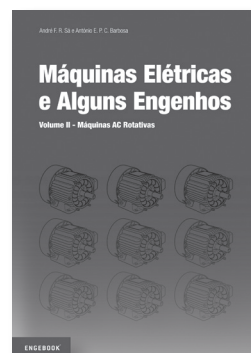
ISBN: 9789897231988

Autores: André Sá, António Barbosa

Editora: Publindústria

Idioma: Português

Data de Edição: 2016



### **Máquinas Eléctricas e Alguns Engenhos – Volume II**

ISBN: 9789897232022

Autores: André Sá, António Barbosa

Editora: Publindústria

Idioma: Português

Data de Edição: 2016



Publindústria, Edições Técnicas  
Porto, 2017



# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

## Dimensionamento e Proteção de Canalizações Elétricas

### SOBRE O LIVRO

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia eletrotécnica, bem como a técnicos responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas.

Pretende ser ainda uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, normativos e regulamentares sobre o dimensionamento e proteção de canalizações elétricas aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação nas quais sejam intervenientes, selecionar o tipo de canalização e o modo de instalação mais adequados, de forma a maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como os custos de execução e exploração das instalações.

### SOBRE OS AUTORES

#### António Augusto Araújo Gomes

Bacharel em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto. Licenciado e Mestre (pré-Bolonha) em Engenharia Eletrotécnica e Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor adjunto no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999. Coordenador de Obras na CERBERUS – Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999. Sócio da empresa Neutro à Terra – Gabinete de Engenharia Lda (2002 a 2006). Prestação de serviços de formação e/ou projeto e/ou assessoria e/ou consultoria no âmbito das instalações elétricas, telecomunicações, segurança, gestão de energia, eficiência energética, a diversas entidades, nomeadamente: NORVIA – Consultores de Engenharia, S.A.; Schumal – Engenharia e Serviços, Lda; ENERKO – Consultores de Engenharia. Lda; ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade; Quitérios – Fábrica de Quadros Elétricos, S.A.; IEP – Instituto Eletrotécnico Português; CENERTEC – Centro de Energia e Tecnologia; ANACOM – Autoridade Nacional das Telecomunicações; IDT – Instituto para o Desenvolvimento Tecnológico; EDV – Agência de Energia Entre Douro e Vouga.

#### Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica, ramo de Produção, Transporte e Distribuição de energia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e Mestre (pré-Bolonha) em Eletrónica Industrial pela Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

Professor Adjunto no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

#### José António Beleza Carvalho

Bacharel em Engenharia Eletrotécnica pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto, Mestre e Doutor em Engenharia Eletrotécnica na especialidade de sistemas de energia pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor Coordenador no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, desempenhando as funções de Diretor do Departamento. Integra a direção da Escola Tecnológica de Vale de Cambra como representante do Instituto Politécnico do Porto. É autor de vários artigos publicados em conferências nacionais e internacionais, diretor da revista neutro-à-terra e integrou vários júris de provas públicas de doutoramento e para a carreira do ensino superior.

### ENGEBOOK

Família: Eletrotecnia  
Subfamília: Instalações Elétricas

Também disponível em formato e-book



www.engebook.com

Com o apoio de:   

