

APONTAMENTOS PARA PROJECTO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS I

ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

L. Sousa Martins
Setúbal, Outubro de 2004

ÍNDICE

PREFÁCIO.....	iv
1 – INTRODUÇÃO.....	5
1.1 – OBJECTIVOS DO PROJECTO	5
1.2 – LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO	6
1.2.1 – Regulamentação Aplicável	6
1.2.2 – Alguns Aspectos Relevantes	7
1.3 – ORGANIZAÇÃO E PLANEAMENTO DOS PROJECTOS DE ELECTRICIDADE	9
1.3.1 - Tipos e Categorias das Instalações Eléctricas.....	9
1.3.2 - Fases do Projecto	10
2 – BALANÇO DE CARGAS	14
2.1 – CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	14
2.1.1 – Generalidades.....	14
2.1.2 – Potências Unitárias das Instalações de Utilização	15
2.1.3 – Coeficientes de Utilização e Simultaneidade	17
2.2 – POTÊNCIA INSTALADA E CONTRATADA	19
2.3 – MÉTODO DE CÁLCULO	20
3 – INSTALAÇÕES COLECTIVAS E ENTRADAS	22
3.1 – ESTRUTURA DAS INSTALAÇÕES COLECTIVAS	22
3.2 – QUADROS ELÉCTRICOS	26
3.2.1 – Características Gerais	26
3.2.2 – Tipos de Quadros e Constituição.....	26
3.3 – APARELHAGEM E EQUIPAMENTOS	29
3.3.1 - Características Gerais	29
3.3.2 – Aparelhagem de Manobra - Interruptores de Corte Geral	29

3.3.3 – Dispositivos de Protecção	30
4 – CANALIZAÇÕES ELÉCTRICAS	33
4.1 – GENERALIDADES	33
4.2 – TIPOS DE INSTALAÇÕES	34
4.2.1 – Canalizações Fixas com Condutores Protegidos por Tubos	34
4.2.2 – Canalizações Fixas com Cabos.....	36
4.2.3 – Canalizações Amovíveis	37
4.2.4 – Canalizações para Circuitos de Segurança	37
4.2.5 – Selecção do Tipo de Cabo e Condutor	37
4.3 – CÁLCULO DAS CANALIZAÇÕES ELÉCTRICAS	38
4.3.1 – Critérios Gerais	38
4.3.2 – Cálculo das Correntes de Serviço.....	40
4.3.3 – Cálculo das Quedas de Tensão.....	41
4.3.4 – Método de Cálculo das Secções dos Condutores	42
4.4 – SELECTIVIDADE DE PROTECÇÕES.....	44
4.5 – CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO	44
5 – PROTECÇÃO DE PESSOAS. TERRAS DE PROTECÇÃO.....	47
5.1 – GENERALIDADES	47
5.2 – PROTECÇÃO CONTRA CONTACTOS DIRECTOS	47
5.3 – PROTECÇÃO CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS	48
5.3.1 – Ligação das Massas à Terra	48
5.3.2 – Emprego de Disjuntores e Interruptores Diferenciais.....	48
5.4 – CONSTITUIÇÃO DOS CIRCUITOS DE TERRA	49
5.4.1. Estrutura.....	49
5.4.2 – Condutores de Terra e de Protecção	50
5.4.3 – Eléctrodos de Terra.....	51
6 – SISTEMAS DE PROTECÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	54
6.1 - INTRODUÇÃO.....	54

6.2 – CLASSIFICAÇÃO DOS EDIFÍCIOS E ESTRUTURAS	55
6.3 – PROTECÇÃO DIRECTA CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS	56
6.3.1 – Estrutura Geral	56
6.3.2 – Elementos Captadores	56
6.3.3 – Condutores de Ligação ao Eléctrodo de Terra	57
6.4 – PROTECÇÃO CONTRA SOBRETENSÕES	57
6.5 – DIMENSIONAMENTO	58
BIBLIOGRAFIA	60
ANEXO 1	61
A.1.1. Índices de Protecção (IP) em função da Classificação de Estabelecimento das Instalações Consoante o Ambiente do Local	61
A.1.2. Ficha de Identificação e Ficha Electrotécnica	62
ANEXO 2	65
A.2.1. Tabelas de Cabos	65

PREFÁCIO

Este texto, que resultou do ensino ministrado ao longo dos anos na Escola Superior de Tecnologia de Setúbal (ESTSetúbal), visa apresentar os critérios e técnicas para a análise e dimensionamento das Instalações Eléctricas de Utilização, com o nível apropriado aos cursos de bacharelato/licenciatura em Engenharia Electrotécnica.

Visa também dotar os alunos de conhecimentos mínimos que lhes permitam assumir no futuro o papel de técnicos responsáveis por Instalações Eléctricas, perante a Direcção Geral de Energia (DGE), em qualquer das funções: de Concepção, de Execução e de Exploração.

O projecto de Instalações Eléctricas de Utilização compreende a concepção e definição de um conjunto de sistemas e equipamentos cujo objectivo é a disponibilização da energia eléctrica ao nível da utilização de um determinado consumidor, quer seja em baixa tensão (400/230 V), quer seja em média tensão ($< 30\text{kV}$).

Nos Apontamentos para Projecto de Instalações Eléctricas I, apresentam-se os sistemas e equipamentos que utilizam a energia eléctrica em baixa tensão (400/230 V). Com particular incidência considera-se a elaboração do Projecto de Licenciamento para Instalações de Edifícios do tipo Residencial.

Apresentam-se os critérios para a determinação das potências instaladas e a contratar, e o tipo de estrutura de alimentação de energia eléctrica de um edifício residencial ou de uso profissional. Estuda-se também a constituição de quadros eléctricos e os critérios a adoptar para a selecção do equipamento eléctrico de protecção.

São igualmente apresentados os critérios para o estabelecimento e dimensionamento dos circuitos eléctricos. Referem-se nomeadamente os tipos e condições de montagem das canalizações eléctricas e o cálculo da secção dos condutores.

Nos Apontamentos para Projecto de Instalações Eléctricas II, serão referidos, em particular, os Postos de Transformação, os equipamentos para fornecimento de energia eléctrica em caso de falha da rede de distribuição pública, (grupos electrogéneos e unidades estáticas de alimentação de energia sem interrupção). Considerar-se-á em particular a elaboração do Projecto de Licenciamento para Instalações de Edifícios do tipo Industrial.

1 – INTRODUÇÃO

1.1 – OBJECTIVOS DO PROJECTO

De um modo geral, entende-se por projecto de **Instalações Eléctricas de um Edifício** o documento que:

- *"..... tem por objectivo o traçado e o dimensionamento das redes de canalizações e de condutores de energia eléctrica, incluindo acessórios e aparelhagem de manobra e protecção, indispensáveis ao funcionamento do equipamento da obra."*, (vidé Portaria 7/2/72 - Projectos de Obras Públicas).

As instalações que se designam genericamente por Instalações Eléctricas de Edifícios, podem repartir-se por várias especialidades, que se constituem num único projecto global ou em diferentes projectos específicos, como sejam:

- Projecto de **Instalações Eléctricas** que inclui: alimentação de energia eléctrica, quadros eléctricos, iluminação normal e de emergência, sinalização de saída, circuitos de tomadas e de força motriz, terras de protecção, sistemas de protecção contra descargas atmosféricas e também sistemas de intercomunicação vídeo de portaria;
- Projecto de **Postos de Seccionamento e Transformação**;
- Projecto de **Centrais de Emergência** (Produção de energia eléctrica);
- Projecto de **Infra-estruturas de Telecomunicações em Edifícios (TED)**; que inclui: instalações telefónicas e redes de dados, sistemas de captação e distribuição de sinal rádio e televisão, e eventualmente sistemas de som;
- Projecto de **Segurança Contra Incêndio**, que compreende a detecção de incêndio, a extinção fixa e portátil, e a compartimentação corta-fogo;
- Projecto de **Segurança Contra Intrusão** que compreende a detecção de intrusão, o controlo de acessos, Circuito Interno de TV (CCTV) entre outros.

Para melhor compreensão, refira-se que se entende, em sentido lato, por “**Edifício**” como todos os estabelecimentos cuja utilização seja uma ou várias das indicadas:

- Locais residenciais ou de uso profissional;
- Estabelecimentos recebendo público, destacando-se principalmente; Hospitais, Escolas, Estabelecimentos Comerciais e Edifícios de Uso Colectivo.

São de considerar também os tipos de utilização seguintes:

- Estabelecimentos de uso industrial;
- Estabelecimentos de uso agrícola.

1.2 – LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO

1.2.1 – Regulamentação Aplicável

A elaboração dos projectos de Instalações Eléctricas deve obedecer a um conjunto de normas e de regulamentos que passamos a enumerar:

- Regulamento de Segurança das Instalações de Utilização de Energia Eléctrica (RSIUEE) e Regulamento de Segurança das Instalações Colectivas de Edifícios e Entradas (RSICEE), ambos publicados no Dec.-Lei 740/74 e Dec.-Lei 303/76. Num futuro próximo estes Regulamentos serão substituídos por um novo regulamento, actualmente em aprovação pelo Governo Português, designado por “**Regras Técnicas**”;
- Regulamento de Subestações e Postos de Seccionamento e de Transformação (Dec.-Lei nº 42895, de 31.3.1960 e Dec. Reg. nº 14/77 e nº 56/85 e Portaria nº37/70);
- Regulamento de Redes de Distribuição de Baixa Tensão (Dec.-Reg. nº 90/84).

A elaboração dos projectos de instalações eléctricas, para além do cumprimento das normas Portuguesas (**NP**), das normas Europeias (**EN**) e dos Regulamentos referidos, devem atender às orientações e recomendações das entidades oficiais de licenciamento e empresas distribuidoras de energia eléctrica, concretamente:

- O Ministério de Economia - Direcção Geral de Energia (**DGE**);
- A Associação Certificadora de Instalações Eléctricas (**CERTIEL**).

- As empresas distribuidoras de energia eléctrica; EDP – Energias de Portugal, EDA - Electricidade dos Açores, EDM - Electricidade da Madeira.

1.2.2 – Alguns Aspectos Relevantes

Nos capítulos que se seguirão, sempre que oportuno, far-se-á referência aos Regulamentos e Artigos que se aplicam a cada caso na elaboração do projecto.

A título de informação, chama-se, desde já, a atenção para o **RSIUEE**, referindo-se em particular alguns artigos, que o compõem, nomeadamente:

I. **Instalações de baixa tensão. Definições.** No qual se destaca o Art. 83º referente à "Classificação dos locais das instalações".

II. **Características dos materiais das instalações**, no qual se destacam:

- Art. 106º "Características dos condutores", quanto ao seu emprego: Isolamento, Flexibilidade, Resistência às acções mecânicas, Resistência à corrosão, Blindagem eléctrica, Temperatura ambiente. Associando-se a cada tipo de cabo o código respectivo.
- Art. 111º "Características dos tubos e condutas", quanto ao seu emprego: Resistência às acções mecânicas, Estanquidade a líquidos, Flexibilidade, Resistividade eléctrica, Resistência à corrosão, Blindagem eléctrica, Temperatura ambiente. Associando-se um código a cada tipo de tubo.
- Art. 115º "Codificação dos invólucros dos aparelhos", no qual se mencionam os índices de protecção IP e IK.

No Anexo 1.1 apresenta-se uma tabela referente aos Índices de Protecção Mínimos em função da classificação de estabelecimento das instalações consoante o ambiente do local, extraída das normas NP EN 60 529 e NP EN 50 102.

- Art. 157º "Classes de protecção dos aparelhos de utilização contra contactos indirectos": refiram-se as classes: 0, 0I, I, II, III.

III. **Condições gerais de estabelecimento das instalações:**

- Art. 177º ao 278º "Canalizações eléctricas", referindo-se o seu estabelecimento, traçado e dimensões".

- Art. 299º ao 302º "Quadros", referindo-se á sua montagem.
- Art. 315º ao 352º "Aparelhos de utilização", referindo-se a aparelhos de iluminação , máquinas eléctricas, aparelhos de climatização, tomadas.
- Art. 353.º ao 358º "Instalações de emergência de segurança", referindo-se á sua alimentação e estabelecimento.

IV. Condições de estabelecimento das instalações consoante o ambiente local:

- Art. 359º ao 414º "Classificação dos locais". Em especial refira-se: os locais com risco de incêndio, tipos 1,2 e 3:
 - Tipo 1 - "Locais em que a probabilidade de se verificar um incêndio é elevada, sendo considerados como tais aqueles em que são trabalhadas, manuseadas ou armazenadas fibras inflamáveis, ou fabricados materiais produzindo poeiras, partículas leves ou gases combustíveis";
 - Tipo 2 - "locais em que a probabilidade de se verificar um incêndio é, em regra, pequena, mas, no caso de este se declarar, as suas consequências podem ser particularmente graves";
 - Tipo 3 - "locais em que deve ser assegurado o funcionamento dos respectivos circuitos, mesmo em caso de incêndio".

Os estabelecimentos recebendo público e os edifícios de grande altura são considerados do tipo 2 ou 3.

V. Condições de estabelecimento das instalações consoante a utilização do local.

- Art. 418.º e 419.º Potências mínimas e coeficientes de simultaneidade a considerar no dimensionamento das instalações de utilização. (serão referidos em particular, no Capítulo 2);
- Art. 420 º ao Art. 426.º Número de fases das instalações, corte geral de uma instalação de utilização, localização do quadro de entrada, queda de tensão admissível e secção nominal mínima dos condutores das canalizações (serão referidos em particular, no Capítulo 4);
- Art. 435º ao 441º Locais residenciais ou de uso profissional;
- Art. 442º ao 513º Estabelecimentos recebendo público.

- VI. **Protecção das instalações:** Sendo referidos os critérios para o estabelecimento das protecções das canalizações contra curto-circuitos e sobrecargas, tipo de aparelhos e selectividade (referências nos Capítulos 3 e 4).
- VII. **Protecção das pessoas** (referida no Capítulo 5):
- Protecção contra contactos directos; garantida pelo isolamento das instalações;
 - Protecção contra contactos indirectos; garantida pela ligação das massas à terra ou pela utilização de tensão reduzida inferior ou igual a 25 V.

1.3 – ORGANIZAÇÃO E PLANEAMENTO DOS PROJECTOS DE ELECTRICIDADE

1.3.1 - Tipos e Categorias das Instalações Eléctricas

No que se refere a licenciamento das instalações eléctricas podem distinguir-se dois tipos: as instalações de abastecimento (serviço) público e as instalações de serviço particular. Inserem-se neste último tipo as instalações de edifícios, que podem, por sua vez, classificar-se em diferentes categorias:

- ❑ **1ª Categoria:** Instalações de carácter permanente com produção própria. Por exemplo os grupos geradores de emergência;
- ❑ **2ª Categoria:** Instalações alimentadas por uma rede eléctrica pública de alta tensão. Estão nesta categoria as instalações que possuem postos de transformação;
- ❑ **3ª Categoria:** Instalações de baixa tensão não pertencentes à 1ª categoria, situadas em recintos públicos ou privados destinados a espectáculos ou outras diversões. Por exemplo, teatros, cinemas, casinos, circos, associações recreativas e desportivas, entre outras;
- ❑ **4ª Categoria:** Instalações com carácter permanente que ultrapassem os limites de uma propriedade particular, como por exemplo as instalações que incluam linhas aéreas de alta tensão de extensão superior a 500 m;
- ❑ **5ª Categoria:** Instalações que não pertençam a nenhuma das categorias anteriores e que sejam alimentadas em baixa tensão por uma rede de distribuição pública.

Os edifícios podem pertencer a uma única entidade, que se assume como consumidor único de energia eléctrica, ou a várias entidades constituindo fracções autónomas, como tal coexistindo diferentes consumidores de energia.

No primeiro caso, desde que a potência seja superior a um determinado valor, o distribuidor público obriga à existência de um posto de transformação próprio (PT Cliente – 2ª categoria). Esse valor depende das condições locais da rede de média tensão, sendo habitualmente superior a 160 kVA. No segundo caso as instalações são sempre alimentadas em baixa tensão (5ª categoria).

Um edifício pode ter instalações de diferentes categorias. Refira-se, a título de exemplo os edifícios de escritórios e os centros comerciais de grandes dimensões, nos quais existem várias entidades consumidoras de energia, podendo considerar-se que a instalação eléctrica é composta por:

- Consumidores autónomos (habitações, lojas, pequenos escritórios) constituindo uma 5ª categoria;
- Centrais de ar condicionado e outros serviços comuns, de valores de potência muito elevado, alimentadas por PT próprio constituindo uma 2ª categoria;
- Central produtora de energia eléctrica de emergência, constituindo uma 1ª categoria.

1.3.2 - Fases do Projecto

A evolução temporal da concepção do projecto de instalações eléctricas compreende várias fases de elaboração, que são função do grau de definição dos objectivos e constituição das instalações e equipamentos.

As fases que, no limite, se podem considerar são:

- ❑ Programa preliminar;
- ❑ Estudo prévio;
- ❑ Anteprojecto ou projecto base;
- ❑ Projecto de licenciamento;
- ❑ Projecto de execução;
- ❑ Assistência técnica.

A aceitação de todas estas fases em determinado projecto, está sempre condicionada a acordo prévio com a entidade promotora desse mesmo projecto, isto é, o **Dono da Obra**.

- I. O **programa preliminar** constitui um documento no qual são definidos pelo dono da obra os objectivos, características orgânicas e funcionais, condicionalismos financeiros, custos e prazos de execução a observar na concepção de projecto. Este documento pode conter também as seguintes informações especiais:
 - Ordem de grandeza das capacidades dos diferentes equipamentos;
 - Localização dos equipamentos, edifícios e instalações necessárias ao seu funcionamento.
- II. O **estudo prévio** constitui um documento elaborado pelo autor do projecto com base no programa preliminar, no qual são definidas de um modo geral, as soluções preconizadas para a realização da obra. Inclui:
 - Memória descritiva com a descrição geral das instalações;
 - Elementos gráficos elucidativos das soluções propostas;
 - Dimensionamento aproximado dos principais equipamentos;
 - Localização dos principais equipamentos, por exemplo; postos de transformação , centrais de emergência;
 - Pré-avaliação de potências eléctricas;
 - Estimativa de custo da obra;
- III. O **anteprojecto ou projecto base** constitui o desenvolvimento do estudo prévio, após aprovação pelo dono da obra, apresentando com maior grau de pormenor alguns aspectos da solução ou soluções alternativas. É composto por:
 - Peças escritas que descrevam as soluções adoptadas;
 - Plantas a escala apropriada com a implantação de aparelhagem e equipamentos, por exemplo; aparelhos de iluminação, tomadas, quadros eléctricos e equipamentos específicos;
 - Eventualmente, estudos técnico-económicos que suportem as soluções apresentadas.

IV. O projecto de licenciamento constitui um documento elaborado pelo autor do projecto a partir do estudo prévio ou do anteprojecto aprovado pelo dono da obra, que se destina à obtenção de licença de construção e ligação à rede pública de distribuição de energia, e que será apreciado pelas entidades competentes para verificação do cumprimento das disposições regulamentares, e de toda a legislação aplicável. Inclui:

- Memória descritiva e justificativa com a descrição geral das instalações e apresentação dos cálculos de dimensionamento dos circuitos de alimentação;
- Plantas à escala apropriada (tipicamente 1/100), com o traçado de circuitos e a implantação de aparelhagem e equipamentos;
- Cortes e alçados à escala 1/20 com implantação de equipamento, (postos de transformação e grupos de emergência);
- Esquemas unifilares de quadros eléctricos e diagramas de princípio;
- Fichas Electrotécnica e de Identificação (Anexo 1.2) e termo de responsabilidade.

V. O projecto de execução constitui um documento elaborado pelo autor do projecto a partir do projecto de licenciamento aprovado, que se destina a constituir um processo a apresentar a concurso para adjudicação da empreitada de execução dos trabalhos. Inclui:

- Caderno de encargos;
- Memória descritiva com a descrição geral das instalações;
- Plantas à escala apropriada (tipicamente 1/100), com o traçado de circuitos e a implantação de aparelhagem e equipamentos;
- Cortes e alçados à escala 1/20 com implantação de equipamento, (postos de transformação e grupos de emergência);
- Esquemas unifilares de quadros eléctricos e diagramas de princípio;
- Listas de medições e de orçamento.

VI. A fase de assistência técnica corresponde à prestação de serviços complementares, no acompanhamento do processo de concurso e adjudicação, e durante a execução da obra.

➤ Durante o processo de concurso:

- Preparação do concurso para adjudicação da empreitada;
- Prestação de esclarecimentos e informações solicitados por candidatos;
- Avaliação das propostas, estudo, comparação de preços e prazos de execução e capacidade técnica dos candidatos à execução da obra;

➤ Durante a execução da obra:

- Esclarecimentos de dúvidas de interpretação e prestação de informações complementares relativas a ambiguidades e omissões de projecto;
- Avaliação de documentos técnicos apresentados pelos empreiteiros;
- Assistência ao dono da obra na verificação da qualidade dos materiais e da execução dos trabalhos, fornecimento e montagem dos equipamentos e instalações.

A assistência técnica não abrange normalmente a direcção, administração e fiscalização da obra.

2 – BALANÇO DE CARGAS

2.1 – CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

2.1.1 – Generalidades

O balanço de cargas de uma instalação de utilização de energia eléctrica consiste na listagem das potências previstas para os diferentes consumidores e utilizadores dessa instalação. Como tal constitui um elemento base para o correcto dimensionamento e definição da concepção dessa mesma instalação, nomeadamente na avaliação do tipo de alimentação de energia eléctrica (opção entre média ou baixa tensão), no valor da potência a contratar, no tipo de redes de distribuição a considerar.

A obtenção do balanço de cargas é baseada em diversos parâmetros dos quais se refere:

- O tipo e função do consumidor ou utilizador;
- A área útil de utilização (excluem-se os compartimentos de área inferior a 4 m², as cozinhas, as casas de banho e os corredores);
- As potências previstas para as diferentes cargas;

Nas instalações de edifícios, quer os destinados a habitação, quer os destinados a serviços (escritórios, hotéis, hospitais, escolas, estabelecimentos comerciais), são normalmente desconhecidos o tipo, as características e a potência dos receptores que estarão ligados aos circuitos de utilização. Também o modo como a instalação será explorada, poderá ser relativamente desconhecido.

Estes aspectos levam-nos a estabelecer alguns critérios que nos permitam determinar a potência das instalações de utilização eléctrica, com base em valores estimados como sejam:

- Determinação da potência previsível da instalação tendo por base rácios de potência por unidade de área (VA/m²);
- A assumpção de determinado tipo de funcionamento, ponderando os valores de potência pelo recurso a coeficientes de utilização e de simultaneidade.

2.1.2 – Potências Unitárias das Instalações de Utilização

A determinação da potência previsional de uma instalação passa pela definição de rácios de potência por unidade de área (VA/m^2) que são função do tipo de utilização da instalação.

Na tabela 2.1 são apresentados, as potências mínimas a considerar no dimensionamento das instalações de uso residencial ou profissional, e na tabela 2.2 os valores mínimos admissíveis para os circuitos de iluminação e tomadas, para edifícios recebendo público.

Tabela 2.1: Edifícios Residenciais - Potências unitárias (RSIUEE - Art. 435º).

Tipo de Instalação	Potência unitária
Iluminação e tomadas de usos gerais	25 VA/m^2
Instalações fixas ou não de climatização ambiente eléctrica	80 VA/m^2
Máquinas de lavar ou secar	3,3 kVA
Cozinha eléctrica em habitações	
- até 3 divisões (T2)	3 kVA
- 4 divisões (T3)	4 kVA
- 5 divisões (T4)	5 kVA
- mais de 5 divisões	8 kVA
Aquecimento eléctrico de águas para habitações	
- até 3 divisões (T2)	1,5 kVA
- 4 divisões (T3)	2 kVA
- 5 (T4) e mais divisões	3 kVA

Constata-se, por um lado, que esses valores regulamentares são, por vezes, largamente ultrapassados, e por outro, que esses mesmos regulamentos são omissos quanto a rácios ou estimativas de potência para outro tipo de consumidores relativamente frequentes nos edifícios actuais como sejam: sistemas de ar condicionado e ventilação, elevadores, bombagem de águas de incêndio, etc. Por esse motivo apresenta-se a tabela 2.2, que tem

por base o Quadro XIV do Artigo 418.^o de RSIUEE, mas na qual se faz igualmente referência a valores recomendados pela boa prática de projecto.

Tabela 2.2: Edifícios Recebendo Público – Potências unitárias e coeficientes de simultaneidade.

Tipo de Instalação	Potência unitária (mín. regulamentar)	Potência unitária (Recomendado)	Coeficiente de simultaneidade
Escritórios			
< 1000 m ²	30 VA/m ²	60 VA/m ²	1
> 1000 m ²	30 VA/m ²	60 VA/m ²	0,75
Escolas	30 VA/m ²	40 VA/m ²	1
Locais de Culto, Bibliotecas, Museus	10 VA/m ²	25 VA/m ²	1
Hospitais			
< 2500 m ²	20 VA/m ²	40 VA/m ²	0,4
> 2500 m ²	20 VA/m ²	40 VA/m ²	0,3
Hotéis			
< 1000 m ²	20 VA/m ²	3500 VA/quarto	0,5
> 1000 m ² e < 4000 m ²	20 VA/m ²	4000 VA/quarto	0,4
> 4000 m ²	20 VA/m ²	4000 VA/quarto	0,3
Restauração	20 VA/m ²	200 VA/m ²	1
Comércio	20 VA/m ²	40 VA/m ²	1
Armazéns			
< 1000 m ²	4 VA/m ²	10 VA/m ²	1
> 1000 m ²	4 VA/m ²	10 VA/m ²	0,75
Garagens / Estacionamento	4 VA/m ²	10 VA/m ²	1
Sistemas de Ventilação		25 VA/m ²	1

2.1.3 – Coeficientes de Utilização e Simultaneidade

Os resultados globais na determinação da potência de uma instalação, devem ser ponderados por coeficientes de utilização ***Ku*** e por coeficientes de simultaneidade ***Ks***:

- O coeficiente de utilização ***Ku***, caracteriza o regime de funcionamento de um receptor, estabelecendo a relação entre a potência que se presume utilizada e a potência nominal instalada;
- O coeficiente de simultaneidade ***Ks***, caracteriza o regime de funcionamento de uma instalação.

Por exemplo, uma central de ar condicionado poderá ser genericamente constituída por: Gerador de água fria (Chiller); Gerador de água quente (Caldeira); Bombas de circulação de água (uma em funcionamento, uma segunda em stand-by e uma terceira de reserva). Como facilmente se perceberá, não há coincidência de utilização das diferentes cargas eléctricas associadas aos equipamentos referidos. Assim haverá lugar à definição de um coeficiente de utilização.

Quanto a outro tipo de cargas, por exemplo, circuitos de iluminação, circuitos de tomadas ou de força motriz, coloca-se o problema da simultaneidade de funcionamento da parcialidade ou da globalidade dos circuitos, havendo lugar, nestes casos, à definição de coeficientes de simultaneidade parciais e globais.

A utilização, quer dos valores unitários previsíveis de potência, quer dos coeficientes de simultaneidade, deverá ser considerada unicamente como orientação, não dispensando uma análise crítica a cada situação particular. Note-se que, em qualquer caso, deverão garantir-se sempre os mínimos de potência impostos pelos regulamentos.

Receptores e utilizadores de energia eléctrica

Na tabela 2.3 apresentam-se os valores de coeficientes de simultaneidade para receptores e utilizadores de energia eléctrica no geral.

Colunas montantes

Na tabela 2.4 apresentam-se coeficientes de simultaneidade a considerar no dimensionamento de colunas montantes de edifícios de uso residencial (habitação), conforme Art. 25º do RSICEE. (Regras 803.2.4.3.2)

Tabela 2.3: Coeficientes de simultaneidade

Tipo de Receptores	Coef. simultaneidade Ks
Instalações de iluminação	1
Instalações de tomadas	$0,1 + 0,9/N$ (N = nº de circuitos de tomadas)
Inst. de aquecimento eléctrico	1
Ar condicionado	1
Aparelhos de cozinha	0,7
Elevadores:	
- Motor de maior potência	1
- Motor seguinte	0,75
- Outros motores	0,60

Tabela 2.4: Coeficientes de simultaneidade para colunas montantes

Nº de instalações de utilização situadas a jusante	Coeficientes de simultaneidade
Até 4	1,00
5 a 9	0,75
10 a 14	0,56
15 a 19	0,48
20 a 24	0,43
25 a 29	0,40
30 a 34	0,38
35 a 39	0,37
40 a 49	0,36
≥ 50	0,34

Para colunas alimentando outras instalações de utilização, que não sejam destinadas a uso residencial, deverá utilizar-se o coeficiente de simultaneidade 1.

Estes coeficientes são aplicados ao cálculo das potências totais previsíveis de uma instalação ou de um determinado quadro eléctrico, mas não podem ser usados no dimensionamento de cabos de alimentação de um dado receptor.

Redes de distribuição pública

No caso das redes de distribuição pública o coeficiente de simultaneidade a utilizar K_s é calculado com base na fórmula

$$K_s = 0,15 + \frac{0,85}{\sqrt{N}} \quad (2.1)$$

onde N representa o número de instalações alimentadas.

Na tabela 2.2 já referida apresenta-se para além da listagem das potências mínimas regulamentares e das potências recomendadas para o tipo de cargas mais comum, os coeficientes de simultaneidade para cada um dos diferentes consumidores, em edifícios recebendo público.

2.2 – POTÊNCIA INSTALADA E CONTRATADA

A determinação da **potência instalada** é efectuada pelo cálculo de potência previsível afectada pelo coeficiente de simultaneidade, como se refere no ponto anterior, desde que não se conheça realmente a potência de todos os receptores instalados.

A **potência contratada** corresponde à potência efectivamente disponibilizada pelo distribuidor público de energia eléctrica, sendo de considerar dois casos distintos:

- Nas instalações de **5ª categoria** a potência contratada, expressa em **kVA**, corresponderá à potência instalada ajustada ao valor da potência contratual, conforme consta do Tarifário em vigor;
- Nas instalações de **2ª categoria** a potência contratada, expressa em **kW**, corresponderá à potência instalada ponderada de um factor de utilização e do factor de potência previsível para a instalação.

Os valores da potência contratual para a baixa tensão (**5ª categoria**) são:

- 3,45 kVA (15 A / 230 V), 6,9 kVA (30 A / 230 V) e 10,35 kVA (45 A / 230 V), com alimentação monofásica e contagem de energia directa, sendo a entrada equipada com disjuntor diferencial de corte de entrada, opção de tarifa simples ou bi-horária;
- 10,35 kVA (15 A / 400 V), 13,8 kVA (20 A / 400 V), 17,25 kVA (25 A / 400 V) e 20,7 kVA (30 A / 400 V), com alimentação trifásica, contagem directa e disjuntor

diferencial de entrada, opção de tarifa simples ou bi-horária;

- 27,6 kVA (40 A / 400 V), 34,5 kVA (50 A / 400 V) e 41,4 kVA (60 A / 400 V), e superiores, com alimentação trifásica e contagem indirecta, opção de tarifa bi-horária ou tri-horária.

No cálculo das instalações colectivas e entradas, nos locais de habitação ou edifícios residenciais, não devem ser consideradas potências nominais inferiores às seguintes (Regras Técnicas, Parte 8 / Secção 803.2.4.3.1):

- | | |
|---------------------------------------------|------------|
| ▪ Em locais de um compartimento | 3,45 kVA; |
| ▪ Em locais de dois a seis compartimentos | 6,90 kVA; |
| ▪ Em locais com mais de seis compartimentos | 10,35 kVA. |

No caso das instalações de média tensão (2ª categoria), a potência instalada corresponde à potência nominal do posto de transformação. O tarifário em vigor prevê que se possa contratar até 50% da potência instalada, expressa em kW.

Atenda-se a que a potência contratual dependerá em última análise do utilizador e, concretamente, do tipo de exploração que este entenda assumir na sua instalação. Em qualquer circunstância é sempre possível rever o valor do contrato de fornecimento de energia desde que não se ultrapasse o valor da potência instalada. É no entanto o valor da potência instalada que condiciona todo o dimensionamento da instalação.

De referir também a capacidade relativa de sobrecarga das redes eléctricas e dos transformadores de potência, que se admite durante curtos lapsos de tempo. Esta propriedade dos equipamentos permite absorver ultrapassagens de potência relativamente aos valores de dimensionamento das instalações, por períodos de tempo da ordem da hora.

2.3 – MÉTODO DE CÁLCULO

Em síntese pode estabelecer-se o método de cálculo seguinte:

- I. Numa fase inicial, que podemos designar por estudo prévio, a Arquitectura disponibiliza a definição dos espaços quanto a áreas e tipo de utilização. De posse destes elementos define-se um balanço de cargas previsional na base dos rácios de potência por unidade de área e dos coeficientes de simultaneidade, obtendo-se uma pré-avaliação da potência global da

instalação. O balanço de cargas previsional permite uma pré-definição das redes eléctricas, nomeadamente na definição do tipo de alimentação, se em baixa, se em média tensão, e do valor da potência instalada.

- II. Numa segunda fase, coincidindo com a evolução da Arquitectura no sentido duma definição e caracterização final dos espaços, serão definidos os diferentes tipos de utilizadores (fracções autónomas e/ou cargas específicas). Nesta fase corrigem-se os valores previsionais de potência anteriormente obtidos e determinam-se as potências instaladas por consumidor, corrigidas ao valor de potência contratual mais próxima, no caso das fracções autónomas. Obtém-se dados sobre as potências de equipamentos específicos como sejam:
- Centrais de ar condicionado;
 - Sistemas de ventilação;
 - Centrais de bombagem de águas;
 - Elevadores, etc.

3 – INSTALAÇÕES COLECTIVAS E ENTRADAS

3.1 – ESTRUTURA DAS INSTALAÇÕES COLECTIVAS

A escolha do tipo e modo de alimentação de energia eléctrica a um consumidor específico depende de diversos factores, entre os quais são de referir: o tipo, a função e a potência das cargas a alimentar.

No caso de edifícios com uma única instalação de utilização (consumidores individuais isolados), a estrutura da rede é relativamente simples, sendo constituída por:

- ❑ **Ramal de entrada**, responsabilidade da entidade distribuidora de energia;
- ❑ **Portinhola**; conforme NP-1270;
- ❑ **Entrada**, constituída pela canalização eléctrica, contadores de energia, aparelho de corte geral e quadro de entrada (**QE**).

As instalações eléctricas de utilização inseridas num mesmo edifício, exploradas por entidades diferentes (constituindo fracções autónomas), que em regra terão necessidade de potências relativamente pequenas (tipicamente inferiores a 50 kVA) serão alimentadas em baixa tensão através da **Instalação Colectiva** do edifício cuja estrutura é composta por:

- ❑ **Ramal de entrada**, responsabilidade da entidade distribuidora de energia;
- ❑ **Quadro de colunas QC**, (NP-1271), que distribui a energia eléctrica ao quadro de serviços comuns **QSC**, e às colunas montantes do edifício;
- ❑ **Colunas montantes**, constituídas pelas canalizações eléctricas e caixas de coluna (NP-1272). As colunas montantes são obrigatoriamente trifásicas, constituídas por cabos ou condutores cuja secção não poderá ser inferior a **10 mm²**;
- ❑ **Entradas**, constituídas pelas canalizações de entrada em cada fracção, contadores de energia eléctrica, aparelhos de corte de entrada (ACE) e respectivos quadros de entrada (**QE**).

A **Instalação Colectiva**, pode ser classificada, em função da localização dos contadores, como sendo:

- ❑ **Descentralizada**, caso em que os contadores se situam junto à entrada das instalações (figura 3.1);
- ❑ **Centralizada**, caso em que os contadores se situam num único local, perto do quadro de colunas, portanto afastados das entradas das instalações (figura 3.2).

ENTRADAS - CONTAGEM DE ENERGIA E APARELHO DE CORTE DE ENTRADA

As entradas dos diferentes consumidores (fracções autónomas e/ou serviços comuns) cuja potência instalada seja igual ou inferior a 31,14 kVA (3 x 45 A) terão aparelho de corte de entrada (ACE) do tipo disjuntor diferencial limitador, que será instalado pelo Distribuidor Público de energia eléctrica. A contagem de energia eléctrica é predominantemente directa.

A alimentação eléctrica aos consumidores autónomos de potência superior a 31,14 kVA (3 x 45 A) pode ter origem directamente do quadros de colunas, sendo a contagem de energia eléctrica predominantemente indirecta por meio de transformadores de corrente. Neste caso não existirão aparelhos de corte de entrada.

Os contadores devem ser instalados de modo a que o ponto médio de leitura fique a uma altura de 1,20 m em relação ao pavimento.

A alimentação eléctrica a cada fracção autónoma será garantida por cabos protegidos por fusíveis de APC que terão origem nas caixas de coluna do piso correspondente às entradas.

Para qualquer das situações referidas, e de acordo com as Regras Técnicas, as canalizações de entrada devem ser constituídas por cabos ou condutores com secções nunca inferiores a **6 mm²** e quando enfiados em tubos estes devem ter um diâmetro igual ou superior a **32 mm**.

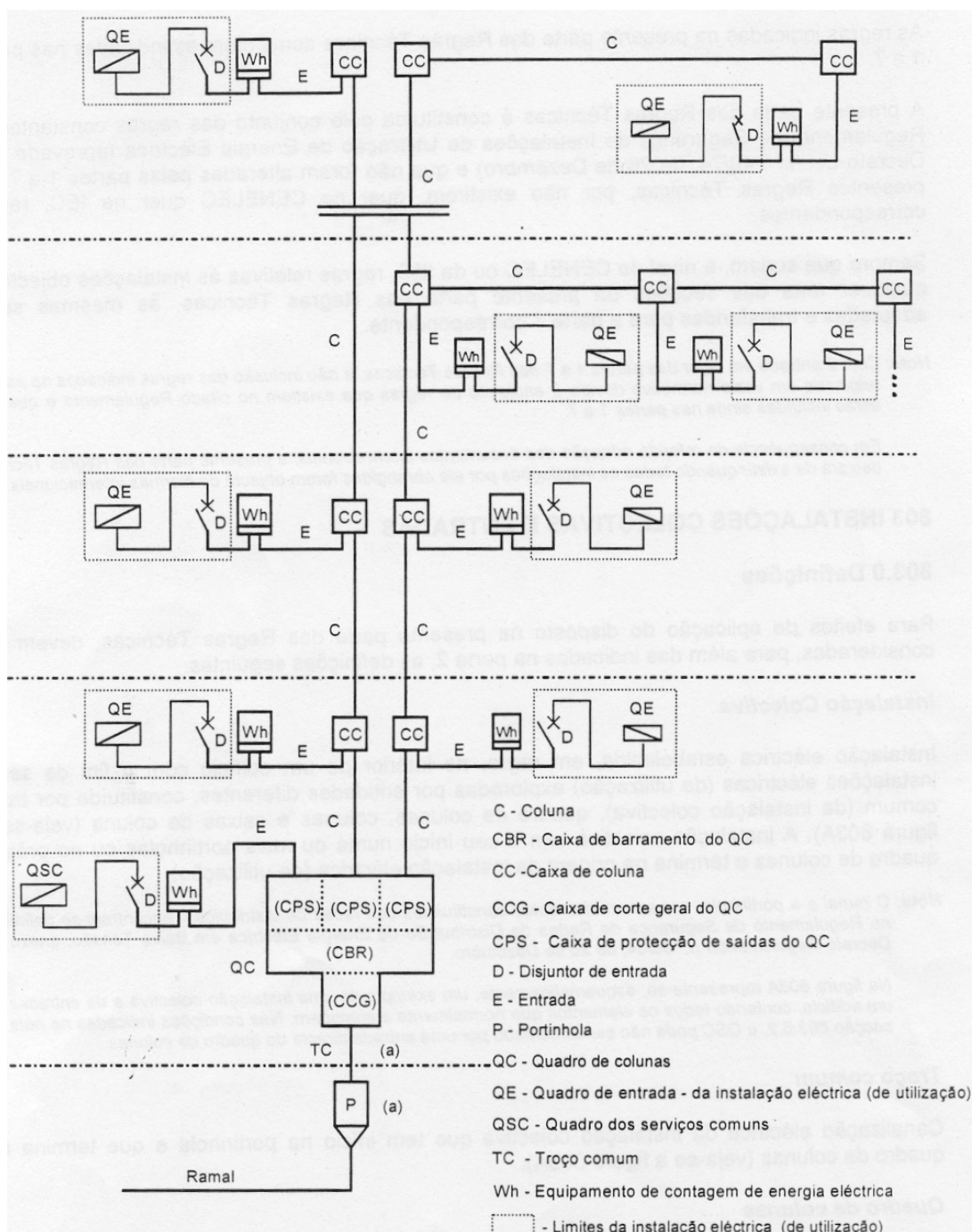


Figura 3.1: Exemplo de uma instalação colectiva num edifício de habitação multifamiliar com 2 colunas, com contagem descentralizada.

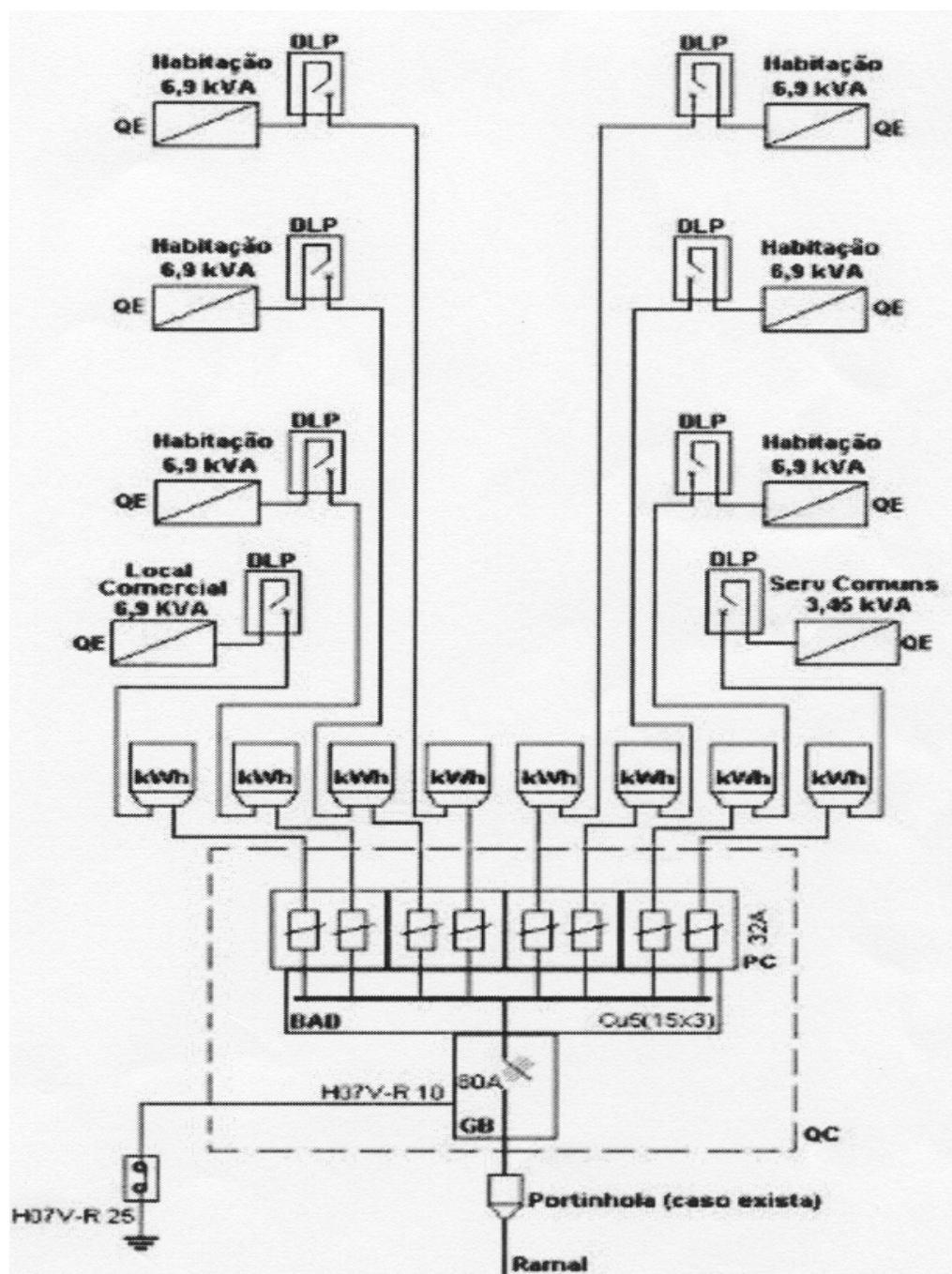


Figura 3.2: Exemplo de uma instalação colectiva num edifício de habitação multifamiliar, com contagem centralizada.

3.2 – QUADROS ELÉCTRICOS

3.2.1 – Características Gerais

Os quadros eléctricos são os equipamentos onde se irá alojar toda a aparelhagem de protecção e alguma da aparelhagem principal de manobra dos circuitos eléctricos. Estes equipamentos devem apresentar características gerais que garantam o seu correcto funcionamento, pelo que se referem-se as mais significativas que condicionam a construção dos quadros.

O invólucro dos quadros deve ter índices de protecção IP e IK, adequados ao local onde se inserem, de acordo com a norma NP EN 60 529.

Os barramentos devem ser construídos em barra de cobre electrolítico, sendo o seu dimensionamento efectuado para uma densidade de corrente de **2A/mm²**, de forma a que estes suportem permanentemente o valor da intensidade de corrente nominal e os esforços electrodinâmicos da corrente de curto-circuito trifásico simétrico. Os quadros devem ter igualmente barras de terra devidamente identificadas ao qual devem ser ligados os condutores de protecção da instalação e da massa do quadro.

Os circuitos de potência no interior do quadro devem ser executados por condutores isolados, de secção correspondente à dos circuitos da saída. Os circuitos auxiliares podem ser executados por condutores flexíveis desde que a sua secção mínima seja de 2,5 mm².

3.2.2 – Tipos de Quadros e Constituição

3.2.2.1 – Quadros e Caixas de Coluna

Os Quadros e Caixas de Coluna são constituídos, em conformidade com as Normas NP 1271 e NP 1272.

Os **Quadros de Colunas (QC)**, são compostos por diversas caixas (NP 1271), cujas designações, características e dimensões se indicam a seguir:

- Caixa de corte geral de entrada, onde se aloja o interruptor de corte geral, conforme a tabela 3.1;
- Caixas de barramento, comportando um conjunto de barras trifásicas, (tabela 3.2);

- Caixas de saídas, onde se alojam as bases de fusíveis do tipo NH para a colocação dos fusíveis APC, para a protecção das colunas montantes e das saídas directas (tabela 3.3).

Tabela 3.1: Caixa de corte geral de entrada.

Tipo de caixa de corte geral	Intensidade de corrente nominal [A]	Dimensões mínimas [mm]		
		Largura	Altura	Profundidade
GA	32	200	250	90
GB	100	220	320	115
GC	250	350	500	150
GD	400			
GE	630	550	850	195
GF	800			
GG	1250	600	850	195

Tabela 3.2: Caixas de barramento.

Tipo de caixa de barramento	Intensidade de corrente nominal [A]	Dimensões mínimas [mm]		
		Largura	Altura	Profundidade
BAD	100	700	180	170
BAT		1050	180	170
BBD	630	700	250	170
BBT		1050	250	170
BCD	1250	700	350	170
BCT		1050	350	170

Tabela 3.3: Caixas de saídas.

Tipo de caixa de protecções de saídas	Intensidade de corrente nominal [A]	Tamanho dos corta-circuitos fusíveis [NH]	Dimensões mínimas [mm]		
			Largura	Altura	Profundidade
PA	1 x 32	---	150	200	90
PB	1 x 100	00	220	500	170
PC	2 x 100	00 + 00			
PD	1 x 250	I	350	500	170
PE	1 x 100 + 1 x 250	00 + I	500	500	170
PF	1 x 400	II	350	500	170

As **caixas de coluna** (NP 1272), são equipadas por fusíveis de APC com o calibre adequado à protecção das entradas dos diferentes utilizadores. Devem ficar instaladas em cada piso em local acessível, na continuidade da coluna montante. As caixas de coluna apresentam as características indicadas na tabela 3.4.

Tabela 3.4: Caixas de coluna.

Tipo de caixa de coluna	Intensidade de corrente nominal [A]	Número de saídas	Dimensões mínimas [mm]		
			Largura	Altura	Profundidade
CAD	32	2	280	250	100
CAQ		4	470	250	100
CBD	63	2	320	300	100
CBQ		4	550	300	100

3.2.2.2 – Quadros de Entrada (QE)

Os quadros eléctricos de entrada de cada fracção autónoma, devem ser alimentados directamente a partir das caixas de colunas existentes em cada piso e devem localizar-se na entrada da fracção a que respeitam.

Estes quadros alojam os disjuntores de protecção dos circuitos de saída. Estes disjuntores têm a corrente estipulada de 10 A para os circuitos de iluminação, protegendo condutores de 1,5 mm² de secção, e 16 A para os circuitos de tomadas, protegendo condutores de 2,5 mm² de secção. Para saídas destinadas a circuitos de tomadas para máquinas de lavar, secar ou outras cuja potência seja significativa (> 2 kVA) as saídas deverão ser individuais.

As diferentes saídas podem ser agrupadas por disjuntores ou interruptores diferenciais (com a sensibilidade máxima de 300 mA para os circuitos de iluminação e 30 mA para os circuitos de tomadas).

3.2.2.3 – Quadros de Serviços Comuns

Os serviços comuns alimentarão tipicamente os circuitos seguintes:

- Iluminação das escadas e outras zonas comuns, iluminação de emergência e sinalização de saída;

- Alimentadores dos intercomunicadores de portaria e amplificadores de antenas TV;
- Quadro da casa das máquinas dos elevadores e Quadro de Caves (garagens).

3.2.2.4 – Quadros de Elevadores

Os quadros da casa das máquinas dos elevadores devem ser alimentados a partir do quadro de serviços comuns do edifício. Estes quadros são constituídos pelas saídas individuais para alimentação das máquinas dos elevadores e por todos os circuitos de iluminação, tomadas e ventilação da sala das máquinas.

3.3 – APARELHAGEM E EQUIPAMENTOS

3.3.1 - Características Gerais

As características técnicas que definem estes equipamentos são as seguintes:

- **Tensão estipulada (U_n):** Tensão nominal do aparelho corresponde ao limite superior de tensão mais elevada da rede onde é instalado, em [V].
- **Frequência nominal (f):** a frequência da rede de distribuição, em [Hz]..
- **Corrente estipulada (I_n):** Intensidade de corrente nominal que atravessa o aparelho sem aquecimento excessivo dos seus componentes, em [A]..
- **Poder de corte nominal (P_{dc}):** valor mais elevado da intensidade de corrente que o aparelho é capaz de interromper em caso de curto-circuito, em [kA].

3.3.2 – Aparelhagem de Manobra - Interruptores de Corte Geral

O corte geral dos quadros eléctricos deve ser realizado por interruptores de corte omipolar, com as posições de ligado/desligado perfeitamente identificáveis, montados isoladamente na primeira fila de aparelhagem de cada quadro. Estes interruptores devem suportar a intensidade de corrente nominal em permanência e a intensidade de corrente de curto-circuito até à actuação dos dispositivos de protecção.

Nas instalações cujo disjuntor limitador de potência (ACE) se situa em posição contígua ao do quadro de entrada, o corte geral do quadro pode ser efectuado neste aparelho dispensando-se assim a montagem de interruptor de corte geral.

3.3.3 – Dispositivos de Protecção

A protecção dos circuitos eléctricos contra sobrecargas e curto-circuitos é realizada pelo emprego de fusíveis ou de disjuntores.

No caso dos quadros e das caixas de colunas empregam-se exclusivamente fusíveis. Nos outros tipos de quadros empregam-se preferencialmente disjuntores.

Para a protecção contra correntes residuais de defeito à terra empregam-se os interruptores e disjuntores diferenciais.

3.3.3.1 – Fusíveis

Os fusíveis normalmente utilizados são do tipo **gG** de alto poder de corte, (norma EN 60269), para a protecção contra sobrecargas e curto-circuitos, e do tipo **aM** apenas para protecção contra curto-circuitos.

Estes fusíveis são instalados em bases tipo **NH** com a dimensão adequada ao seu calibre.

Apresentam características de actuação conforme indicado na tabela 3.5 (Artº 134 do RSUEE), onde ***I_{nf}*** e ***I_f*** representam respectivamente a intensidade de corrente convencional de não fusão e a intensidade de corrente convencional de fusão.

Tabela 3.5: Características dos fusíveis.

I_N [A]	I_{nf} [A]	I_f [A]	I_N [A]	I_{nf} [A]	I_f [A]
6	9	13			
10	15	19	< 6 A	$1,5 \times I_N$	$2,1 \times I_N$
16	22	28			
20	28	35	> 6 A e = 10 A	$1,5 \times I_N$	$1,9 \times I_N$
25	35	44			
32	42	51	> 10 A e = 25 A	$1,4 \times I_N$	$1,75 \times I_N$
40	52	64			
50	65	80	> 25 A	$1,3 \times I_N$	$1,6 \times I_N$
63	82	101			
80	104	128			
100	130	160			
125	163	200			
160	208	256			
200	260	320			
250	325	400			
315	410	504			
400	520	640			
500	650	800			
630	819	1008			
800	1040	1280			
1000	1300	1600			

3.3.3.2 - Disjuntores

Os disjuntores para instalações residenciais e análogas são normalmente do tipo modular de acordo com as normas EN 60898 e EN 60947.

Os disjuntores são equipados com disparadores do tipo térmico e magnético, sendo as curvas de disparo frequentemente usadas as seguintes:

- **Tipo B** (3 a 5 I_N) - Circuitos de iluminação com lâmpadas incandescentes e circuitos de tomadas;
- **Tipo C** (5 a 10 I_N) - Circuitos de iluminação com lâmpadas de descarga de alta pressão e fluorescentes com controlo de alta frequência;
- **Tipo D** (10 a 20 I_N) - Circuitos de força motriz.

As curvas tempo/corrente correspondentes podem ser observadas na figura 3.3. Na tabela 3.6 apresentam-se as características de actuação disjuntores conforme consta do Artº 134 do RSIUEE, onde ***I_{nf}*** e ***I_f*** representam respectivamente a intensidade de corrente convencional de não funcionamento e a intensidade de corrente convencional de funcionamento.

Tabela 3.6: Características dos disjuntores

Disjuntor sem regulação			Disjuntor com regulação		
I_N [A]	I_{nf} [A]	I_f [A]	I_N [A]	I_{nf} [A]	I_f [A]
	$1,1 \times I_N$	$1,3 \times I_N$		$1,05 \times I_N$	$1,2 \times I_N$
6	6,6	7,8	100	105	120
10	11	13	125	131,25	150
16	17,6	20,8	160	168	192
20	22	26	250	262,5	300
25	27,5	32,5	400	420	480
32	35,2	41,6	630	661,5	756
40	44	52	1000	1050	1200
50	55	65	1250	1312,5	1500
63	69,3	81,9	1600	1680	1920
100	110	130	2500	2625	3000
125	137,5	162,5			
160	176	208			

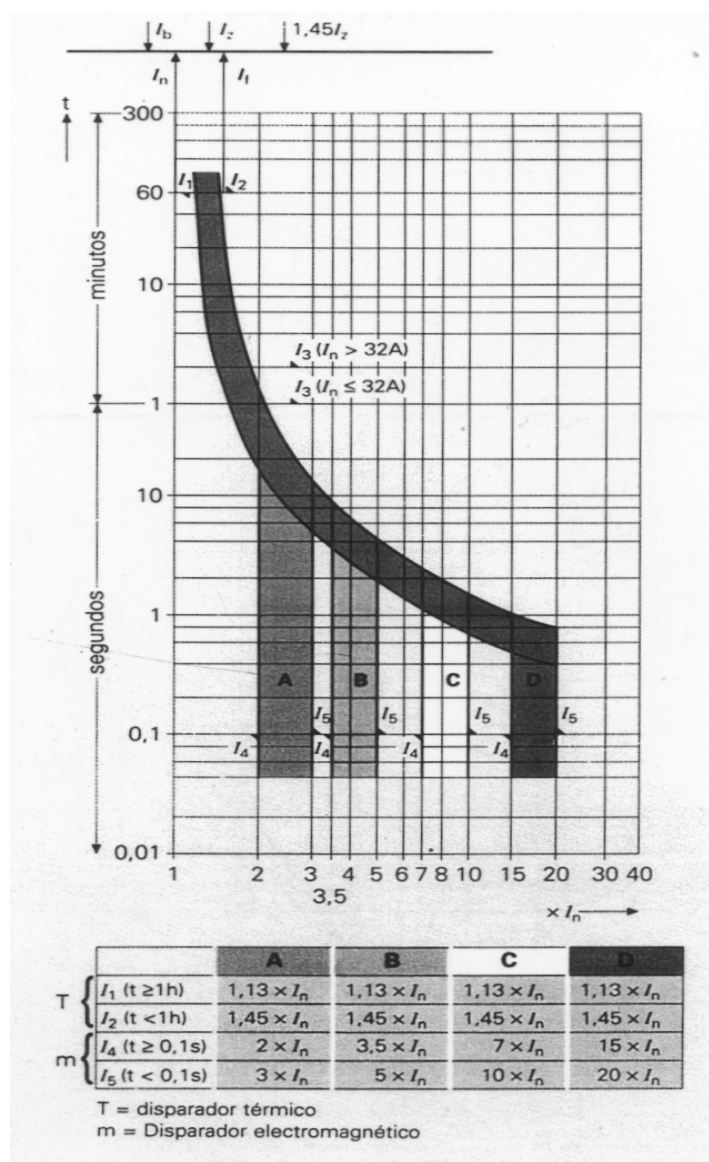


Figura 3.3: Curvas tempo/corrente para disjuntores modulares (EN 60898), temperatura de referência de 30°C (extraído de informação técnica da Siemens).

3.3.3.3 - Interruptores e Disjuntores de Corrente de Defeito Residual

Os interruptores e disjuntores de corrente de defeito residual, são sensíveis às correntes homopolares. A sua sensibilidade deve ser função do tipo de carga: - **300mA** para os circuitos de iluminação; - **30mA** para circuitos de tomadas e alimentação de equipamentos; - **10mA**, para circuitos de equipamentos em ambientes húmidos ou molhados.

4 –CANALIZAÇÕES ELÉCTRICAS

4.1 – GENERALIDADES

As canalizações eléctricas são constituídas pelos elementos eléctricos que transportam a corrente eléctrica nomeadamente os cabos e condutores eléctricos. Constituem igualmente elementos das canalizações eléctricas os dispositivos de suporte e protecção mecânica, como sejam por exemplo os tubos, caixas, calhas e caminhos de cabos.

Os tipos de montagem das canalizações eléctricas podem classificar-se em:

- Instalações ocultas, embebidas em paredes ou pavimentos constituídas tipicamente por condutores enfiados em tubos e instalações enterradas;
- Instalações à vista, constituídas tipicamente por cabos fixos por braçadeiras , condutores enfiados em tubos fixos por braçadeiras ou enfiados em calhas fechadas, e cabos em caminho de cabos ou esteiras.

Identificação dos condutores e cabos

Os condutores que constituem as canalizações eléctricas; quer isoladamente quer fazendo parte de um cabo; são identificados conforme estabelecido pela norma europeia harmonizada HD 308, que alterou recentemente o referido no RSIUEE – Art.º 180º do modo seguinte:

- Condutores de Fases (L1, L2, L3) em preto-cinzentocastanho;
- Condutor de Neutro (N) em azul claro;
- Condutor de Terra de Protecção (PE) em verde/amarelo.

A bainha exterior dos cabos de energia eléctrica poderá ser de cor creme ou cinzento claro para aplicações no interior, mas nas aplicações no exterior deve ser obrigatoriamente de cor preta (maior protecção aos raios ultravioletas da luz solar). Os cabos de controlo e sinalização poderão ser identificados pela cores azul para a bainha exterior de modo a permitir uma fácil distinção relativamente aos cabos de energia.

Correntes máximas admissíveis nas canalizações eléctricas

As correntes máxima admissíveis para cada um dos tipo de condutores e cabos dependem da natureza da alma condutora (cobre, alumínio), e do isolamento (PVC , PEX) empregue, do tipo da instalação e da temperatura ambiente a que estão sujeitos. As correntes máxima admissíveis para cada um dos tipo de condutores e cabos constam das tabelas apresentadas no Anexo 2.

4.2 – TIPOS DE INSTALAÇÕES

4.2.1 – Canalizações Fixas com Condutores Protegidos por Tubos

4.2.1.1 – Condutores Isolados

Os condutores mais utilizados são dos tipos **H07V-U** e **H07V-R**, (fig. 4.1), definidos na norma NP-2356.

São condutores com alma condutora em cobre e isolamento em PVC, para a tensão de máxima de 700V. Estes condutores devem ser sempre protegidos por tubos, excepto quando utilizados na electrificação de quadros eléctricos.

4.2.1.2 – Tubos

Os tubos mais utilizados, definidos na norma NP-1071, são os seguintes:

- Tubo **VD**, em PVC rígido, para utilização em instalações à vista fixo por braçadeiras ou embebido em alvenaria;
- Tubo **ERE**, em Polietileno, para utilização em instalações embebidas em placas, lajes ou outros elementos em betão;
- Tubo em **aço** sem costura, para utilização em instalações sujeitas a acções mecânicas intensas;
- Tubo de **PVC**, para utilização em instalações enterradas (a uma profundidade de 0,7m em relação ao pavimento exterior).

Os diâmetros mínimos a considerar para os diversos tubos são função da secção e número de condutores que se pretende alojar nesses mesmos tubos. Esses valores mínimos são

referidos nos regulamentos nomeadamente: RSIUEE - Art. 243.^o- Diâmetros de tubos para instalações de utilização (tabela 4.1); RSICEE Art. 24.^o - Diâmetros de tubos para colunas montantes (tabela 4.2).

Tabela 4.1: Diâmetros de tubos para instalações de utilização.

Secção nominal dos condutores (mm ²)	Diâmetro nominal dos tubos				
	Número de condutores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	16	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	20	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	90
150	50	63	75	90	90
185	50	75	90	90	110
240	63	75	90	110	110
300	63	90	110	110	---
400	75	110	---	---	---
500	75	110	---	---	---

Tabela 4.2: Diâmetros de tubos para colunas montantes.

Secção nominal dos condutores	Diâmetro nominal dos tubos				
	Número de condutores				
	1	2	3	4	5
10	32	32	32	40	40
16	32	32	40	40	50
25	32	40	50	50	63
35	32	50	63	63	63
50	40	50	63	75	75
70	40	63	75	75	90
95	50	63	90	90	90
120	50	75	90	110	110
150	63	90	110	110	110
185	63	90	110	110	---
240	75	110	---	---	---
300	75	110	---	---	---
400	90	---	---	---	---
500	110	---	---	---	---

As caixas, a utilizar nas redes de tubagens de instalações eléctricas, devem ser do mesmo material da tubagem, e são empregues como elementos da tubagem para passagem, derivação e alojamento de aparelhagem terminal.

4.2.2 – Canalizações Fixas com Cabos

Designam-se por cabos de baixa tensão, os cabos cuja tensão estipulada é menor ou igual a 0,6/1kV. São normalmente empregues os seguintes tipos:

- ❑ Cabos **PT-N05VV-U**, 300/500 V, (fig. 4.2), com isolamento e bainha em PVC, alma condutora em cobre, em instalações entubadas ou à vista, essencialmente para circuitos de iluminação, tomadas, controlo e sinalização;
- ❑ Cabos **H1VV-R**, 0,6/1 kV (ou VV), com isolamento e bainha em PVC, alma condutora em cobre, em instalações à vista, para circuitos de distribuição de energia, (bainha exterior cor preta se em instalações expostas);
- ❑ Cabos **H1XV-R**, 0,6/1 kV (ou XV), com isolamento a polietileno e bainha exterior em PVC, alma condutora em cobre, em instalações à vista, para circuitos de distribuição de energia, (bainha exterior cor preta se em instalações expostas);
- ❑ Cabos **PT-N07VA7V-U**, 500/750 V, (fig. 4.3), com isolamento e bainha em PVC, blindagem em fita de alumínio, alma condutora em cobre, em instalações entubadas ou à vista, para circuitos onde se torne necessário a blindagem electromagnética;
- ❑ Cabos **H1VZ4V-R**, 0,6/1 kV (VAV), (fig. 4.4), com isolamento e bainha em PVC, alma condutora em cobre, em instalações enterradas, para circuitos de distribuição de energia.

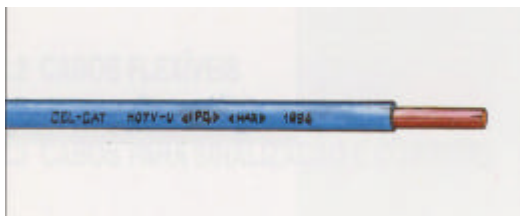


Figura 4.1: Condutor H07V-U

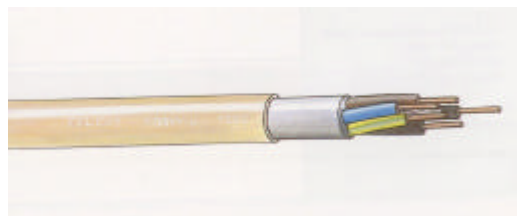


Figura 4.2: Cabos PT-N05VV-U.

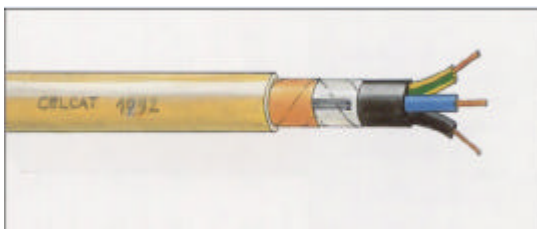


Figura 4.3: Cabos PT-N07VA7V-U.

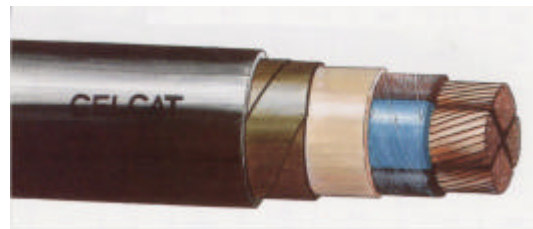


Figura 4.4: Cabos VAV.

4.2.3 – Canalizações Amovíveis

Nas instalações amovíveis empregam-se cabos com isolamento e bainha em PVC, alma condutora em cobre flexível, do tipo **H05VV-F**.

4.2.4 – Canalizações para Circuitos de Segurança

Na instalação dos circuitos cuja integridade deva ser mantida em caso de incêndio empregam-se cabos de cobre com isolamento melhorado ao fogo ou/e cabos com isolamento resistente ao fogo. Estes cabos são definidos pelas Normas NP 665, IEC 60331, IEC 61034 e IEC 60754.

- ❑ Cabos **frt** – Característica de não propagação do incêndio, retardantes ao fogo;
- ❑ Cabos **frs** – Cabos resistentes ao fogo, devem manter a integridade do circuito quando submetidos à acção directa da chama à temperatura de 750°C durante 90 minutos (IEC 60331);
- ❑ Cabos **ls** - Sem emissão de fumos opacos;
- ❑ Cabos **la** – Sem emissão de fumos corrosivos;
- ❑ Cabos **lt** - Sem emissão de fumos libertados;
- ❑ Cabos **zh** - Sem emissão de halogéneos, de fumos opacos e corrosivos.

4.2.5 – Selecção do Tipo de Cabo e Condutor

A opção pelo tipo de cabo indicado para cada instalação depende essencialmente das condições ambientais do local e ao tipo de carga.

A opção pelo tipo de material do condutor, isto é, cobre ou alumínio, deve ter em conta o seguinte:

- Para uma determinada intensidade de corrente a transportar, a secção de um cabo em cobre é menor que a secção de um cabo em alumínio, dado que a resistividade do alumínio a 20°C ($\rho_{Al} = 0,028 \text{ O/mm}^2.\text{m}$) é superior à do cobre ($\rho_{Cu} = 0,0172 \text{ O/mm}^2.\text{m}$);
- Os cabos em alumínio são mais leves do que os cabos em cobre pois o peso específico do alumínio é de $2,7 \text{ g/cm}^3$, sendo o do cobre de $8,89 \text{ g/cm}^3$;
- Para as mesmas secções os cabos em alumínio têm custos mais baixos que os de cobre.

4.3 – CÁLCULO DAS CANALIZAÇÕES ELÉCTRICAS

4.3.1 – Critérios Gerais

O dimensionamento das canalizações eléctricas deverá ser feito tendo em atenção os aspectos seguintes:

- A intensidade de corrente máxima admissível no cabo (I_Z);
- A protecção dos condutores quanto ao aquecimento;
- A queda de tensão máxima admissível em função do comprimento e utilização dos circuitos.

4.3.1.1 – Protecção dos Condutores Quanto ao Aquecimento

A protecção dos condutores quanto ao aquecimento, deve ponderar o valor da intensidade de corrente máxima admissível no cabo (I_Z) pelos factores de correcção em função da temperatura máxima previsível de funcionamento (F_{c1}) e da proximidade de várias canalizações (F_{c2}), tendo em conta as condições seguintes:

$$I_S \leq I_N \leq I_Z \quad \wedge \quad I_f \leq 1,45 I_Z \quad (4.1)$$

Nestas expressões considera-se que:

I_N - é a intensidade de corrente nominal do aparelho de protecção;

I_S - é a intensidade de corrente de serviço;

I_f - é a intensidade de corrente limite de funcionamento do aparelho de protecção.

4.3.1.2 – Quedas de Tensão Máxima Admissíveis

As quedas de tensão máximas admissíveis nas canalizações desde a origem da instalação até ao aparelho de utilização electricamente mais afastado, supostos ligados todos os aparelhos de utilização que possam funcionar simultaneamente, em conformidade com o Art.º 425 do RSIUEE, não deverá ser superior a:

- Colunas montantes 1, %;
- Entradas 0,5 %;
- Circuitos de alimentação de quadros 2 %;
- Circuitos de iluminação 3 %;
- Circuitos de tomadas e de equipamentos 5 %.
- Circuitos de motores eléctricos no arranque 10 %.

4.3.1.3 – Secções Mínimas dos Condutores

O dimensionamento das canalizações eléctricas deverá também ter em atenção valores para as secções mínimas dos condutores, que são função do tipo de utilização, conforme se indica:

- Circuitos de iluminação = 1,5 mm²;
- Circuitos de tomadas e de equipamentos = 2,5 mm²;
- Circuitos de alimentação de quadros = 4 mm²;
- Circuitos de alimentação das entradas = 6 mm²;
- Colunas montantes = 10 mm².

4.3.2 – Cálculo das Correntes de Serviço

4.3.2.1 – Quadros Eléctricos (Cargas de Funcionamento Contínuo)

Estão nesta situação as cargas cujo funcionamento não está sujeito a sucessivos arranques e paragens. A potência instalada nestes quadros é geralmente referida para cargas em corrente contínua pela potência activa (P) expressa em [kW]. Para as cargas em corrente alternada considera-se a potência aparente (S), expressa em [kVA].

A corrente de serviço (I_S) deve ser calculada pela aplicação das expressões seguintes.

$$\square \text{ Instalações em corrente contínua: } I_S = \frac{P}{U} \quad (4.2)$$

$$\square \text{ Instalações em corrente alternada monofásica: } I_S = \frac{S}{U_S} \quad (4.3)$$

$$\square \text{ Instalações em corrente alternada trifásica: } I_S = \frac{S}{\sqrt{3} U} \quad (4.4)$$

4.3.2.2 – Alimentação de Motores Eléctricos

A potência dos motores é normalmente referida pela potência útil (P_u) expressa em [kW], deste modo é necessário o cálculo prévio da potência absorvida (P_{ab}) à instalação eléctrica tendo o conhecimento do valor do rendimento do motor (h) como indicado em (4.5).

$$P_{ab} = \frac{P_u}{h} \quad (4.5)$$

A corrente de serviço deve ser calculada pela aplicação das expressões (4.6) a (4.8).

$$\square \text{ Instalações em corrente contínua: } I_S = \frac{P_{ab}}{U} \quad (4.6)$$

$$\square \text{ Instalações em corrente alternada monofásica: } I_S = \frac{P_{ab}}{U_S \cos j} \quad (4.7)$$

$$\square \text{ Instalações em corrente alternada trifásica: } I_S = \frac{P_{ab}}{\sqrt{3} U \cos j} \quad (4.8)$$

4.3.2.3 – Quadros Eléctricos (Cargas de Funcionamento Intermitente)

Estão nesta situação as cargas cujo funcionamento está sujeito a sucessivos arranques e paragens, como é o caso dos quadros das casas das máquinas dos elevadores. Este facto obriga á ponderação dos sucessivos arranques da máquina que provocam um esforço térmico suplementar nos cabos de alimentação.

Assim a corrente de serviço para uma única máquina deve ser calculada tendo em atenção a expressão (4.9) e para mais de uma máquina pela expressão (4.10), onde:

- I_{eq} - é a intensidade de corrente equivalente em regime de arranques sucessivos, para efeitos de dimensionamento das canalizações;
- I_{eqt} - é a intensidade de corrente equivalente para um quadro que alimente várias máquinas;
- I_m - é a intensidade de corrente nominal do motor;
- I_a - é a intensidade de corrente de arranque do motor;

$$I_{eq} = I_m + \frac{1}{3} I_a \quad (4.9)$$

$$I_{eqt} = I_{eq1} + 0,75 I_{eq2} + 0,6 (I_{eq3} + \dots + I_{eqn}) \quad (4.10)$$

sendo n = o número de motores.

4.3.3 – Cálculo das Quedas de Tensão

A queda de tensão das canalizações depende da impedância dos cabos. No caso das redes de baixa tensão para uma frequência de 50 Hz, a reactância indutiva dos cabos apresenta um valor pouco significativo face ao valor da resistência, pelo que a queda de tensão em percentagem (Δu) pode ser calculada pela aplicação das expressões simplificadas seguintes:

$$\square \text{ Instalações em corrente contínua: } \Delta u = \frac{2 \cdot r \cdot L \cdot I}{S \cdot U} \times 100 \quad (4.11)$$

$$\square \text{ Instalações em corrente alternada monofásica: } \Delta u = \frac{2 \cdot r \cdot L \cdot I}{S \cdot U_S} \times 100 \quad (4.12)$$

$$\square \text{ Instalações em corrente alternada trifásica: } \Delta u = \frac{\sqrt{3} \cdot r \cdot L \cdot I}{S \cdot U_C} \times 100 \quad (4.13)$$

onde:

- r - Resistividade do material da alma condutora à temperatura ambiente [$\Omega/\text{mm}^2 \cdot \text{m}$];
- L - Comprimento do condutor [m];
- S - Secção do condutor [mm^2];
- I - Intensidade de corrente estipulada [A];
- U_C e U_S - Tensão composta e tensão simples, respectivamente [V].

4.3.4 – Método de Cálculo das Secções dos Condutores

Em síntese estabelece-se o método, ilustrado na figura 4.5, e cujas etapas principais são as seguintes:

- **Etapas 1:** Identificação do tipo de carga e sua função;
- **Etapas 2:** Estabelecimento dos parâmetros mínimos e máximos;
- **Etapas 3:** Selecção do tipo de canalização eléctrica;
- **Etapas 4:** Definição da protecção eléctrica da canalização;
- **Etapas 5:** Cálculo da corrente fictícia atendendo às condições ambientais e de instalação;
- **Etapas 6:** Obtenção da secção do condutor por consulta a tabelas;
- **Etapas 6.1:** Verificação das condições de protecção, e adopção de um valor para a secção do condutor ou retorno ao início da etapa 6 mas para secção do condutor de valor superior;
- **Etapas 7:** Verificação da queda de tensão. Adopção de um valor para a secção do condutor ou retorno ao início da etapa 6 mas para secção do condutor de valor superior em caso de não conformidade do valor da queda de tensão.

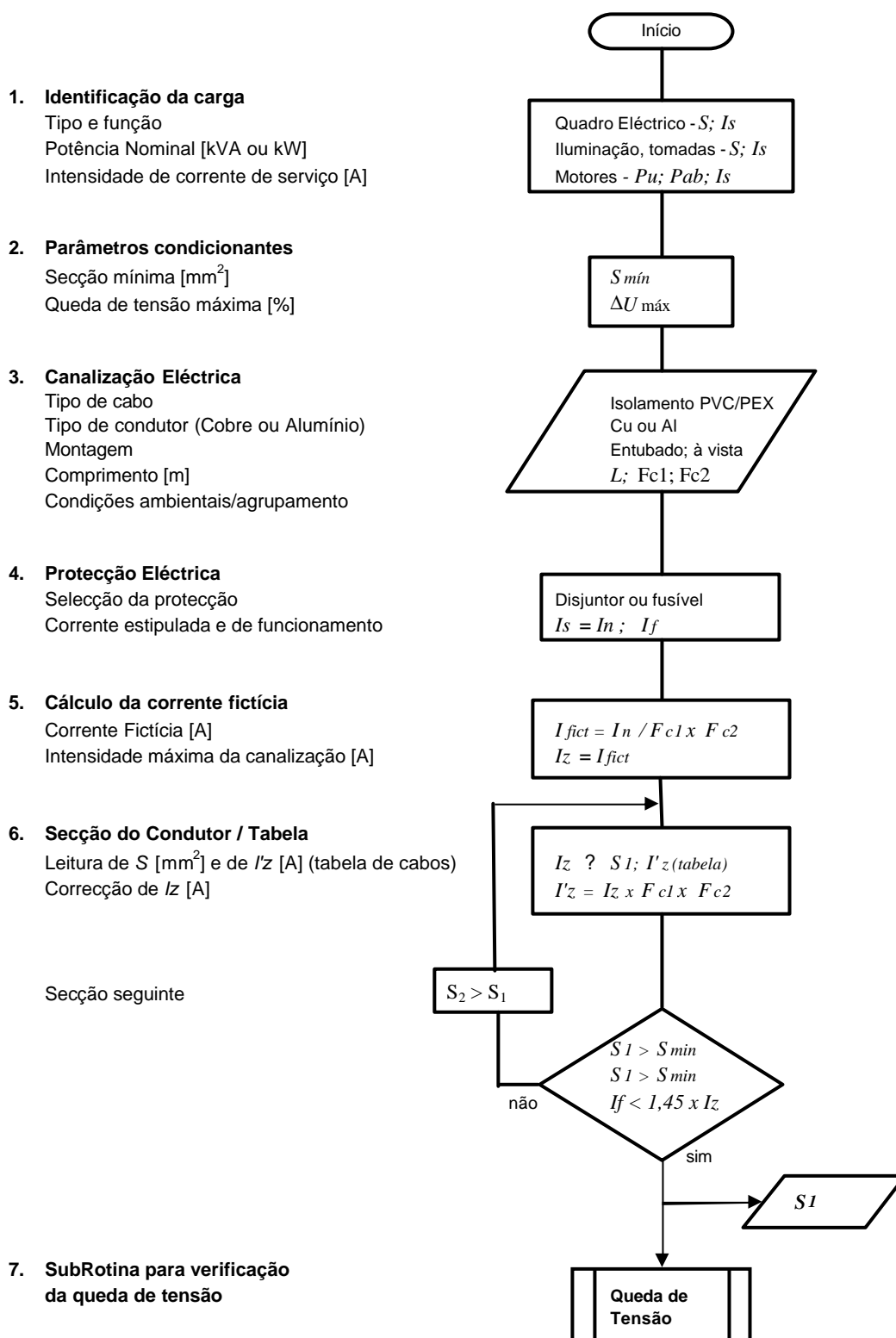


Figura 4.5: Método de cálculo da secção dos condutores.

4.4 – SELECTIVIDADE DE PROTECÇÕES

Entende-se por selectividade de protecções a garantia de disparo não consecutivo de duas protecções, colocadas em série na sequência de alimentação a uma carga, face a um defeito localizado a montante da segunda protecção.

Normalmente os tipos de selectividade considerados são:

- ❑ **Selectividade Cronométrica**
- ❑ **Selectividade Amperimétrica**

A selectividade cronométrica é garantida pela temporização do disparo das protecções. Na prática o escalonamento das temporizações é realizado a intervalos de 0,5 segundos.

De acordo o RSIUEE para que seja garantida a selectividade amperimétrica de protecções numa rede eléctrica devem ser respeitada as relações seguintes:

- Entre fusíveis. $I_{1N} \geq 2 \times I_{2N}$
- Entre disjuntores $I_{1N} \geq 2 \times I_{2N}$
- Fusível a montante e disjuntor a jusante $I_{1N} \geq 1,6 \times I_{2N}$

Sendo

- I_{1N} o valor nominal da protecção a montante
- I_{2N} o valor nominal da protecção a jusante

4.5 – CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO

O cálculo das correntes de curto-circuito nas instalações colectivas e entradas deve basear-se na informação do distribuidor público sobre o previsto para a sua rede. No entanto na ausência dessa informação podem utilizar-se, para o cálculo das correntes de curto-circuito, os valores convencionais seguintes:

- ❑ Potência do transformador; $S_{Tranf} = 630 \text{ kVA}$;
- ❑ Tensão de curto-circuito; $u_{cc} = 4 \% (10 \text{ kV ou } 15 \text{ kV}) \text{ ou } 5 \% (30 \text{ kV})$;
- ❑ Secção do cabo do ramal; $s = 185 \text{ mm}^2$ de alumínio ($\rho = 0,028 \text{ O/mm}^2 \cdot \text{m}$);
- ❑ Comprimento do ramal; $l = 20 \text{ m}$.

Tendo em atenção o circuito representado na figura 4.6 e atendendo às expressões (4.14) a (4.17) pode determinar-se o valor das correntes de curto-circuito à saída da baixa tensão do transformador e aos terminais do cabo de distribuição, isto é, à entrada da instalação colectiva (no quadro de colunas).

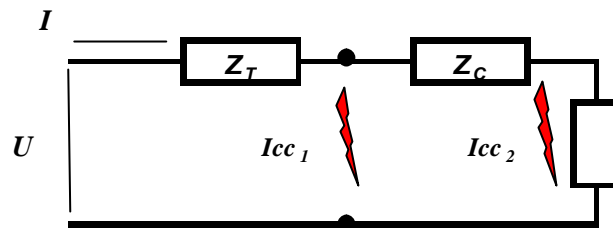


Figura 4.6: Esquema equivalente

$$Z_{Transf} = u_{cc} \frac{U_c^2}{S_{Transf}} \Rightarrow R_{Transf} = 0,04 \frac{400^2 V}{630 kVA} = 0,0102 \Omega \quad (4.14)$$

$$Z_{ramal} \approx R_{ramal} = r \frac{l}{s} \Rightarrow R_{ramal} = 0,028 \frac{20}{185} = 0,003227 \Omega$$

$$Z_{eq} = Z_{Transf} + Z_{ramal} \Rightarrow Z_{eq} = 0,0102 + 0,003227 = 0,013427 \Omega \quad (4.15)$$

O valor da corrente de curto-circuito aos terminais do cabo de distribuição corresponderá ao valor a considerar no quadro de coluna do edifício.

$$I_{cc1} = \frac{U_c}{\sqrt{3} Z_{Transf}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,0102} = 22,7 kA \quad (4.16)$$

$$I_{cc2} = \frac{U_c}{\sqrt{3} Z_{eq}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,01343} = 17,2 kA \quad (4.17)$$

Para cada um dos quadros de entrada da instalação há que considerar a impedância do respectivo cabo de alimentação, associado ao troço do cabo da coluna montante respectivo.

De referir que os disjuntores que equipam os diversos quadros eléctricos têm de ter um poder de corte (Pdc) superior ao valor da corrente de curto-circuito no ponto da rede onde se encontra localizado o quadro de que fazem parte.

5 – PROTECÇÃO DE PESSOAS. TERRAS DE PROTECÇÃO.

5.1 – GENERALIDADES

As instalações eléctricas devem ser projectadas por forma a minimizar os riscos de acidente resultantes da acção da corrente eléctrica (choques eléctricos). A protecção das pessoas contra os perigos da electricidade pode classificar-se em duas categorias:

- ❑ Protecção contra contactos directos: contactos de uma pessoa com peças de materiais ou equipamentos que se encontrem em tensão;
- ❑ Protecção contra contactos indirectos: contactos de uma pessoa com massas metálicas normalmente sem tensão mas que, acidentalmente e devido a uma deficiência, são colocadas em tensão.

5.2 – PROTECÇÃO CONTRA CONTACTOS DIRECTOS

De acordo com o referido no Art.º 597 do RSIUEE, a protecção de pessoas contra contactos directos é assegurada pelo isolamento ou afastamento das partes activas (normalmente em tensão), colocação de anteparos ou recobrimento das partes activas com isolamento apropriado.

Nalgumas situações é difícil a garantia de um isolamento completamente seguro, pelo que se torna necessário proceder à aplicação de medidas complementares:

- A utilização de tomadas com alvéolos protegidos, (especialmente indicadas para tomadas onde existam crianças);
- A utilização de transformadores de isolamento da classe II, que consiste no isolamento galvânico dos condutores activos da terra através de transformador 230/230 V;
- O emprego de interruptores e disjuntores diferenciais de alta sensibilidade;

- A utilização de uma tensão reduzida de segurança (tensão inferior a 50 V), como por exemplo em máquinas ferramentas portáteis e brinquedos para crianças.

5.3 – PROTECÇÃO CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

5.3.1 – Ligação das Massas à Terra

A protecção de pessoas contra contactos indirectos é assegurada pela ligação à terra de todas as massas metálicas normalmente sem tensão, associada à utilização de aparelhos de corte automático sensíveis à corrente diferencial - residual instalados nos quadros.

A ligação das massas à terra será efectuada pelo condutor de protecção incluído em todas as canalizações e ligado ao circuito geral de terras através dos quadros. Os condutores de protecção serão sempre de cor verde/amarelo, do tipo dos condutores activos e de secção igual à dos condutores de neutro.

Outra das acções conducentes à protecção de pessoas consiste em dotar os edifícios de ligações equipotenciais com a rede de terras de protecção, através da ligação de condutores entre todas as partes metálicas e o barramento principal de terra, nomeadamente:

- Caminhos de cabos e calhas metálicas;
- Estruturas metálicas de quadros e equipamentos;
- Canalizações metálicas de abastecimento de água e de gás;
- Elementos metálicos acessíveis e estrutura metálica do edifício;

5.3.2 – Emprego de Disjuntores e Interruptores Diferenciais

A protecção de pessoas contra contactos indirectos será, também, assegurada pela instalação em todos os circuitos de utilização de interruptores ou disjuntores diferenciais, que garantem a protecção contra correntes de defeito à terra.

Os aparelhos devem ter as sensibilidades adequadas ao tipo de circuitos de utilização:

- Média sensibilidade: $I_{\Delta} = 300 \text{ mA}$ para circuitos de iluminação;
- Alta sensibilidade: $I_{\Delta} = 30 \text{ mA}$ para circuitos de tomadas e equipamentos;
- Alta sensibilidade: $I_{\Delta} = 10 \text{ mA}$ para circuitos especiais.

5.4 – CONSTITUIÇÃO DOS CIRCUITOS DE TERRA

5.4.1. Estrutura

A rede de terras num edifício residencial deve apresentar uma estrutura cuja constituição será tipicamente a representada na figura 5.1, composta por:

- Anel de terras como eléctrodo, constituído por cabo de cobre nu enterrado ao nível das fundações do edifício, e que será ligado a intervalos regulares à estrutura metálica das sapatas de modo a obter um anel com uma resistência de terra não superior a $1\ \Omega$. Em certas situações (edifícios de pequena dimensão), pode optar-se por eléctrodos do tipo vareta, tubo ou chapa para os quais a resistência de terra deve ser inferior a $10\ \Omega$;

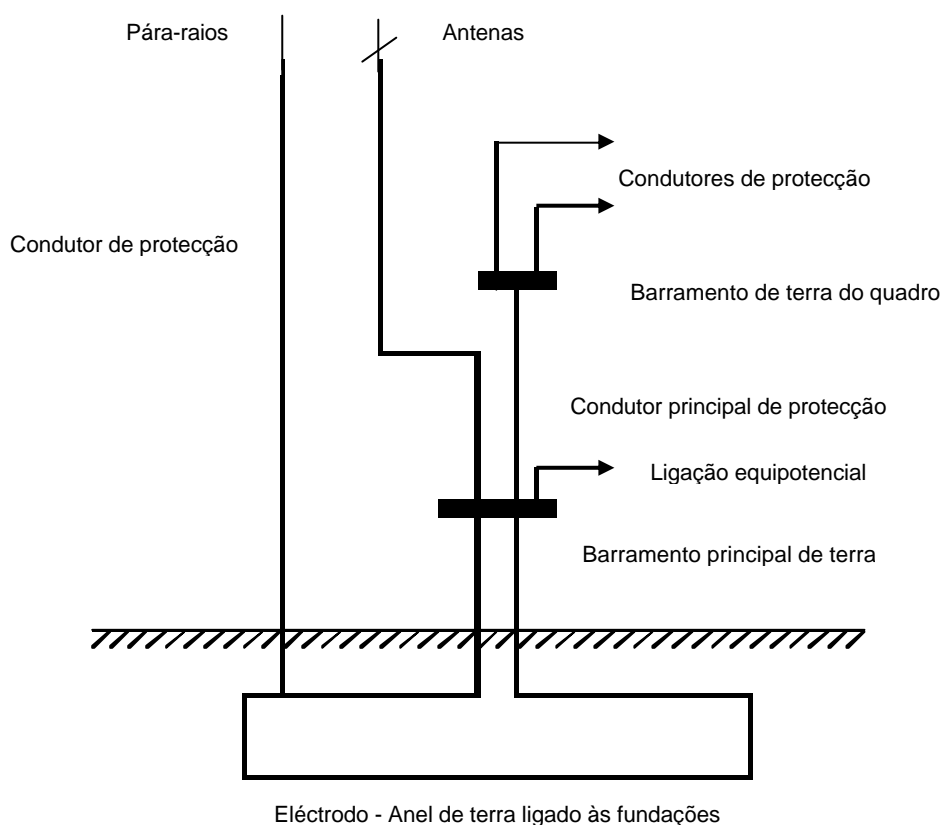


Figura 5.1: Exemplo de ligações à terra num edifício residencial

- ❑ Condutores de terra (prumadas) com origem no eléctrodo, que ligarão ao repartidor geral do edifício através de um ligador amovível, e deste, aos barramento de terra do quadro principal (quadro de colunas) do edifício. A ligação das prumadas ao anel será efectuada através de soldadura aluminotérmica;
- ❑ Condutores de protecção destinam-se a efectuar a ligação das massas e elementos condutores principais de protecção e barramento de terras e ligarão a todos os quadros eléctricos;
- ❑ Com origem em cada um dos quadros eléctricos a rede de terras de protecção será constituída pelo condutor de protecção existente em todos os circuitos, que terá sempre secção igual à dos condutores de neutro e isolamento de cor verde/amarela.

5.4.2 – Condutores de Terra e de Protecção

5.4.2.1 – Constituição

Os condutores de terra e de protecção devem estar preparados para suportar em pleno a intensidade de corrente de defeito previsível sem qualquer alteração quer do ponto de vista eléctrico quer do ponto de vista mecânico.

Os condutores de terra de protecção podem ser de cobre nu, de alumínio ou de aço ou então de cobre isolado (bainha exterior na cor verde/amarelo).

A secção mínima dos condutores de protecção é determinada essencialmente em função da secção dos condutores de fase respectivos:

- Para as secções de fase até 16 mm^2 o condutor de protecção terá a mesma secção que o condutor de fase;
- Para as secções de fase superiores a 16 mm^2 o condutor de protecção terá a secção correspondente a metade da secção do condutor de fase aproximada à secção normalizada imediatamente superior.

A secção mínima dos condutores de terra pode ser determinada conforme referido no subcapítulo seguinte.

As secções mínimas dos condutores de equipotencialidade correspondem às secções definidas para os condutores de protecção.

5.4.2.2 – Dimensionamento

Os condutores de terra serão dimensionados atendendo à energia dissipada pela corrente de curto-circuito antes da actuação das protecções, com a consequente elevação da temperatura. Assim e de acordo com o art.º 580 do RSIUEE, a secção mínima será determinada por:

$$S_p = \frac{I_{def}}{a} \sqrt{\frac{t}{\Delta\Theta}} \quad (5.1)$$

Sendo:

S_p = Secção do condutor de protecção [mm²]

I_{def} = Intensidade da corrente de defeito franco [A]

t = Tempo de actuação da protecção [s]

$\Delta\Theta$ = Elevação de temperatura provocada pela corrente de defeito [°C] nos condutores de terra:

- Condutor isolado ou cabo $\Delta\Theta = 90 \text{ °C}$
- Condutor nu $\Delta\Theta = 150 \text{ °C}$

a = Constante dependente do material do condutor:

- Condutores de cobre $a = 13$
- Condutores de alumínio $a = 8,5$

5.4.3 – Eléctrodos de Terra

5.4.3.1 – Tipos e Constituição

Os eléctrodos de terra são elementos condutores enterrados no solo, cujo comportamento é condicionando pelas características do material da sua forma e dimensões. Normalmente são considerados os eléctrodos do tipo rede malhada (anel de fundações), varetas e chapas.

O anel de terras empregue nas fundações dos edifícios pode ser reforçado pela aplicação de eléctrodos simples de diversos tipos; chapas, varetas, tubos, perfilados, cabos e fitas, quer em cobre quer em aço galvanizado. Estes eléctrodos podem igualmente ser

empregues em substituição do anel de terras, nomeadamente em edifícios residenciais de pequenas dimensões ou unifamiliares.

A caixa de medição de terra que estabelece a ligação entre o condutor com origem no eléctrodo de terra e o condutor de terra deve comportar um ligador amovível, de modo a permitir a medição independente da resistência de terra de cada eléctrodo.

A resistência do eléctrodo de terra, medida no ligador amovível, deverá apresentar um valor inferior a 10 Ohm, sem ter em conta a ligação equipotencial a outros serviços.

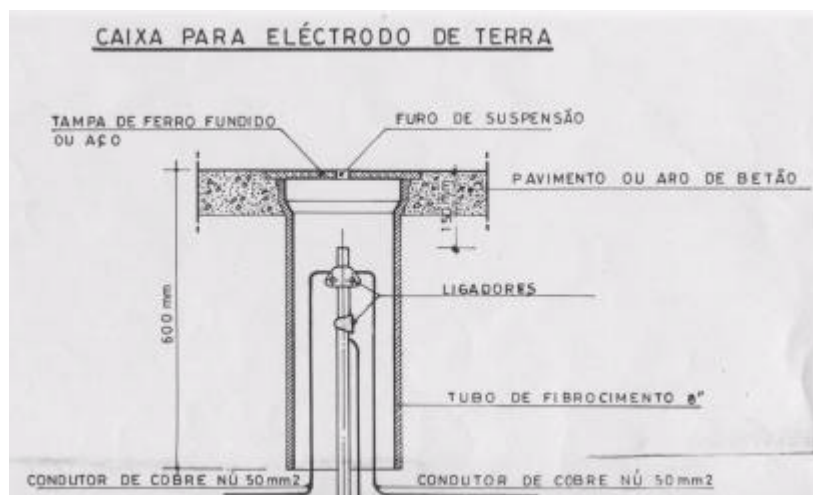


Figura 5.2: Exemplo de eléctrodo de terra

5.4.3.2 – Dimensionamento

O cálculo da resistência de terra de eléctrodos de terra pode ser efectuado de modo aproximado pela aplicação das seguintes expressões:

- Eléctrodos de condutor horizontal (malha de fundações)

$$R = 0,366 \frac{r}{L} \log \frac{9L^2}{16dh} \quad (5.2)$$

se os comprimentos das malhas se encontram entre 10 a 100 m pode considerar-se a expressão simplificada $R = \frac{2r}{L}$.

- Eléctrodos de condutor vertical (tipo vareta)

$$R = 0,366 \frac{r}{L} \log \frac{3L}{d} \quad (5.3)$$

se $L > 100.d$ pode considerar-se a expressão simplificada $R = \frac{r}{L}$.

- Eléctrodos de placa vertical (tipo chapa)

$$R = \frac{r}{8r} \left(1 + \frac{r}{2,5h + r} \right) \quad (5.4)$$

se $h > \frac{pr}{2}$ pode considerar-se a expressão simplificada $R = 0,8 \frac{r}{r}$.

Sendo:

L = Comprimento do eléctrodo (vareta) ou perímetro da malha (anel) em [m].

r = Resistividade do solo em [Ω .m].

d = Diâmetro do eléctrodo [m].

h = Profundidade de enterramento do eléctrodo [m].

r = Raio do círculo circunscrito à superfície da chapa [m].

Os valores de resistividade dos terrenos são bastante variáveis, dependendo da sua composição, temperatura e grau de humidade do solo e também da temperatura ambiente. Na tabela 5.1 apresentam-se valores médios que viabilizam um cálculo aproximado das resistências de terra.

Tabela 5.1: Valores médios a considerar de resistividade dos solos.

Tipo e Natureza do Solo	Resistividade média (Ohm.m)
Terrenos aráveis compactos e húmidos	50
Terrenos aráveis negros, gravilhas compactas grosseiras	500
Terrenos pedregosos, areias secas e rochas permeáveis	3000

6 – SISTEMAS DE PROTECÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

6.1 - INTRODUÇÃO

A formação em determinado local de uma nuvem de tempestade pode dar origem a um campo eléctrico entre a nuvem e o solo, cujo valor pode ser superior a 5 kV/m, ao nível do solo dando assim origem ao desenvolvimento de descargas (raios) a partir de irregularidades do solo ou de massa metálicas. Essas descargas atmosféricas podem originar diversos tipos de efeitos dos quais se referem-se os seguintes:

- ❑ Efeitos Térmicos: elevação da temperatura nos materiais podendo levar à sua destruição;
- ❑ Efeitos Electrodinâmicos: originando forças de atracção e de repulsão em condutores próximos do ponto atingido pelo raio;
- ❑ Efeitos Acústicos (trovão): ruído provocado pela elevação de pressão durante o embate das nuvens;
- ❑ Efeitos de Indução: o escorvamento do arco através dos condutores cria um fluxo magnético gerador de tensões elevadas;
- ❑ Efeitos Luminosos (raio): a luz emitida pelo raio provoca encandeamento na retina de observadores próximos;
- ❑ Efeitos Indirectos: a dispersão das correntes num solo heterogéneo pode estabelecer tensões de passo entre pontos vizinhos, perigosos para pessoas mas sobretudo para animais.

Uma protecção coerente e completa contra descargas de origem atmosférica deve prever dispositivos destinados a: - 1) evitar as descargas directas e impedir o estabelecimento de diferenças de potencial perigosos entre pontos vizinhos do edifício; - 2) evitar ou minimizar os efeitos da indução sobre aparelhagens eléctricas e electrónicas e os efeitos das sobretensões transmitidas pelas linhas de transmissão de energia eléctrica.

A instalação de pára-raios no topo dos edifícios pode garantir a protecção aos primeiros

fenómenos mencionados. Quanto aos fenómenos mencionados em segundo lugar, a protecção de equipamentos pode ser garantida pela colocação de descarregadores de sobretensão, nas linhas eléctricas de alimentação de energia à entrada dos quadros eléctricos.

6.2 –CLASSIFICAÇÃO DOS EDIFÍCIOS E ESTRUTURAS

Os critérios empregues na definição dos sistemas para a protecção de edifícios e estruturas avalia diversos tipos de parâmetros tais como: o número anual expectável de descargas, tipo e utilização do edifício ou estrutura, valor dos equipamentos e garantia da continuidade de serviço.

Tabela 6.1: Classificação de riscos: protecção contra descargas atmosféricas.

Riscos associados à altura e implantação dos edifícios	Classificação	Exemplos
Risco Atenuado	AI 1	<ul style="list-style-type: none"> - Edifícios em locais de reduzida incidência de descargas atmosféricas - Edifícios com proximidade imediata de estruturas de altura significativamente superior - Edifícios localizados na base de escarpas profundas
Risco Normal	AI 2	<ul style="list-style-type: none"> - Edifícios com implantação não assinalável face ao terreno
Risco Agravado	AI 3	<ul style="list-style-type: none"> - Edifícios de altura superior a 25 m - Edifícios com implantação saliente no terreno ou em elevações significativas - Edifícios em penhascos ou na orla marítima

Tabela 6.2: Classificação dos edifícios: protecção contra descargas atmosféricas.

Riscos associados à ocupação/utilização dos edifícios	Classificação	Exemplos
Sem riscos especiais	CD 1	<ul style="list-style-type: none"> - Edifícios em locais de reduzida incidência de descargas atmosféricas
Ocupação significativa Conteúdos alto valor económico Conteúdos particular/ sensíveis Conteúdos c/ risco incêndio	CD 2	<ul style="list-style-type: none"> - Escolas, hotéis, cinemas, hospitais, centros comerciais - Museus, Bibliotecas - Centros de informática, Telecomunicações - Armazéns de papel, cortiça
Conteúdos tóxicos, radioactivos Conteúdos c/ risco explosão	CD 3	<ul style="list-style-type: none"> - Armazéns de pesticidas - Armazéns de combustíveis, explosivos

Tabela 6.3: Critérios de decisão sobre a necessidade de protecção contra descargas atmosféricas.

Riscos associados à ocupação dos edifícios	Riscos associados à altura e implantação de edifícios e estruturas		
	Risco Atenuado (AI 1)	Risco Normal (AI 2)	Risco Agravado (AI 3)
Estruturas comuns (CD1)	Dispensável	Aconselhável	Aconselhável
Estruturas com riscos específicos (CD2)	Aconselhável	Necessário	Necessário
Estruturas com riscos para as imediações (CD3)	Necessário	Necessário	Necessário

6.3 – PROTECÇÃO DIRECTA CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS

6.3.1 – Estrutura Geral

Para a definição dos sistemas de protecção contra descargas atmosféricas deve ter-se em atenção a Norma EN 61 024.

Os sistemas de protecção são constituídos basicamente por elementos captadores, colocadas na cobertura do edifício, condutores em troço vertical descendente para ligação à terra e eléctrodos de terra.

6.3.2 – Elementos Captadores

Os elementos captadores são essencialmente dos tipos seguintes:

- Pára-raios tipo hastes Franklin, constituídos por ponteiros em aço inoxidável;
- Malhas condutoras ou gaiolas de Faraday, constituídas por todos os elementos metálicos colocados no topo dos edifícios ou estruturas, tais como fios, varetas, cabos nus e fitas, quer em cobre quer em aço inoxidável.
- Pára-raios ionizante (tipo piezoeléctrico), constituído por ponteiros em aço inoxidável, anel captor e elemento piezoeléctrico instalado em invólucro metálico.

Os pára-raios (Franklin e os piezoeléctricos) são normalmente instalados em mastros de tubo de aço sem costura galvanizado.

6.3.3 – Condutores de Ligação ao Eléctrodo de Terra

A ligação entre hastes e destas para o ligador de terra e eléctrodo respectivo, será feita por condutor plano de cobre, fixo nos topos da cobertura e à parede do edifício e pela sua estrutura metálica.

Os condutores em troço vertical deverão seguir o traçado mais directo possível entre a haste e o ligador.

A resistência do eléctrodo de terra deverá apresentar um valor inferior a 10 Ohm, sem ter em conta a ligação equipotencial a outros serviços.

A ligação entre os pára-raios e a caixa de medição com o ligador amovível será feita em condutor de cobre nu de 70 mm² de secção ou em condutor plano de cobre (barrinhas de cobre) de 30x2 mm fixo à parede do edifício por intermédio de braçadeiras isolantes em vidro apropriadas, condutor esse que terminará em ligadores amovíveis instalados a 2,5 m do pavimento.

Da caixa do ligador amovível, deve existir um tubo de ferro galvanizado de 1½” de diâmetro provido de um rasgo longitudinal no lado, voltado para a parede cuja outra extremidade será enterrada no solo até uma profundidade de 0,6 m. O condutor a utilizar neste troço da instalação deverá ser do tipo Cu 70 mm².

6.4 – PROTECÇÃO CONTRA SOBRETENSÕES

Para a protecção contra a propagação de sobretensões ao longo das linhas de alimentação eléctrica, originadas por fenómenos de descarga atmosférica podem empregar-se dispositivos do tipo descarregadores de sobretensão.

Estes dispositivos são posicionados na entrada dos quadros eléctricos que alimentam os equipamentos mais sensíveis e importantes (equipamento electrónico, computadores, centrais telefónicas, centrais de segurança, etc.), sendo ligados entre cada fase e a terra.

As características a considerar na definição dos descarregadores são:

- Tensão de serviço máxima permitida;
- Intensidade de corrente nominal de descarga;

- Nível de protecção.

Os descarregadores podem classificar-se em função da sua utilização, de acordo com a norma DIN VDE 0675, em:

- Descarregador de corrente de raio, função do nível de perturbação;
- Descarregador de sobretensão, função da sensibilidade do equipamento a proteger;

Os descarregadores de corrente de raio são montados no ponto de entrada dos cabos da rede de alimentação dos edifícios como protecção contra propagação da sobretensão originada por raio. São normalmente do tipo Varistor ou de hastes de descarga. Estes descarregadores têm de suportar a corrente do raio sem se auto destruírem da ordem dos 50 kA (10/350 μ s), para uma tensão máxima de 6 kV.

Os descarregadores de sobretensão são montados na entrada dos quadros eléctricos. São normalmente do tipo Díodo Zener ou Varistor. Estes descarregadores estão destinados unicamente à limitação das sobretensões das correntes de choque relativamente pequenas da ordem dos 5 kA (8/20 μ s) e 1,5 kA (8/20 μ s), para uma tensão máxima de 2,5 ou 1,5 kV.

6.5 – DIMENSIONAMENTO

As zonas de protecção de um edifício são obtidas teoricamente com base num modelo electromagnético que na prática podem ser aproximadas a um cone de revolução tendo por vértice a ponta do pára-raios. A norma C 17100 propõe um semi-ângulo no cimo dos edifícios de 60°. Contudo os pára-raios do tipo ionizante introduzem uma elevação fictícia na altura do pára-raios, pelo que pode generalizar-se a expressão geral de obtenção do raio de protecção assumindo um coeficiente característico do tipo de pára-raios.

Assim na determinação do raio de protecção pode ter-se em consideração a fórmula expressa por (6.1), sendo possível estabelecer os quadros das tabelas 6.1. e 6.2.

$$R = h' \operatorname{tg} \alpha \quad (6.1)$$

Tabela 6.4: Características dos pára-raios (NC 17 100).

Parâmetro		Tipo de Pára-raios			
		Franklin		Ionizante	
		Em poste	Em edifício	Tipo A	Tipo C
Coeficiente de elevação	KT	-----	-----	1,45	2,9
Ângulo de protecção	α	45°	60°	68°	78°
Raio de protecção	R	h	1,75 h	2,5 h	5 h

Tabela 6.5: Valores médios do raio de acção dos pára-raios (NC 17 100).

Altura h dos pára-raios [m]	Raios de protecção R [m]			
	Franklin / poste	Franklin / edifício	Ionizante tipo A	Ionizante tipo B
	$R = h$	$R = 1,75 h$	$R = 2,5 h$	$R = 5 h$
2	2	3,5	5	10
4	4	7	10	20
8	8	14	20	40
10	10	17,5	25	50
15	15	26,25	37,5	75
20	20	35	50	100
30	30	52,5	75	150
40	40	70	100	200

A caixa de medição de terra que estabelece a ligação entre o condutor com origem no eléctrodo de terra e o condutor de terra deve comportar um ligador amovível, de modo a permitir a medição independente da resistência de terra de cada eléctrodo.

A resistência do eléctrodo de terra, medida no ligador amovível, deverá apresentar um valor inferior a 10 Ohm, sem ter em conta a ligação equipotencial a outros serviços.

BIBLIOGRAFIA

CERTIEL Cadernos Técnicos, (2000), Instalações de Edifícios e Entradas, CERTIEL

Guia Técnico de das Instalações Eléctricas Estabelecidas em Locais Residenciais ou de Uso Profissional; (1990), Direcção Geral de Energia.

Guia Técnico de Pára-Raios; (1990), Direcção Geral de Energia.

L. M. Vilela Pinto; (2000), Técnicas e Tecnologias em Instalações Eléctricas, CERTIEL

RSICEE – “Regulamento de Segurança das Instalações Colectivas de Edifícios e Entradas”, Direcção Geral de Energia (1974).

RSIUEE – “Regulamento de Segurança das Instalações de Utilização de Energia Eléctrica em Baixa Tensão”, Direcção Geral de Energia (1974).

RSSPTS – “Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento”, Direcção Geral de Energia (1976).

ANEXO 1

A.1.1. Índices de Protecção (IP) em função da Classificação de Estabelecimento das Instalações Consoante o Ambiente do Local

A.1.2. Ficha de Identificação e Ficha Electrotécnica

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO

Câmara Municipal de _____	Refª _____	Data de entrada _____
Distribuidor: _____		
Serviços externos da DGE: _____		
Direcção Geral dos Espectáculos: _____		

1. REQUERENTE

1.1. Nome: _____

1.2. Morada: _____

2. INSTALAÇÃO

2.2. Freguesia: _____

2.3. Concelho: _____

2.4. Categoria da instalação: _____

2.5. Descrição sumária: _____

3. TÉCNICO RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO PROJECTO

3.1. Nome: _____

3.2. Morada: _____ Tel.: _____

3.3. Número de inscrição na DGE: _____

4. TRAMITAÇÃO DO PROCESSO

4.1. Distribuidor de energia eléctrica: _____

4.2. Serviços externos da Direcção Geral de Energia: _____

4.3. Direcção Geral dos Espectáculos: _____

4.4. Câmara Municipal d _____

Potências previstas (4)						
Locais de utiliz.	Quantidade	Iluminação Usos gerais e força mot. - kVA -	Aquecimento kVA (5)	Total instalado Kva	Coefficiente de simulta- neidade (7)	Potência a alimentar kVA
Escritórios						
Serv. comuns						
Totais						

Instalações sem projecto	
Colunas	Tipo de condutores: _____ Secção _____ mm² Prot. Mecânica _____ Ø
Entradas	Tipo de condutores: _____ Secção _____ mm² Prot. Mecânica _____ Ø
Inst. Utilização	_____ circ. a 1,5 mm² c/prot. _____ Δ
	_____ circ. a 2,5 mm² c/prot. _____ Δ
	_____ circ. a _____ mm² c/prot. _____ Δ

Assinatura: _____

- (RESERVADO AO VISTO DO DISTRIBUIDOR)

ANEXO 2

A.2.1. Tabelas de Cabos