

MANUAL PRÁTICO DO ELETRICISTA RESIDENCIAL

# Apostila Completa de Instalações Elétricas Residenciais

Da teoria básica ao projeto de um apartamento completo, passo a passo, de acordo com as regras e a prática em Portugal (RTIEBT).

- ⚡ Conceitos essenciais explicados de forma simples
- ⚡ Proteções: disjuntores, diferenciais e terra
- ⚡ Cabos, tubos, caixas e aparelhagem usados em Portugal
- ⚡ Exemplo completo: projeto de um T2, do zero ao quadro
- ⚡ Esquemas de ligação, ensaios e lista de materiais

Material de estudo e consulta. Cada instalação deve ser verificada, dimensionada e executada por técnico responsável habilitado, cumprindo as RTIEBT (Portaria n.º 949-A/2006) e a legislação em vigor.

# Conteúdo

- **Antes de começar** – Como usar esta apostila
- **Capítulo 1** – Os conceitos essenciais
- **Capítulo 2** – Como a energia chega a casa
- **Capítulo 3** – O quadro elétrico da habitação
- **Capítulo 4** – Proteções: disjuntores e diferenciais
- **Capítulo 5** – Condutores e cabos
- **Capítulo 6** – Tubos, caixas e aparelhagem
- **Capítulo 7** – Terra e locais especiais
- **Capítulo 8** – Simbologia para plantas
- **Capítulo 9** – Iluminação e comandos
- **Capítulo 10** – Aparelhos de grande potência
- **Capítulo 11** – Projeto completo de um apartamento T2
- **Capítulo 12** – Projeto de uma moradia trifásica
- **Capítulo 13** – Esquemas de ligação
- **Capítulo 14** – Ensaio antes de ligar
- **Capítulo 15** – Medições com o multímetro
- **Capítulo 16** – Substituir um quadro antigo
- **Capítulo 17** – Diagnóstico de avarias
- **Capítulo 18** – Lista de materiais do exemplo
- **Capítulo 19** – Exercícios resolvidos
- **Capítulo 20** – Segurança, glossário e checklist
- **Anexo** – Tabelas de consulta rápida

# Como usar esta apostila

Esta apostila foi pensada para quem está a começar ou quer organizar o que já sabe. Pode lê-la de seguida ou ir direto ao capítulo que precisa.

## Como está organizada

- 1 Capítulos 1 a 3:** a base – tensão, corrente, potência e como a energia chega a casa.
- 2 Capítulos 4 a 10:** os componentes – proteções, cabos, tubos, terra, locais especiais, simbologia, iluminação e aparelhos potentes.
- 3 Capítulos 11 e 12:** dois projetos completos (apartamento T2 e moradia trifásica), passo a passo.
- 4 Capítulos 13 a 18:** esquemas, ensaios, medições, substituição de quadros antigos, avarias e materiais.
- 5 Capítulos 19 e 20:** exercícios resolvidos, segurança, glossário e checklist – e no fim, tabelas de consulta rápida.

### Sobre as normas

Em Portugal, as instalações elétricas de baixa tensão seguem as **Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT)**, aprovadas pela Portaria n.º 949-A/2006. Esta apostila explica a prática corrente que decorre dessas regras, mas não substitui a sua leitura nem o projeto de um técnico responsável.

### Trabalhar com eletricidade é perigoso

Nunca trabalhe com circuitos em tensão. Desligue, verifique a ausência de tensão e, em caso de dúvida, chame um profissional habilitado. Instalações novas ou remodelações profundas podem exigir projeto, termo de responsabilidade e inspeção.

## Os valores desta apostila

Os exemplos usam a rede portuguesa: **230 V entre fase e neutro** e **400 V entre fases**, a **50 Hz**. As tomadas são do tipo **Schuko (2P+T, 16 A)** e as cores dos condutores seguem a norma europeia.

# Os conceitos essenciais

Antes de ligar qualquer fio, é preciso perceber quatro grandezas: tensão, corrente, resistência e potência.

## Tensão (U) – medida em volts (V)

É a "força" que empurra a eletricidade pelos condutores. Em casa, entre a fase e o neutro, existem **230 V**. Nas instalações trifásicas, entre duas fases, existem **400 V**.

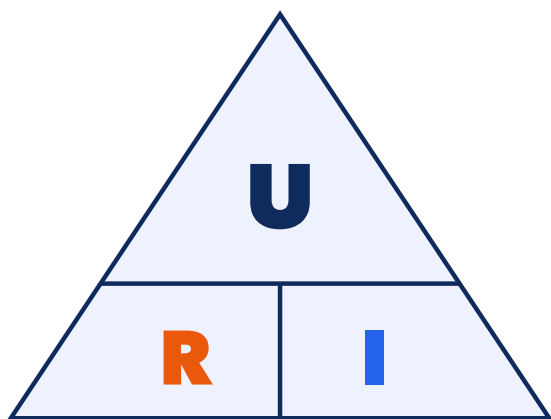
## Corrente (I) – medida em amperes (A)

É a quantidade de eletricidade que passa no condutor. Quanto maior a corrente, mais grosso tem de ser o cabo e maior o disjuntor que o protege.

## Resistência (R) – medida em ohms ( $\Omega$ )

É a dificuldade que um material oferece à passagem da corrente. O cobre tem resistência muito baixa (por isso é usado nos cabos); o corpo humano também conduz, e é por isso que a corrente é perigosa.

## A lei de Ohm



tape a letra que procura

$$U = R \times I$$

$$I = U \div R$$

$$R = U \div I$$

$$P = U \times I$$

(potência em watts)

## Potência (P) – medida em watts (W)

É a rapidez com que um aparelho consome energia. Um termoacumulador de 2000 W consome mais do que uma lâmpada LED de 10 W.

$$P = U \times I$$

Exemplo: forno de 3000 W em 230 V  $\rightarrow I = 3000 \div 230 = 13,0$  A

## Energia – medida em quilowatts-hora (kWh)

É o que a fatura de eletricidade cobra: potência × tempo. Um aparelho de 2000 W ligado durante 1 hora consome **2 kWh**.

## Potência ativa, aparente e fator de potência

Nos aparelhos com motores ou eletrónica, nem toda a energia fornecida se transforma em trabalho útil. A **potência aparente** (em VA) é o que a rede fornece; a **potência ativa** (em W) é o que se transforma em calor, luz ou movimento. A relação entre as duas é o **fator de potência** ( $\cos \varphi$ ).

$$P \text{ (W)} = S \text{ (VA)} \times \cos \varphi$$

Aparelhos resistivos (forno, termoacumulador, placa):  $\cos \varphi \approx 1$

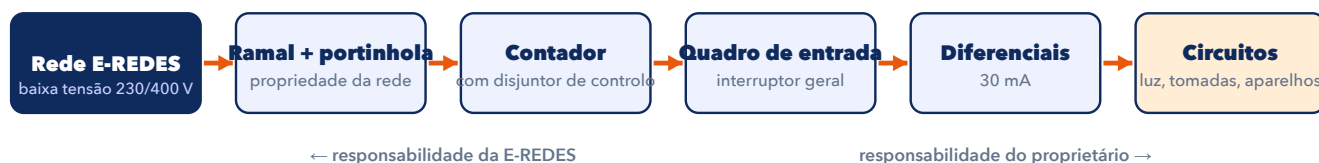
É por isso que a potência contratada em Portugal é indicada em **kVA** (potência aparente).

## Monofásico e trifásico

|            | Monofásico                       | Trifásico                                       |
|------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| Condutores | Fase + neutro + terra            | 3 fases + neutro + terra                        |
| Tensões    | 230 V                            | 230 V (fase-neutro) e 400 V (entre fases)       |
| Uso típico | Apartamentos e moradias pequenas | Moradias grandes, motores, carregadores rápidos |

# Como a energia chega a casa

Conhecer o caminho da energia ajuda a perceber onde termina a responsabilidade do distribuidor e onde começa a do proprietário.



## As peças do caminho

- **Rede de distribuição:** gerida pela E-REDES (o operador da rede de distribuição em Portugal continental).
- **Ramal e portinhola:** a ligação da rede ao edifício, com os fusíveis de proteção do ramal.
- **Contador:** mede a energia. Junto a ele existe o **disjuntor de controlo**, regulado de acordo com a potência contratada.
- **Quadro de entrada / quadro de distribuição:** dentro da habitação, com o interruptor geral, os diferenciais e os disjuntores de cada circuito.

## Potência contratada

É o máximo de potência que pode usar ao mesmo tempo sem que o disjuntor de controlo dispare. Em baixa tensão normal, as potências mais usadas em habitações são:

| Potência contratada | Corrente do disjuntor de controlo (monofásico) | Uso típico                                 |
|---------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 3,45 kVA            | 15 A                                           | T0/T1 sem placa elétrica                   |
| 4,6 kVA             | 20 A                                           | T1/T2 com gás para cozinhar                |
| 5,75 kVA            | 25 A                                           | T2 com algum equipamento elétrico          |
| 6,9 kVA             | 30 A                                           | T2/T3 com placa, forno e termoacumulador   |
| 10,35 kVA           | 45 A                                           | T3/T4 ou moradia com ar condicionado       |
| 13,8 kVA            | 60 A                                           | Moradias grandes (ou passagem a trifásico) |

### Como se calcula a corrente

$I = S \div U$ . Exemplo:  $6,9 \text{ kVA} \div 230 \text{ V} = 6900 \div 230 = \mathbf{30 \text{ A}}$ .

### Dica prática

Antes de propor mais circuitos ou aparelhos potentes a um cliente, confirme a potência contratada na fatura. Pedir aumento de potência é feito junto do comercializador de energia.

## Ler a fatura com o cliente

- **Potência contratada (kVA):** paga-se um valor fixo por dia; quanto maior a potência, maior esse valor.
- **Energia consumida (kWh):** o que efetivamente se gastou no período.
- **Tarifa simples, bi-horária ou tri-horária:** nas tarifas com períodos, a energia é mais barata nas horas de vazio (habitualmente à noite e ao fim de semana, conforme o ciclo escolhido).

### Onde o eletricista acrescenta valor

Com tarifa bi-horária, um relógio programador no termoacumulador (ou na bomba de calor) desloca o aquecimento de água para as horas de vazio. É um serviço simples que o cliente sente logo na fatura.

## Erros que fazem disparar o disjuntor de controlo

- Ligar placa, forno, termoacumulador e máquina de lavar ao mesmo tempo com 3,45 ou 4,6 kVA.
- Aquecedores elétricos portáteis no inverno, somados a tudo o resto.
- Carregar um carro elétrico sem rever a potência contratada.

# O quadro elétrico da habitação

O quadro é o coração da instalação: recebe a energia do contador e distribui-a, protegida, por todos os circuitos.

## O que tem um quadro de habitação

- 1 **Interruptor geral:** corta toda a instalação de uma vez.
- 2 **Interruptores diferenciais (DR):** protegem as pessoas contra choques; repartem os circuitos em grupos.
- 3 **Disjuntores:** um por circuito, protegem os cabos contra sobrecargas e curto-circuitos.
- 4 **Descarregador de sobretensões (DST):** recomendado, protege os equipamentos contra picos de tensão (trovoadas, manobras na rede).
- 5 **Barramentos de neutro e de terra** e a **identificação** de cada circuito.

## Regras de boa organização

- Repartir os circuitos por **pelo menos dois diferenciais**: um defeito não deixa a casa toda às escuras.
- Separar **iluminação** de **tomadas** e pôr luz e tomadas da mesma zona em diferenciais diferentes.
- Cada diferencial deve ter **calibre igual ou superior ao do interruptor geral**, para ficar sempre protegido contra sobrecarga.
- Deixar cerca de **20 % de módulos livres** para ampliações.
- Instalar o quadro em local de **fácil acesso**, perto da entrada, nunca dentro da casa de banho.

### Identificação obrigatória na prática

Cada disjuntor deve ter uma etiqueta clara ("C3 - Tomadas sala"). Um quadro sem identificação é perigoso para quem vier a seguir e dá má imagem do trabalho.

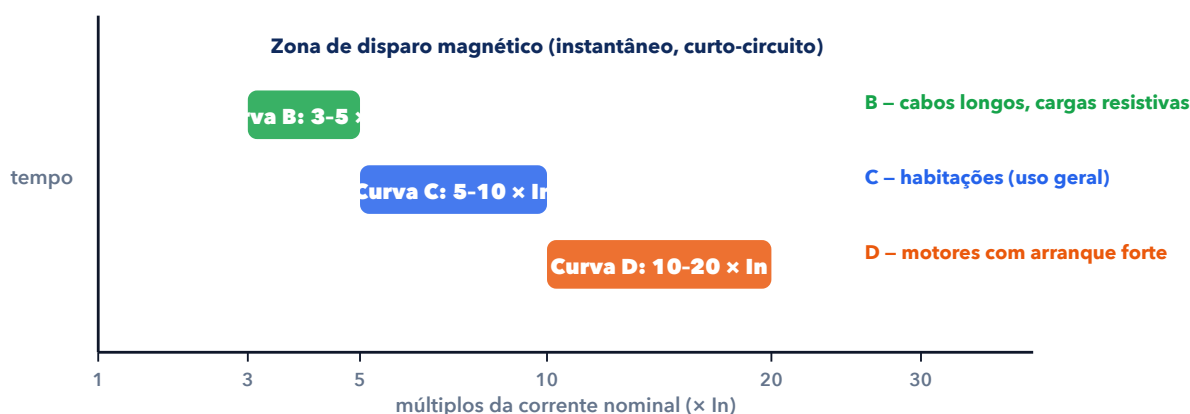
# Proteções: disjuntores e diferenciais

Disjuntor e diferencial fazem trabalhos diferentes. Uma instalação segura precisa dos dois.

## O disjuntor (magnetotérmico)

Protege o **cabo**. Tem duas partes:

- **Térmica:** dispara com algum atraso quando a corrente passa do valor nominal durante algum tempo (sobrecarga).
- **Magnética:** dispara de imediato com correntes muito altas (curto-circuito).



## Calibres mais usados em habitação

| Circuito                         | Secção do cabo      | Disjuntor |
|----------------------------------|---------------------|-----------|
| Iluminação                       | 1,5 mm <sup>2</sup> | 10 A      |
| Tomadas de uso geral             | 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A      |
| Máquinas, forno, termoacumulador | 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A      |
| Placa de indução (até 7,4 kW)    | 6 mm <sup>2</sup>   | 32 A      |
| Carregador de VE 7,4 kW          | 10 mm <sup>2</sup>  | 40 A      |

### Regra de ouro

O disjuntor protege o cabo: **nunca** se aumenta o disjuntor sem aumentar a secção do cabo. Um disjuntor de 20 A num cabo de 1,5 mm<sup>2</sup> é um risco de incêndio.

## O interruptor diferencial (DR)

Protege as **pessoas**. Compara a corrente que sai pela fase com a que volta pelo neutro. Se faltar corrente (porque está a "fugir" para a terra, por exemplo através de uma pessoa), dispara.

| Sensibilidade              | Para que serve                                                                         |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 30 mA (alta sensibilidade) | Proteção das pessoas – obrigatório nos circuitos de tomadas, casas de banho e exterior |

## Tipos de diferencial

- **Tipo AC:** só deteta correntes alternadas – cada vez menos usado.
- **Tipo A:** deteta também correntes com componente contínua pulsante – **o recomendado em habitação** (máquinas, placas, eletrónica).
- **Tipo F e tipo B:** para equipamentos com variadores de frequência e carregadores de veículos elétricos (o tipo B, ou o tipo A com deteção de 6 mA DC no carregador).

### Teste mensal

O botão "T" do diferencial deve ser premido periodicamente. Se não disparar, o diferencial tem de ser substituído.

## Descarregador de sobretensões (DST)

Instalado no quadro (tipo 2 em habitações), desvia para a terra os picos de tensão de curta duração. Protege televisores, frigoríficos com eletrónica, routers e caldeiras.

# Condutores e cabos

Escolher bem o cabo é escolher bem a segurança: secção, cor e tipo dependem do circuito e do local.

## Cores dos condutores

| Condutor                    | Cor                             | Função                                                        |
|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Fase                        | Castanho (ou preto / cinzento)  | Leva a energia                                                |
| Neutro                      | Azul claro                      | Retorno da corrente                                           |
| Proteção (terra, PE)        | Verde/amarelo                   | Segurança – nunca transporta corrente em funcionamento normal |
| Retorno (interruptor → luz) | Habitualmente preto ou cinzento | Fase comandada pelo interruptor                               |

## Tipos de cabo mais usados

- **H07V-U / H07V-R:** condutor isolado rígido, enfiado em tubo nas instalações embebidas.
- **H07V-K:** condutor flexível, mais fácil de enfiar em percursos com curvas e dentro de quadros.
- **VV / XV (cabos multicondutores com bainha):** para instalações à vista, caminhos de cabos e enterrados (dentro de tubo, a cerca de 0,70 m, com fita de sinalização).
- **H05VV-F:** cabo flexível para extensões e ligação de aparelhos.

## Corrente admissível (Iz)

Valores de referência para condutores de cobre isolados a PVC, em tubo embebido, com dois condutores carregados, a 30 °C:

| Secção (mm²) | Iz aproximada (A) | Disjuntor habitual |
|--------------|-------------------|--------------------|
| 1,5          | 17,5              | 10 A               |
| 2,5          | 24                | 16 A (ou 20 A)     |
| 4            | 32                | 20/25 A            |
| 6            | 41                | 32 A               |
| 10           | 57                | 40 A               |
| 16           | 76                | 63 A               |

## Vários circuitos no mesmo tubo

Quando vários circuitos partilham o mesmo tubo, aquecem mais e a corrente admissível baixa. Multiplica-se Iz pelo fator de agrupamento:

| Circuitos no tubo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------|---|---|---|---|---|---|
|-------------------|---|---|---|---|---|---|

|       |      |      |      |      |      |      |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| Fator | 1,00 | 0,80 | 0,70 | 0,65 | 0,60 | 0,57 |
|-------|------|------|------|------|------|------|

### Exemplo

Três circuitos de 2,5 mm<sup>2</sup> no mesmo tubo: 24 A × 0,70 = **16,8 A**. Um disjuntor de 16 A continua adequado; um de 20 A já não.

## Queda de tensão

Num cabo longo, parte da tensão "perde-se" pelo caminho. As RTIEBT limitam a queda de tensão, desde a origem da instalação, a **3 % nos circuitos de iluminação** e **5 % nos restantes**.

$$\Delta U = 2 \times L \times I \times \rho \div S$$

L = comprimento (m) · I = corrente (A) · S = secção (mm<sup>2</sup>) ·  $\rho \approx 0,0225 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  (cobre em serviço)

## Condutor de proteção (terra)

| Secção das fases            | Secção do condutor de proteção |
|-----------------------------|--------------------------------|
| até 16 mm <sup>2</sup>      | igual à das fases              |
| 25 e 35 mm <sup>2</sup>     | 16 mm <sup>2</sup>             |
| acima de 35 mm <sup>2</sup> | metade da secção das fases     |

# Tubos, caixas e aparelhagem

Uma boa rede de tubos e caixas facilita a instalação, a manutenção e futuras ampliações.

## Tubos

- **Tubo rígido em PVC (VD):** para instalações à vista ou em paredes ocas.
- **Tubo anelado (flexível):** o mais usado embebido em paredes e lajes.
- **Tubo para enterrar:** de parede dupla, com fita de sinalização por cima.

Diâmetros correntes: **16, 20, 25 e 32 mm**. O tubo deve permitir enfiar e retirar os condutores com facilidade, sem os forçar.

| Diâmetro do tubo | Referência prática (H07V-U)                                            |
|------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 16 mm            | até 3 condutores de 2,5 mm <sup>2</sup> (ou 4 de 1,5 mm <sup>2</sup> ) |
| 20 mm            | até 5 condutores de 2,5 mm <sup>2</sup>                                |
| 25 mm            | até 3 condutores de 6 mm <sup>2</sup> ou 8 de 2,5 mm <sup>2</sup>      |
| 32 mm            | alimentação do quadro e troços principais                              |

Valores orientativos para percursos com poucas curvas. Em percursos longos ou com muitas curvas, use o diâmetro seguinte.

## Caixas

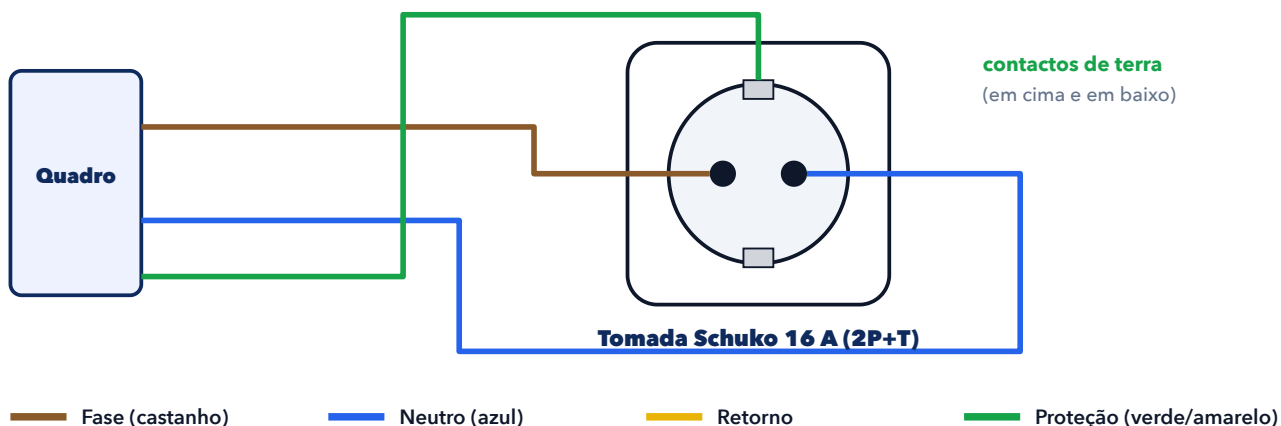
- **Caixas de aparelhagem** (redondas, Ø 65 mm, ou retangulares para módulos): onde ficam tomadas e interruptores.
- **Caixas de derivação:** onde se fazem as ligações (com ligadores, nunca com fita isoladora).
- **Caixa de saída de cabo:** para ligar aparelhos fixos sem tomada (placa, termoacumulador).

## Alturas habituais

| Elemento                      | Altura ao pavimento                   |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| Interruptores                 | ≈ 1,10 m, do lado do puxador da porta |
| Tomadas de uso geral          | ≈ 0,30 m                              |
| Tomadas da bancada da cozinha | ≈ 1,10 m (acima da bancada)           |
| Quadro elétrico               | parte superior a cerca de 1,80 m      |

## A tomada Schuko (2P+T, 16 A)

É a tomada usada em Portugal. Tem dois alvéolos redondos (fase e neutro) e a **terra nos contactos laterais metálicos**, em cima e em baixo.



## Outras tomadas e aparelhagem úteis

- **Tomadas com obturadores** (proteção para crianças): recomendadas em quartos e salas.
- **Tomadas com carregador USB**: práticas em quartos e cozinhas; confirmar que são de marca certificada (marcação CE).
- **Tomadas estanques IP44 com tampa**: varandas, terraços, garagens e lavandarias exteriores.
- **Tomadas de bancada**: acima da bancada da cozinha, afastadas do lava-loiça e da placa.
- **Interruptores com sinalizador**: úteis em corredores escuros; atenção à compatibilidade com lâmpadas LED de baixo consumo.

### Aparelhagem certificada

Use apenas material com marcação CE de fabricantes reconhecidos. Aparelhagem barata sem certificação aquece, solta-se e é causa frequente de avarias.

# Terra e locais especiais

A ligação à terra e as regras dos locais húmidos são o que separa uma instalação "que funciona" de uma instalação segura.

## A ligação à terra

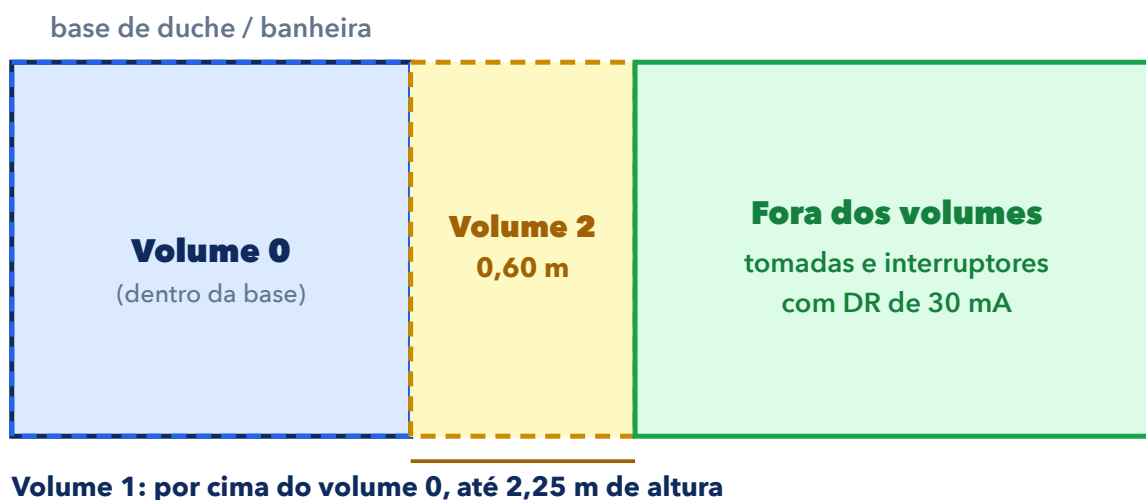
O condutor de proteção (verde/amarelo) liga todas as partes metálicas dos aparelhos ao **elétrodo de terra** do edifício. Se houver um defeito, a corrente segue pela terra e o diferencial dispara antes que alguém apanhe um choque.

- **Elétrodo de terra:** vareta, chapa ou anel enterrado, ligado ao barramento de terra do quadro.
- **Ligação equipotencial principal:** liga à terra as canalizações metálicas que entram no edifício (água, gás).
- **Ligação equipotencial suplementar:** nas casas de banho, liga as partes metálicas acessíveis (base de duche metálica, tubagens) ao condutor de proteção.

$$R_A \times I_{\Delta n} \leq 50 \text{ V}$$

Condição de proteção em esquema TT. Com DR de 30 mA,  $R_A \leq 1666 \Omega$  – mas na prática procure valores bem mais baixos.

## Casas de banho: os volumes



- **Volume 0 e 1:** só aparelhos próprios para esse volume (por exemplo, luminárias em muito baixa tensão de segurança,  $\leq 12 \text{ V}$ ).
- **Volume 2:** nenhuma tomada nem interruptor; luminárias classe II e IPX4 no mínimo.
- **Fora dos volumes:** tomadas e interruptores permitidos, sempre com **DR de 30 mA**.

## Cozinhas e lavandarias

- Circuitos próprios para placa, forno e máquinas; tomadas da bancada afastadas do lava-loiça.

- Nada de extensões e tomadas múltiplas para aparelhos de grande potência.

## Exterior

- Aparelhagem e luminárias com **IP44 no mínimo** (IP55/IP65 em zonas expostas à chuva ou à rega).
- Todos os circuitos exteriores com **DR de 30 mA**; cabos enterrados em tubo, com fita de sinalização.

## Garagens, arrecadações e anexos

- Aparelhagem resistente a choques mecânicos; tomadas a altura que evite pancadas de veículos.
- Se o anexo ficar afastado da casa, prever um **quadro parcial** próprio, alimentado do quadro principal com cabo e proteção adequados.
- Iluminação com detetor de movimento facilita o dia a dia e poupa energia.

## Piscinas, fontes e jardins

São locais com regras próprias nas RTIEBT (volumes e muito baixa tensão de segurança junto à água). Para estes trabalhos, siga o projeto específico e a regulamentação aplicável – não improvise.

# Simbologia para plantas

Para desenhar ou ler um projeto, usam-se símbolos simples. Estes são os que aparecem na Biblioteca de Projetos do kit.

| Símbolo                                                                             | Significado             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
|    | Ponto de luz de teto    |
|    | Foco encastrado         |
|    | Aplique de parede       |
|    | Luminária exterior IP65 |
|   | Interruptor simples     |
|  | Interruptor duplo       |
|  | Comutador de escada     |
|  | Inversor                |
|  | Botão de pressão        |
|  | Detetor de movimento    |
|  | Tomada Schuko           |
|  | Tomada Schuko dupla     |
|  | Tomada de bancada       |



Tomada estanque IP44



Tomada dedicada



Saída de cabo da placa



Tomada TV / dados (ITED)



Termoacumulador



Ar condicionado



Toalheiro elétrico



Carregador VE



Bomba de água



Automatismo de portão



Extrator



Comando de estore

### Boa prática

Junte sempre uma legenda à planta e numere cada ponto com o circuito a que pertence (C1, C2...). Quem vier a seguir agradece.

# Iluminação e comandos

Hoje quase toda a iluminação é LED. Saber escolher lâmpadas e comandos é parte do trabalho do eletricitista.

## Lâmpadas LED: o que ver na embalagem

| Indicação              | O que significa        | Referência prática                                                                       |
|------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lúmens (lm)            | Quantidade de luz      | ≈ 800 lm substitui uma incandescente de 60 W                                             |
| Watts (W)              | Consumo                | Uma LED de 8-9 W dá a luz de uma antiga de 60 W                                          |
| Temperatura de cor (K) | Tom da luz             | 2700-3000 K quente (quartos, sala) · 4000 K neutra (cozinha, WC) · 6500 K fria (oficina) |
| Casquilho              | Encaixe                | E27, E14, GU10 (focos)                                                                   |
| Regulável (dimmable)   | Funciona com regulador | Só usar com reguladores compatíveis com LED                                              |

## Quanta luz por divisão (referência)

| Divisão              | Iluminação recomendada                                                          |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Sala                 | ≈ 100-150 lm/m <sup>2</sup> , com luz geral + pontos de apoio                   |
| Cozinha              | ≈ 250-300 lm/m <sup>2</sup> , com luz sobre a bancada                           |
| Quartos              | ≈ 100 lm/m <sup>2</sup>                                                         |
| Casa de banho        | ≈ 200 lm/m <sup>2</sup> , com aplique junto ao espelho (fora dos volumes 0 e 1) |
| Corredores e escadas | ≈ 50-100 lm/m <sup>2</sup> , comando de dois ou mais pontos                     |

## Comandos

- **Interruptor simples / duplo:** uma ou duas luzes, de um só ponto.
- **Comutadores de escada:** a mesma luz comandada de dois pontos (ver esquema no capítulo de esquemas).
- **Inversor:** acrescenta pontos de comando entre dois comutadores.
- **Telerruptor + botões de pressão:** ideal para corredores com muitos pontos; o telerruptor fica no quadro ou numa caixa.
- **Detetor de movimento (PIR):** garagens, escadas e exterior; regular tempo e sensibilidade à luz.
- **Temporizador de escada:** em zonas comuns de prédios, desliga a luz ao fim de um tempo regulável.
- **Regulador (dimmer):** confirmar sempre que é próprio para LED e respeitar a potência mínima indicada.

### Lâmpadas que piscam com a luz apagada

Muitas vezes é o interruptor com sinalizador luminoso ou um retorno mal ligado (interruptor no neutro). Verifique primeiro se a fase passa pelo interruptor.

## Iluminação exterior

Luminárias com **IP44 ou superior** (IP65 em zonas expostas), circuito protegido por **DR de 30 mA** e, se houver cabos enterrados, tubo próprio e fita de sinalização.

## Domótica simples (sem complicar)

- **Relógios programadores** no quadro: termoacumulador, iluminação exterior, rega.
- **Interruptores e tomadas inteligentes** (Wi-Fi): práticos em remodelações, sem abrir paredes; confirmar marcação CE e necessidade de neutro na caixa.
- **Sensores crepusculares:** acendem a luz exterior ao anoitecer.

### Deixe preparação

Em obra nova, deixar o **neutro em todas as caixas de interruptor** e tubo com folga facilita futuras automações sem partir paredes.

# Aparelhos de grande potência

Placa, forno, termoacumulador, ar condicionado e carregador de carro elétrico: cada um tem o seu circuito e as suas regras.

| Aparelho                       | Potência típica    | Circuito habitual                  | Notas                                                   |
|--------------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Placa de indução               | 7,2-7,4 kW         | 6 mm <sup>2</sup> · disjuntor 32 A | Caixa de saída de cabo, nunca tomada Schuko             |
| Forno                          | 2,5-3,5 kW         | 2,5 mm <sup>2</sup> · 16 A         | Circuito próprio                                        |
| Máquina de lavar roupa / loiça | 2,0-2,4 kW         | 2,5 mm <sup>2</sup> · 16 A         | Um circuito para cada                                   |
| Máquina de secar roupa         | 2,0-2,8 kW         | 2,5 mm <sup>2</sup> · 16 A         | Circuito próprio                                        |
| Termoacumulador                | 1,5-3 kW           | 2,5 mm <sup>2</sup> · 16 A         | Interruptor bipolar junto ao aparelho; pode ter relógio |
| Bomba de calor (água quente)   | 0,5-3 kW           | 2,5 mm <sup>2</sup> · 16 A         | Seguir o manual do fabricante                           |
| Ar condicionado (split)        | 1-2,5 kW elétricos | 2,5 mm <sup>2</sup> · 16 A         | Circuito próprio por unidade exterior                   |
| Carregador VE 3,7 kW           | 16 A               | 4 mm <sup>2</sup> · 20 A           | DR próprio (ver abaixo)                                 |
| Carregador VE 7,4 kW           | 32 A               | 10 mm <sup>2</sup> · 40 A          | DR próprio; confirmar potência contratada               |

## Regra geral

Qualquer aparelho com corrente nominal acima de cerca de 10 A deve ter **circuito próprio** desde o quadro. Confirme sempre a potência e a corrente na **chapa de características** do aparelho.

## Carregador de veículo elétrico

- Circuito exclusivo desde o quadro, sem outras cargas.
- Proteção diferencial de 30 mA **tipo A com deteção de corrente contínua de 6 mA** (muitas vezes integrada no carregador) ou **tipo B**.
- Verificar a **potência contratada** (um carregador de 7,4 kW numa casa com 6,9 kVA vai fazer disparar o disjuntor de controlo) e, se possível, usar gestão dinâmica de carga.
- Verificar a queda de tensão: em percursos longos (garagens a mais de 25 m do quadro) pode ser preciso aumentar a secção.

### Nunca use extensões

Para carregar um carro ou ligar um aparelho de grande potência, nunca use extensões nem tomadas múltiplas. Aquecem e são causa frequente de incêndios.

# Projeto completo de um apartamento T2

Agora junta-se tudo: vamos projetar, passo a passo, a instalação elétrica de um T2 de cerca de 70 m<sup>2</sup>.

## Passo 1 – A planta



Apartamento T2 em Lisboa, alimentação **monofásica a 230 V**, cozinha totalmente elétrica (placa de indução e forno) e água quente por **termoacumulador**. O quadro (QE) fica no hall de entrada.

## Passo 2 – Levantamento dos pontos

Para cada divisão, decide-se com o cliente onde ficam os pontos de luz, as tomadas e os aparelhos fixos. A tabela segue a **boa prática corrente**; o cliente pode sempre pedir mais.

| Divisão  | Área (m <sup>2</sup> ) | Pontos de luz | Tomadas                        | Aparelhos fixos                      |
|----------|------------------------|---------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Sala     | 20,0                   | 2             | 8 bases (2 duplas + 4 simples) | Ar condicionado (reserva)            |
| Cozinha  | 9,0                    | 1             | 6 bases na bancada             | Placa, forno, máquina de lavar loiça |
| Quarto 1 | 12,3                   | 1             | 4 bases                        | —                                    |

|                 |      |                    |                         |                        |
|-----------------|------|--------------------|-------------------------|------------------------|
| Quarto 2        | 13,5 | 1                  | 4 bases                 | –                      |
| Casa de banho   | 4,5  | 2 (teto + espelho) | 1 base fora dos volumes | Termoacumulador        |
| Hall + corredor | 7,5  | 2                  | 2 bases                 | –                      |
| Varanda         | 5,3  | 1 (IP44)           | 1 base IP44             | Máquina de lavar roupa |

### Passo 3 – Dividir em circuitos

- 1 Iluminação separada das tomadas**, com no máximo cerca de 8 pontos por circuito.
- 2 Tomadas de uso geral** em circuitos de 2,5 mm<sup>2</sup> / 16 A, com no máximo 8 bases por circuito (uma tomada dupla conta como 2).
- 3 Circuito próprio** (desde o quadro) para cada aparelho de grande potência: placa, forno, máquinas e termoacumulador.
- 4 Zonas diferentes em diferenciais diferentes**, para que um defeito não corte a casa toda.

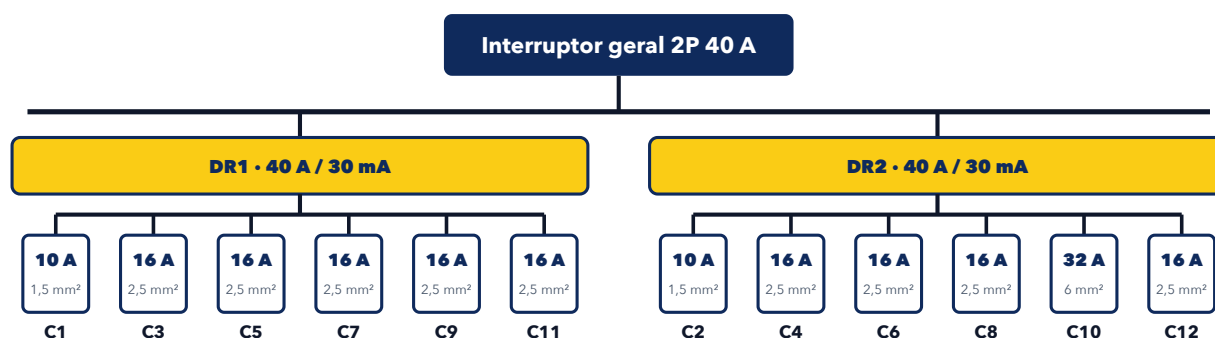
### Passo 4 – Tabela de circuitos

| Circ.      | Alimenta                                                        | Pontos | Cabo                           | Disjuntor | Diferencial |
|------------|-----------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------|-----------|-------------|
| <b>C1</b>  | Iluminação zona de dia (sala, cozinha, hall, corredor, varanda) | 6      | H07V-U 3 × 1,5 mm <sup>2</sup> | 10 A · C  | DR1 · 30 mA |
| <b>C2</b>  | Iluminação zona de noite (quartos e WC)                         | 5      | H07V-U 3 × 1,5 mm <sup>2</sup> | 10 A · C  | DR2 · 30 mA |
| <b>C3</b>  | Tomadas da sala                                                 | 8      | H07V-U 3 × 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A · C  | DR1 · 30 mA |
| <b>C4</b>  | Tomadas dos quartos                                             | 8      | H07V-U 3 × 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A · C  | DR2 · 30 mA |
| <b>C5</b>  | Tomadas hall, corredor e varanda (IP44)                         | 4      | H07V-U 3 × 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A · C  | DR1 · 30 mA |
| <b>C6</b>  | Tomadas da bancada da cozinha                                   | 6      | H07V-U 3 × 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A · C  | DR2 · 30 mA |
| <b>C7</b>  | Tomada da casa de banho (fora dos volumes)                      | 1      | H07V-U 3 × 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A · C  | DR1 · 30 mA |
| <b>C8</b>  | Máquina de lavar roupa                                          | 1      | H07V-U 3 × 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A · C  | DR2 · 30 mA |
| <b>C9</b>  | Máquina de lavar loiça                                          | 1      | H07V-U 3 × 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A · C  | DR1 · 30 mA |
| <b>C10</b> | Placa de indução / vitrocerâmica (até 7,4 kW)                   | 1      | H07V-U 3 × 6 mm <sup>2</sup>   | 32 A · C  | DR2 · 30 mA |

| Circ.      | Alimenta                   | Pontos | Cabo                           | Disjuntor | Diferencial |
|------------|----------------------------|--------|--------------------------------|-----------|-------------|
| <b>C11</b> | Forno (até 3,5 kW)         | 1      | H07V-U 3 × 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A · C  | DR1 · 30 mA |
| <b>C12</b> | Termoacumulador (até 3 kW) | 1      | H07V-U 3 × 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A · C  | DR2 · 30 mA |

Todos os circuitos verificados automaticamente: disjuntor compatível com a secção, número de pontos e diferencial de 30 mA.

## Passo 5 – Esquema do quadro



Interruptor geral **2P 40 A**; dois interruptores diferenciais **2P 40 A / 30 mA tipo A** com seis circuitos cada; recomenda-se ainda um descarregador de sobretensões tipo 2.

## Passo 6 – Que potência contratar?

Somar todas as potências daria mais de 20 kW, mas nunca está tudo ligado ao mesmo tempo. O mais seguro é pensar no **momento de maior consumo** de uma casa real – por exemplo, ao jantar:

| Aparelho em uso ao mesmo tempo      | Potência (W) |
|-------------------------------------|--------------|
| Placa de indução (2 zonas)          | 3700         |
| Forno                               | 2000         |
| Iluminação, TV, frigorífico, router | 800          |
| <b>Total no momento de ponta</b>    | <b>6500</b>  |

Com **6,9 kVA** (30 A) a casa funciona, desde que o termoacumulador e as máquinas trabalhem fora da hora de jantar (por exemplo, com relógio programador nas horas de vazio). Se o cliente quiser usar tudo ao mesmo tempo, recomende **10,35 kVA**.

## Passo 7 – Verificar os cabos

### Placa de indução (C10)

$I = 7400 \div 230 = 32,2 \text{ A} \rightarrow$  cabo de **6 mm<sup>2</sup>** ( $I_z \approx 41 \text{ A}$ ) com disjuntor de **32 A**. Com 12 m de cabo:

$$\Delta U = 2 \times 12 \times 32,2 \times 0,0225 \div 6 = 2,9 \text{ V}$$

$$2,9 \div 230 = 1,3 \% - \text{dentro do limite de } 5 \%$$

### Forno (C11) e termoacumulador (C12)

Forno:  $3000 \div 230 = 13,0 \text{ A}$  · Termoacumulador:  $2000 \div 230 = 8,7 \text{ A} \rightarrow$  ambos com **2,5 mm<sup>2</sup>** e disjuntor de **16 A**.

### Iluminação da zona de noite (C2)

Cerca de 150 W em LED:  $I \approx 0,7 \text{ A}$ . Mesmo com 20 m de cabo de 1,5 mm<sup>2</sup>, a queda de tensão fica abaixo de 0,2 %.

### Alimentação do quadro

Do contador ao quadro: cabo de **10 mm<sup>2</sup>** ( $I_z \approx 57 \text{ A}$ ), adequado ao interruptor geral de 40 A e com margem para um futuro aumento de potência.

### Resumo do projeto

12 circuitos · 2 diferenciais de 30 mA · interruptor geral 40 A · potência recomendada 6,9 kVA (ou 10,35 kVA para uso simultâneo total).

# Projeto de uma moradia trifásica

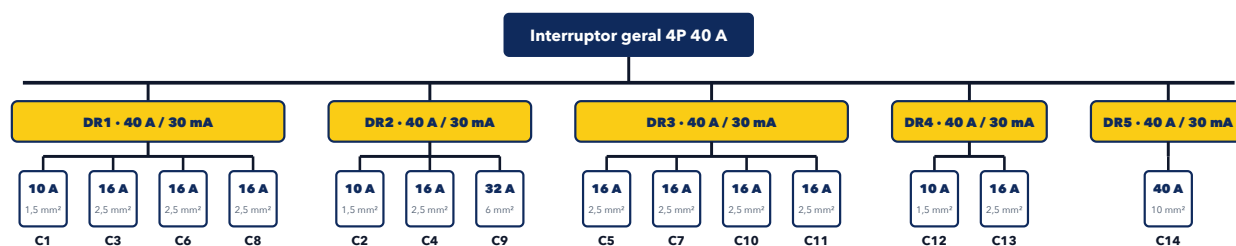
Em moradias maiores, com muitos aparelhos potentes, a alimentação passa a ser trifásica. O segredo é repartir bem as cargas pelas três fases.

## Quando passar a trifásico

- Potência necessária acima de cerca de **13,8 kVA**.
- Equipamentos trifásicos (bombas, motores, alguns carregadores rápidos).
- Muitos aparelhos potentes que funcionam ao mesmo tempo (placa, forno, bomba de calor, carregador de carro).

## Exemplo: moradia T4 com carregador de carro

| Circ.      | Alimenta                    | Pontos | Cabo                           | Disjuntor | Diferencial |
|------------|-----------------------------|--------|--------------------------------|-----------|-------------|
| <b>C1</b>  | Iluminação rés-do-chão (L1) | 8      | H07V-U 3 × 1,5 mm <sup>2</sup> | 10 A · C  | DR1 · 30 mA |
| <b>C2</b>  | Iluminação 1.º andar (L2)   | 8      | H07V-U 3 × 1,5 mm <sup>2</sup> | 10 A · C  | DR2 · 30 mA |
| <b>C3</b>  | Tomadas sala (L1)           | 8      | H07V-U 3 × 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A · C  | DR1 · 30 mA |
| <b>C4</b>  | Tomadas quartos 1 + 2 (L2)  | 8      | H07V-U 3 × 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A · C  | DR2 · 30 mA |
| <b>C5</b>  | Tomadas quartos 3 + 4 (L3)  | 8      | H07V-U 3 × 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A · C  | DR3 · 30 mA |
| <b>C6</b>  | Tomadas da cozinha (L1)     | 6      | H07V-U 3 × 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A · C  | DR1 · 30 mA |
| <b>C7</b>  | Máquina de lavar roupa (L3) | 1      | H07V-U 3 × 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A · C  | DR3 · 30 mA |
| <b>C8</b>  | Máquina de lavar loiça (L1) | 1      | H07V-U 3 × 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A · C  | DR1 · 30 mA |
| <b>C9</b>  | Placa (L2)                  | 1      | H07V-U 3 × 6 mm <sup>2</sup>   | 32 A · C  | DR2 · 30 mA |
| <b>C10</b> | Forno (L3)                  | 1      | H07V-U 3 × 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A · C  | DR3 · 30 mA |
| <b>C11</b> | Bomba de calor AQS (L3)     | 1      | H07V-U 3 × 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A · C  | DR3 · 30 mA |
| <b>C12</b> | Iluminação exterior         | 6      | 3G1,5 mm <sup>2</sup>          | 10 A · C  | DR4 · 30 mA |
| <b>C13</b> | Tomadas exteriores IP44     | 4      | 3G2,5 mm <sup>2</sup>          | 16 A · C  | DR4 · 30 mA |
| <b>C14</b> | Carregador VE 7,4 kW        | 1      | H07V-U 3 × 10 mm <sup>2</sup>  | 40 A · C  | DR5 · 30 mA |



## Repartir as cargas pelas fases

A tabela indica a fase (L1, L2, L3) de cada circuito. O objetivo é que, no momento de maior consumo, as três fases tenham correntes parecidas:

| Fase | Circuitos principais                                                 | Carga típica no momento de ponta |
|------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| L1   | Iluminação R/C, tomadas sala, cozinha, máquina de lavar loiça        | ≈ 3,5 kW                         |
| L2   | Iluminação 1.º andar, tomadas quartos, placa                         | ≈ 4,5 kW                         |
| L3   | Tomadas quartos 3 e 4, máquina de lavar roupa, forno, bomba de calor | ≈ 4,0 kW                         |

### Corrente por fase

Com cerca de 4,5 kW na fase mais carregada:  $I = 4500 \div 230 \approx 19,6 \text{ A}$  – bem abaixo do interruptor geral tetrapolar de 40 A.

### Neutros separados por diferencial

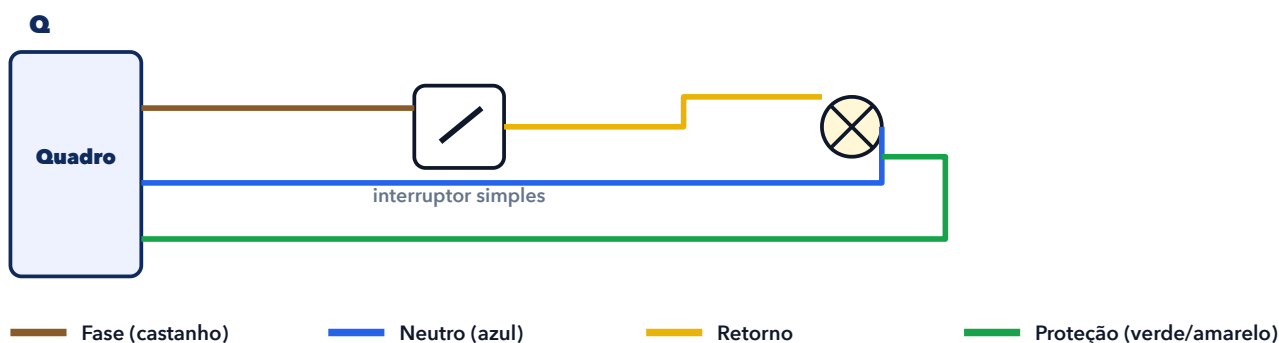
Cada circuito tem de levar o neutro do **seu** diferencial. Misturar neutros de diferenciais diferentes faz disparar os diferenciais sem razão aparente – é uma das avarias mais comuns em quadros novos.

# Esquemas de ligação

Os esquemas mais usados numa habitação, com as cores normalizadas dos condutores.

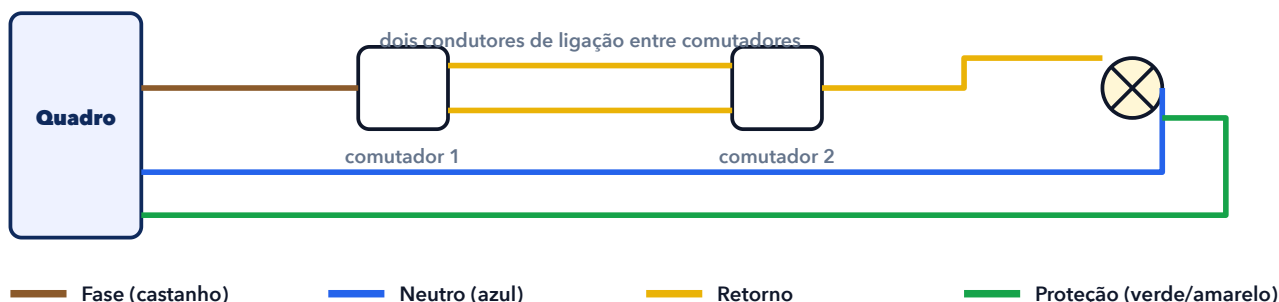
## Interruptor simples

A fase passa sempre pelo interruptor; o neutro vai diretamente à luminária.



## Comutador de escada (comando de dois pontos)

Para comandar a mesma luz de dois sítios (corredor, escada, quarto com cabeceira).



## Inversor (comando de três ou mais pontos)

Coloca-se um inversor entre os dois comutadores por cada ponto de comando adicional. Em corredores longos, uma alternativa é o **telerruptor** com botões de pressão.

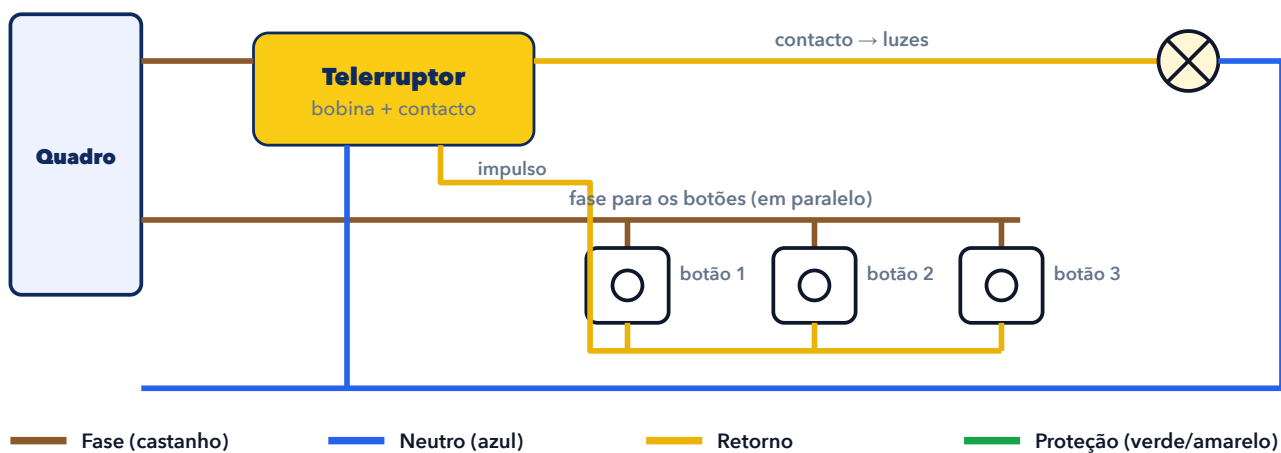
## Aparelho de ligação direta – termoacumulador



## Polaridade

Corte sempre a fase no interruptor. Se o interruptor cortar o neutro, a luminária fica com tensão mesmo apagada – perigoso ao trocar a lâmpada.

## Telerruptor com botões de pressão



Cada impulso num botão muda o estado da luz (acende/apaga). Pode ter tantos botões quantos quiser, todos ligados em paralelo. Muito usado em corredores longos e escadas interiores.

## Ensaios antes de ligar

Antes de pôr uma instalação em serviço, mede-se e regista-se. É o que garante que o trabalho está seguro.

- 1 Inspeção visual:** cabos com a secção certa, ligações apertadas, quadro identificado, tampas colocadas.
- 2 Continuidade do condutor de proteção:** em todas as tomadas e aparelhos com terra.
- 3 Resistência de isolamento:** entre condutores e entre condutores e terra. Para circuitos até 500 V, ensaia-se a 500 V em corrente contínua e o valor deve ser de pelo menos 1 MΩ.
- 4 Resistência de terra:** medir e registar o valor do elétrodo.
- 5 Ensaio dos diferenciais:** botão de teste e, com aparelho próprio, o tempo de disparo.
- 6 Polaridade:** a fase chega ao interruptor e ao borne correto de cada tomada.
- 7 Ensaio de funcionamento:** cada circuito, cada ponto de luz e cada tomada.

### Documentação

Entregue ao cliente o esquema do quadro, a tabela de circuitos e os valores medidos. Para instalações novas ou alterações que o exijam, é necessário projeto/termo de responsabilidade e inspeção por entidade inspetora – confirme sempre o enquadramento aplicável junto da DGEG.

# Medições com o multímetro

O multímetro é a ferramenta mais importante do eletricista, a seguir à chave de fendas. Bem usado, evita acidentes e encontra avarias.

| Medição             | Posição do seletor  | Como fazer                                      | O que esperar                    |
|---------------------|---------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------|
| Tensão fase-neutro  | V~ (alternada)      | Pontas nos alvéolos da tomada                   | ≈ 230 V                          |
| Tensão fase-terra   | V~                  | Ponta na fase e no contacto de terra            | ≈ 230 V (se a terra estiver boa) |
| Tensão neutro-terra | V~                  | Ponta no neutro e na terra                      | próximo de 0 V (poucos volts)    |
| Continuidade        | ♪ / Ω               | SEM TENSÃO: pontas nas extremidades do condutor | som / valor muito baixo          |
| Resistência         | Ω                   | SEM TENSÃO: aparelho desligado e isolado        | conforme o aparelho              |
| Corrente            | Pinça amperimétrica | Abraçar só UM condutor (fase)                   | conforme a carga                 |

## Antes de medir

Use um aparelho de **categoria adequada (CAT III 300 V ou superior)**, verifique as pontas e confirme o funcionamento num ponto com tensão conhecida antes e depois da verificação de ausência de tensão.

## Verificar a ausência de tensão (método seguro)

- 1 Testar o aparelho num ponto com tensão conhecida.
- 2 Desligar o circuito e bloquear o disjuntor.
- 3 Medir entre todos os condutores (fase-neutro, fase-terra, neutro-terra).
- 4 Voltar a testar o aparelho num ponto com tensão.

## Medição de isolamento e de terra

Para a resistência de isolamento e a resistência de terra são precisos aparelhos próprios (medidor de isolamento a 500 V e medidor de terra ou multifunções). O multímetro comum **não** substitui estes ensaios.

# Substituir um quadro antigo

É um dos trabalhos mais pedidos em casas antigas: trocar fusíveis por disjuntores e diferenciais. Feito com método, é rápido e seguro.

- 1 Visita prévia:** fotografar o quadro, ver se existe condutor de terra e confirmar a potência contratada.
- 2 Identificar os circuitos:** com o quadro ainda em serviço, ligar/desligar fusíveis e anotar o que cada um alimenta.
- 3 Verificar as secções** dos cabos que chegam ao quadro. Um circuito antigo de 1,5 mm<sup>2</sup> com tomadas fica com disjuntor de **10 A**, nunca 16 A.
- 4 Medir o isolamento** de cada circuito antes da troca: cabos antigos com isolamento degradado vão fazer disparar os diferenciais.
- 5 Cortar a energia** no disjuntor de controlo/portinhola conforme aplicável, bloquear e verificar a ausência de tensão.
- 6 Montar o quadro novo:** interruptor geral, dois ou mais diferenciais de 30 mA tipo A, disjuntores por circuito e DST.
- 7 Terra:** se não existir, prever a instalação do eléctrodo e do condutor de proteção (é condição essencial para a proteção diferencial funcionar como previsto).
- 8 Ligar, identificar e ensaiar:** polaridade, diferenciais, continuidade e funcionamento de todos os circuitos.

## Problemas típicos

Neutros partilhados entre circuitos (separar antes de ligar a diferenciais diferentes) · ligações feitas com fita isoladora · cabos de alumínio antigos · ausência total de terra.

## Explique ao cliente

Mostre a diferença entre o quadro antigo e o novo, explique o botão de teste dos diferenciais e deixe a tabela de circuitos colada na porta do quadro.

# Diagnóstico de avarias

As avarias mais comuns numa habitação e como chegar à causa sem perder horas.

| Sintoma                                    | Causas prováveis                                                  | Como verificar                                                                    |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| O diferencial dispara de repente           | Aparelho com fuga à terra; humidade numa caixa ou tomada exterior | Desligar todos os disjuntores do grupo, rearmar o DR e ligar um a um até disparar |
| O diferencial dispara só com um aparelho   | Defeito nesse aparelho (resistência de máquina, termoacumulador)  | Ligar o aparelho noutra circuito; medir o isolamento do aparelho                  |
| Diferencial dispara num quadro novo        | Neutros trocados entre diferenciais ou neutro partilhado          | Confirmar que cada circuito usa o neutro do seu diferencial                       |
| O disjuntor dispara                        | Sobrecarga (muitos aparelhos) ou curto-circuito                   | Disparo imediato = curto-circuito; disparo após minutos = sobrecarga              |
| O disjuntor de controlo (contador) dispara | Potência simultânea acima da contratada                           | Somar os aparelhos ligados; ponderar aumentar a potência ou gerir cargas          |
| Tomada ou ficha quente                     | Mau contacto, terminal desapertado, ficha gasta                   | Desligar, reapertar ou substituir; verificar a secção do cabo                     |
| Luz pisca ou fica fraca acesa              | Retorno no neutro, interruptor com sinalizador, driver LED        | Confirmar que o interruptor corta a fase                                          |
| Tensão baixa numa zona                     | Ligação solta no neutro ou numa derivação                         | Medir fase-neutro em vários pontos; procurar a caixa com mau contacto             |

## Neutro interrompido

Num circuito com o neutro cortado, os aparelhos deixam de funcionar mas a fase continua presente – e o próprio neutro pode aparecer com tensão. Trate sempre todos os condutores como ativos até medir.

# Lista de materiais do exemplo

Com o projeto feito, faz-se o levantamento: medir na planta, contar e somar tudo o que vai ser preciso.

Para medir os tubos e os condutores: mede-se na planta o comprimento horizontal de cada troço (convertendo pela escala), somam-se as descidas até às caixas e acrescenta-se cerca de **10 %** para ligações e imprevistos.

| Material                                                                | Quantidade            |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Quadro de embutir 2 filas (24 módulos)                                  | 1                     |
| Interruptor geral 2P 40 A                                               | 1                     |
| Interruptor diferencial 2P 40 A / 30 mA tipo A                          | 2                     |
| Disjuntor 1P+N 10 A curva C                                             | 2                     |
| Disjuntor 1P+N 16 A curva C                                             | 9                     |
| Disjuntor 1P+N 32 A curva C                                             | 1                     |
| Descarregador de sobretensões tipo 2 (recomendado)                      | 1                     |
| Cabo de alimentação do quadro 3G10 mm <sup>2</sup> (m)                  | conforme distância    |
| Condutor H07V-U 1,5 mm <sup>2</sup> (castanho/azul/verde-amarelo/preto) | ≈ 3 × 100 m           |
| Condutor H07V-U 2,5 mm <sup>2</sup> (castanho/azul/verde-amarelo)       | ≈ 3 × 200 m           |
| Condutor H07V-U 6 mm <sup>2</sup> (castanho/azul/verde-amarelo)         | ≈ 3 × 15 m            |
| Tubo anelado 20 mm (m)                                                  | ≈ 150 m               |
| Tubo anelado 25 mm (m)                                                  | ≈ 20 m                |
| Caixas de aparelhagem Ø 65                                              | ≈ 45                  |
| Caixas de derivação                                                     | ≈ 15                  |
| Tomadas Schuko 16 A (simples/duplas)                                    | conforme levantamento |
| Tomadas Schuko IP44 com tampa                                           | 1                     |
| Interruptores simples / comutadores                                     | ≈ 10 / 4              |
| Caixas de saída de cabo (placa, termoacumulador)                        | 2                     |
| Ligadores rápidos e etiquetas para o quadro                             | q.b.                  |

Quantidades estimadas para o T2 do capítulo 11; confirme sempre em obra.

## Orçamento

Com esta lista na mão, use os modelos de orçamento do kit para separar materiais e mão de obra e apresentar um preço claro ao cliente.

# Exercícios resolvidos

Treine os cálculos que vai usar todos os dias. Tente resolver antes de ler a resolução.

## Exercício 1

Que corrente consome um forno de 3000 W em 230 V?

### Resolução

$$I = P \div U = 3000 \div 230 = \mathbf{13,0\ A} \rightarrow \text{circuito de } 2,5\ \text{mm}^2 \text{ com disjuntor de } 16\ \text{A}.$$

## Exercício 2

Um cliente tem 4,6 kVA contratados. Qual é a corrente do disjuntor de controlo?

### Resolução

$$I = 4600 \div 230 = \mathbf{20\ A}.$$

## Exercício 3

Quanto custa ter um aquecedor de 2000 W ligado 5 horas por dia, durante 30 dias, a 0,20 €/kWh?

### Resolução

$$\text{Energia} = 2\ \text{kW} \times 5\ \text{h} \times 30 = 300\ \text{kWh} \rightarrow 300 \times 0,20 = \mathbf{60\ €}.$$

## Exercício 4

Um circuito de tomadas tem 3 tomadas duplas e 2 simples. Quantas bases tem? Está dentro da prática habitual?

### Resolução

$$3 \times 2 + 2 = \mathbf{8\ bases} - \text{no limite habitual de } 8 \text{ por circuito}.$$

## Exercício 5

Três circuitos de 2,5 mm<sup>2</sup> passam no mesmo tubo. Qual é a corrente admissível corrigida?

### Resolução

$$24\ \text{A} \times 0,70 = \mathbf{16,8\ A} \rightarrow \text{disjuntor de } 16\ \text{A} \text{ continua adequado}.$$

## Exercício 6

Placa de 7400 W a 15 m do quadro, cabo de 6 mm<sup>2</sup>. Qual a queda de tensão?

### Resolução

$$I = 32,2\ \text{A} \cdot \Delta U = 2 \times 15 \times 32,2 \times 0,0225 \div 6 = \mathbf{3,6\ V} (1,6\ %) - \text{aceitável}.$$

### Exercício 7

Um termoacumulador de 2000 W fica na casa de banho. Pode ligar-se a uma tomada no volume 2?

#### Resolução

**Não.** No volume 2 não são permitidas tomadas. Liga-se por caixa de saída de cabo, com circuito próprio e DR de 30 mA.

### Exercício 8

Um cliente quer um carregador de 7,4 kW e tem 6,9 kVA contratados. O que recomenda?

#### Resolução

Aumentar a potência (10,35 kVA ou mais) ou usar gestão dinâmica de carga; circuito próprio de **10 mm<sup>2</sup> com 40 A** e DR adequado.

### Exercício 9

Ao ligar o quadro novo, o DR1 dispara sempre que se liga a luz da cozinha, que está no DR2. Causa provável?

#### Resolução

O **neutro** da luz da cozinha está ligado ao barramento do DR1. Corrigir para o neutro do DR2.

### Exercício 10

Que potência mínima recomendaria para um T2 com placa, forno e termoacumulador com relógio?

#### Resolução

**6,9 kVA** (ou 10,35 kVA se tudo funcionar ao mesmo tempo).

# Segurança, glossário e checklist

Fechamos com o mais importante: trabalhar em segurança, falar a mesma língua técnica e não esquecer nada na entrega.

## As cinco regras de segurança



## Equipamento de proteção

- Luvas isolantes, óculos de proteção e calçado adequado.
- Ferramenta isolada (1000 V) e detetor/multímetro de categoria adequada.

## Glossário

| Termo                        | Significado                                                                          |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Corrente admissível (Iz)     | Corrente máxima que um cabo suporta em permanência sem aquecer demais.               |
| Curto-circuito               | Ligação acidental entre fase e neutro (ou fase e terra) com corrente muito elevada.  |
| DR / interruptor diferencial | Aparelho que dispara quando há fuga de corrente para a terra.                        |
| DST                          | Descarregador de sobretensões: protege os equipamentos contra picos de tensão.       |
| E-REDES                      | Operador da rede de distribuição de eletricidade em Portugal continental.            |
| IP44, IP65                   | Índice de proteção contra poeiras e água (quanto maior, mais protegido).             |
| kVA                          | Unidade da potência aparente; é a unidade da potência contratada.                    |
| PE                           | Condutor de proteção (terra), verde/amarelo.                                         |
| RTIEBT                       | Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (Portaria n.º 949-A/2006). |
| Schuko                       | Tipo de tomada usado em Portugal: 2P+T, 16 A, terra nos contactos laterais.          |
| Sobrecarga                   | Corrente acima do normal durante algum tempo (demasiados aparelhos ligados).         |
| Volumes (casa de banho)      | Zonas à volta da banheira ou duche com regras próprias para aparelhagem.             |

## Checklist de entrega

- ☐ Todos os circuitos identificados no quadro

- Diferenciais testados (botão T e tempo de disparo)
- Continuidade da terra verificada em todas as tomadas
- Isolamento medido e registrado
- Tampas, espelhos e caixas fechadas
- Esquema do quadro e tabela de circuitos entregues ao cliente
- Obra limpa e explicação final ao cliente

# Tabelas de consulta rápida

As tabelas mais usadas, numa só página, para imprimir e levar para a obra.

| Circuito                             | Cabo                | Disjuntor | DR                               |
|--------------------------------------|---------------------|-----------|----------------------------------|
| Iluminação                           | 1,5 mm <sup>2</sup> | 10 A      | 30 mA                            |
| Tomadas uso geral ( $\leq 8$ bases)  | 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A      | 30 mA                            |
| Máquinas, forno, termoacumulador, AC | 2,5 mm <sup>2</sup> | 16 A      | 30 mA                            |
| Placa até 7,4 kW                     | 6 mm <sup>2</sup>   | 32 A      | 30 mA                            |
| Carregador VE 3,7 kW                 | 4 mm <sup>2</sup>   | 20 A      | 30 mA tipo A + 6 mA DC ou tipo B |
| Carregador VE 7,4 kW                 | 10 mm <sup>2</sup>  | 40 A      | 30 mA tipo A + 6 mA DC ou tipo B |

| Potência contratada | 3,45 | 4,6 | 5,75 | 6,9 | 10,35 | 13,8 |
|---------------------|------|-----|------|-----|-------|------|
| Corrente (A)        | 15   | 20  | 25   | 30  | 45    | 60   |

| Cores | Fase                        | Neutro | Proteção      |
|-------|-----------------------------|--------|---------------|
|       | castanho / preto / cinzento | azul   | verde/amarelo |

| Limites úteis                                       | Valor                                              |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Queda de tensão – iluminação                        | 3 %                                                |
| Queda de tensão – outros usos                       | 5 %                                                |
| Isolamento (circuitos até 500 V, ensaio a 500 V DC) | $\geq 1 \text{ M}\Omega$                           |
| Volume 2 da casa de banho                           | 0,60 m à volta do volume 1                         |
| Exterior                                            | IP44 no mínimo                                     |
| Cabos enterrados                                    | em tubo, $\approx 0,70$ m, com fita de sinalização |

Valores de referência da prática corrente. Confirme sempre as RTIEBT e o projeto de cada instalação.