

# DEFEITOS E CURTO-CIRCUITOS

Manuel Bolotinha <sup>1</sup>

## 1 – INTRODUÇÃO

A **Abracopel** (*Associação Brasileira de Conscencialização para os Perigos da Eletricidade*) tem vindo a desenvolver uma ação meritória na divulgação dos **riscos dos curto-circuitos** nas *instalações elétricas*, dando ênfase **às principais causas** deste tipo de defeitos e as suas **consequências**, que infelizmente podem ser **trágicas**.

Como é uma *situação* que **lamentavelmente** se verifica com alguma frequência, será interessante abordar num *artigo* a explicação **técnica** do que **são defeitos e curto-circuito**, com o principal objectivo de permitir uma *melhor compreensão destes fenómenos*, as respectivas *razões*, as *consequências* e as *medidas preventivas* que devem ser **implementadas** para **minimizar o risco de curto-circuito** nos *diversos tipos de instalações elétricas*, permitindo desta forma **alertar os diversos intervenientes** para este tipo de situações e fornecer-lhes as *ferramentas necessárias* para lidar com estes problemas.

## 2 – O QUE É UM CURTO-CIRCUITO?

Os **curto-circuitos** são os *defeitos nas instalações elétricas* que **mais acontecem** e que **mais acidentes provocam**, quer nas *pessoas* quer nos *equipamentos*, ocorrem quando existe um **contato, franco ou não**, entre **dois elementos condutores que se encontram a potenciais diferentes**, verificando-se *simultaneamente* uma **drástica redução da resistência da instalação**.

Veja-se como se comporta um *circuito elétrico de Baixa Tensão* em que ocorre um **curto-circuito**, que por facilidade de explicação se admite **franco** (ver Capítulo 3).

Atente-se na Figura 1, onde se representa um *circuito elétrico* estabelecido entre uma *fase (F)* e o *neutro (N)*, alimentando uma *carga* com uma *resistência*  $R_{CG}$  com uma *tensão aplicada*,  $U$ , sendo  $R_c$  a *resistência do cabo* do circuito:

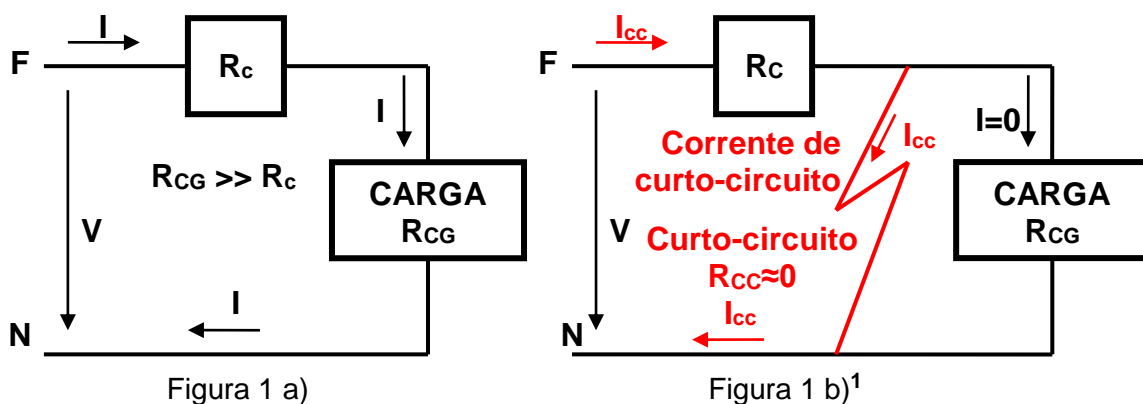


Figura 1 – Circuito entre fase e neutro, em situação normal (a) e com curto-circuito (b)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> A corrente através da carga é = 0, porque a corrente elétrica escolhe sempre o caminho mais fácil e nesta situação  $R_{cc} \ll R_{CG}$ .

Sabe-se que num circuito, aplicando a **lei de Ohm**:

$$V = R \times I \quad \longleftrightarrow \quad I = V/R$$

No exemplo anteriormente referido, têm-se:

$$\text{Na Figura 1a): } V = (R_c + R_{cc}) \times I \quad \longleftrightarrow \quad I = V / (R_c + R_{cc})$$

$$\text{Na Figura 1b): } V = R_c \times I_{cc} \quad \longleftrightarrow \quad I_{cc} = V / R_c$$

Pode-se assim concluir que:

$$I_{cc} \gg I$$

Da expressão anterior constata-se que devido ao **curto-circuito**, verifica-se um **grande aumento da corrente** no *circuito*, que *assume valores geralmente elevados*, da ordem dos **kA** (*dependendo do valor da tensão da rede e da impedância da malha de defeito* pode atingir valores  $\approx$  **80-90 kA**) que é **responsável** pelas *consequências gravosas deste tipo de defeito nas instalações elétricas*.

### 3 – CLASSIFICAÇÃO DE DEFEITOS E TIPOS DE CURTO-CIRCUITOS

Os **defeitos** numa *rede, equipamento ou instalação elétrica* podem classificar-se como **Ativos** e **Passivos**.

Um defeito **ativo** acontece devido a **curto-circuitos** na instalação, e a principal causa dos defeitos **passivos** são **sobrecargas, sub e sobre tensões e frequências e oscilações de cargas**.

Os defeitos *ativos* podem classificar-se como **sólidos** e **incipientes**. Um defeito **sólido** acontece quando existe um **contato franco entre dois elementos em tensão ou entre um elemento em tensão e a terra**, e é **incipiente** quando esse **contato não é franco**.

**A experiência mostra que, habitualmente, um defeito *incipiente*, se não eliminado em tempo útil, evolui para um defeito *sólido*.**

Os *defeitos de curto-circuito*, cujos *diagramas* simplificados se representam na Figura 2, têm como principais causas:

- **Rotura<sup>2</sup> dielétrica dos materiais isolantes** (*envelhecimento, condições severas de sobreaquecimento e sobretensões, acções mecânicas intensas e corrosão química estão entre as principais causas deste fenómeno*).
- **Diminuição das distâncias de segurança e de isolamento.**
- **Descargas parciais** (*efeito de corona*).

---

<sup>2</sup> A **rotura dielétrica** de um **material isolante** acontece quando o **valor do campo elétrico** a que fica submetido é **muito intenso**, tornando esse material **condutor**. Para o ar, essa *rotura* ocorre para *campos elétricos* da ordem de  $3 \times 10^6$  V/m. Diz-se que, nestas circunstâncias, se dá uma **disrupção**.

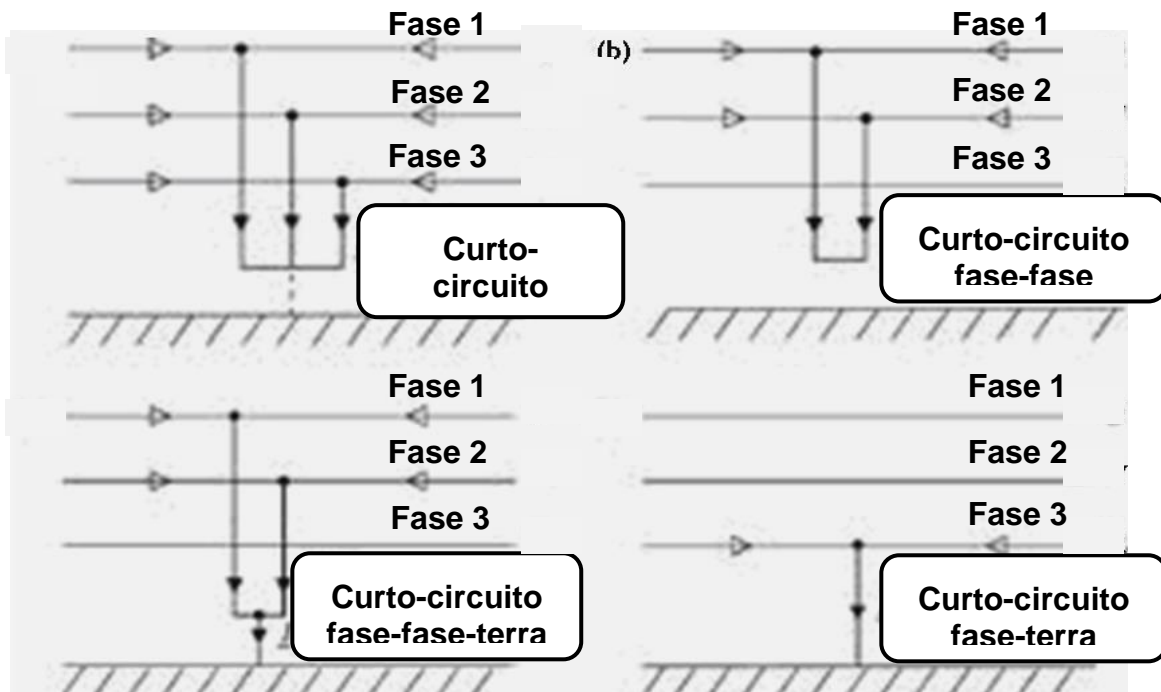


Figura 2 – Diagramas de curto-circuito

Os *curto-circuitos* **fase-fase** e **fase-fase-terra** podem evoluir para um **curto-circuito trifásico**, devido à *rotura dielétrica* causada pelo **elevado valor das correntes de defeito**.

#### Defeitos simétricos e assimétricos

Quando o *curto-circuito* envolve igualmente as **três fases**, o *defeito* é classificado como **simétrico**.

Contudo, a maior parte dos *defeitos* **afeta apenas duas fases**, sendo mais frequentes os *curto-circuitos* **fase-terra**, **fase-fase** e **fase-fase-terra**, designando-se este tipo de defeitos por **assimétrico** (*no caso das linha aéreas apenas cerca de 5% dos defeitos são simétricos*).

As principais causas dos *defeitos* **assimétricos** são:

- *fase-fase e fase-fase-terra*: **ionização do meio** ou **contato acidental entre as fases** (exemplo: *rotura de um isolador*).
- *fase-terra*: **contacto acidental entre uma fase e a terra** (exemplo: *rotura de um isolador*), ou fenómenos de descargas atmosféricas.

Acontece que em alguns *defeitos* se dá uma **rotura de um condutor**, com ou sem contato com a terra, dando origem a um **circuito aberto**, situação que **dificulta a detecção do defeito** (*não há circulação de corrente*), e que *pode causar* **desequilíbrio de cargas na rede** e **sobreaquecimento dos geradores**.

#### 4 – UMA VISÃO GERAL DOS DIVERSOS TIPOS DE INSTALAÇÕES

Nas *instalações de produção, transmissão e distribuição de energia elétrica* e nas *grandes instalações industriais* o **projeto e a montagem** são executados por **engenheiros e pessoal credenciado**, as **normas aplicáveis são atendidas** e as *redes e equipamentos elétricos* são **manuseados por pessoal capacitado e experiente** e

são normalmente *objecto* de **ações de manutenção preventiva e corretiva**, o que **reduz o risco de curto-circuitos** e de **acidentes elétricos**.

Contudo, na generalidade das *instalações prediais* e nos locais industriais de pequena dimensão a situação é geralmente **bem diferente**.

**Raramente existe projeto**, e quando existe é *normalmente de baixa qualidade*, a *instalação é executada por pessoal não credenciado*, as **normas não são**, na maioria das situações, atendidas, os equipamentos utilizados são, em muitos casos, de **má qualidade**, as **instalações não são** objeto de *manutenção* e a *generalidade dos utilizadores não são pessoas devidamente instruídas sobre a eletricidade e os seus perigos*.

Compreende-se facilmente que este tipo de *instalações* se encontram **mais sujeitas ao risco de curto-circuito e de graves acidentes** que, infelizmente, **podem causar a morte**.

## 5 - CONSEQUÊNCIAS DOS CURTO-CIRCUITOS

A **ocorrência** de um **curto-circuito** causa geralmente **graves perturbações** nas *redes, equipamentos e instalações elétricas* e pode *por em risco a segurança das pessoas*.

Para além de haver uma **interrupção do fornecimento de energia elétrica** nas *zonas alimentadas pelo circuito (ou rede)*, a **consequência mais gravosa** de um *curto-circuito* é o **risco de incêndio**, podendo atingir uma **situação catastrófica** e que para além da **destruição dos equipamentos**, poderá causar a **morte de pessoas**.

Para minimizar os efeitos dos curto-circuitos e as respectivas consequências, nas *redes, equipamentos e instalações elétricas* devem ser instalados **dispositivos de proteção** adequados, para **eliminação do defeito no mais curto tempo possível**<sup>3</sup>.

Outra consequência do curto-circuito pode ser a ocorrência de um **arc flash**, também conhecido por *arc blast*, que é um **arco elétrico** resultante da uma **baixa impedância de ligação fase-fase ou fase-terra**, o que provoca um fenómeno similar a uma **explosão elétrica**, podendo dar origem a um **incêndio**, o que se ilustra na Figura 3.

---

<sup>3</sup> Os *dispositivos para eliminação dos defeitos* são **disjuntores equipados com disparadores magnetotérmicos e fusíveis em Baixa Tensão** e **disjuntores associados a unidades ou sistemas de proteção eletrônicos ou micro processados em Média, Alta e Extra Alta Tensão** (em *Média Tensão* é também habitual a utilização de **fusíveis** para **eliminar os curto-circuitos**).

Se, em *Baixa Tensão*, o *curto-circuito envolver a passagem de corrente através do corpo humano* devem ser utilizados **equipamentos sensíveis à corrente diferencial-residual – proteções diferenciais**.  
O estudo e análise dos diversos sistemas de proteção não estão incluídos no âmbito deste trabalho.



Figura 3 – Arc flash e seus efeitos

Dependendo do *tipo de atmosfera existente na zona onde se verifica o incêndio*, poderá também existir **risco de explosão**, se as *partículas e gases presentes* forem um **agente explosivo** (*atmosferas ATEX*).

Uma *consequência extremamente gravosa* é quando o *elemento condutor* que origina o **curto-circuito** (*contato fase-fase ou fase-terra*) é o **corpo humano**.

Nessa situação a pessoa em causa sofre uma **eletrocussão** (*choque elétrico*).

O **percurso da corrente elétrica** *através do corpo humano* é **imprevisível**, e o seu *efeito depende de vários factores*, tais como:

- *Tensão de serviço.*
- *Tempo durante o qual a corrente circula no corpo humano.*
- *Frequência da rede.*
- *Percurso da corrente.*
- *Capacidade de reação da pessoa.*

A Figura 4 apresenta exemplos do *percurso da corrente elétrica através do corpo humano*.

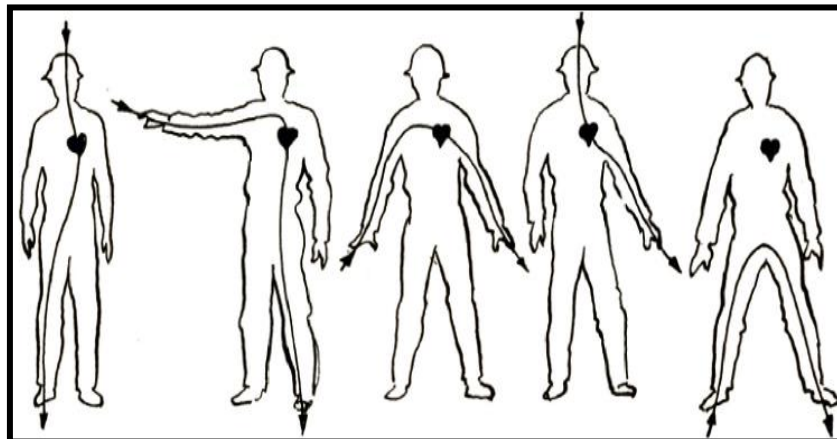


Figura 4 – Percurso da corrente elétrica através do corpo humano

O **valor da corrente** através do corpo humano depende da **resistência da pele**, que por sua vez *varia com diversos fatores*, tais como:

- *Pele úmida ou molhada.*
- *Espessura da pele no ponto de contato.*
- *Condição psicológica.*
- *Altura*
- *Peso.*
- *Sexo.*
- *Idade.*

Os principais efeitos da circulação da corrente elétrica através do corpo humano são:

- *Perda de controlo motor.*
- *Paragem respiratória.*
- *Dor.*
- *Fatiga física.*
- *Fibrilação ventricular.*
- *Paragem cardíaca.*
- *Queimaduras.*

Alguns destes *efeitos* são **mortais**, designadamente as **paragens respiratórias e cardíacas, a fibrilação ventricular e as queimaduras.**

A **perda de controlo motor** pode originar *dor ou causar lesões devidas a quedas.*

A **fibrilação ventricular** é devida a *contrações descontroladas das fibras cardíacas*, o que pode causar **paragem cardíaca e falta de irrigação do cérebro**, sendo uma das **mais frequentes causas de morte resultantes do choque elétrico.**

As **queimaduras** são uma *consequência* do **efeito de Joule** ( $W = RI^2t^4$ ), sendo classificadas em **três graus**, de acordo com as *lesões que provocam* – **1, 2 e 3**, sendo esta a **mais perigosa e aquela que pode causar a morte.**

---

<sup>4</sup> Expressão da **lei de Joule**, onde **W** representa a *energia* e **t** o *tempo*.



Figura 5 – Efeitos do choque elétrico

## 6 – AS PRINCIPAIS CAUSAS DOS CURTO-CIRCUITOS

### 6.1. Aspectos Gerais

De uma forma geral pode-se afirmar que os **curto-circuitos** acontecem quando os **materiais de isolamento** das *redes, equipamentos e instalações elétricas* sofrem uma **diminuição da sua rigidez dielétrica**<sup>5</sup>, seja por **envelhecimento natural** seja por **envelhecimento precoce**, conseqüentemente com a **perda** das suas **propriedades dielétricas**.

A **diminuição ou perda** das *propriedades dielétricas dos materiais isolantes* dá origem à **diminuição das distâncias de isolamento** entre *elementos condutores* que se encontram a *potenciais diferentes*, o que *poderá provocar* o **estabelecimento de um arco elétrico** entre aqueles *elementos condutores*, fato que terá como resultado a **formação de um curto-circuito**.

Contudo, é também necessário ter presente que **outros fatores**, que serão analisados igualmente neste trabalho, *contribuem* para o **desenvolvimento** de *curto-circuitos* nas referidas *redes, equipamentos e instalações elétricas*, designadamente a **falta** de um **programa de manutenção preventiva**, devido a *defeitos latentes não detectados e não corrigidos atempadamente*.

### 6.2. Redes Aéreas

Nas *linhas aéreas (LA)* cerca de **90%** dos *curto-circuitos* são **fase-terra e transitórios** e são principalmente causados por *contatos de aves e outros animais, queda de ramos de árvores e descargas atmosféricas*. Geralmente estes *defeitos* são **eliminados após o ciclo de religação**, caso a *LA* disponha de um **religador automático**, o que é habitual em *Extra Alta Tensão e Alta Tensão* e também nalgumas instalações de *Média Tensão*.

A **religação** é normalmente **bem-sucedida** após uma *temporização de alguns poucos ciclos*. A Tabela 1 mostra a **taxa de sucesso** das religações na **eliminação do defeito**.

---

<sup>5</sup> Define-se **rigidez dielétrica** como “a capacidade que um material isolante tem de suportar o campo elétrico sem perda das suas características de isolante” (**rotura dielétrica**).



Tabela 1 – Taxa de sucesso das religações

| Tentativas de religação | Taxa de sucesso (%) |
|-------------------------|---------------------|
| 1                       | 90                  |
| 2                       | 4                   |
| 3                       | 1                   |

Outros *tipos de situações* que podem causar defeitos permanentes nas LA, são, por exemplo, *condições atmosféricas muito adversas* (ação de ventos fortes e sobrecargas devidas ao gelo e à neve), **superiores** às definidas nas normas e regulamentos para o seu **dimensionamento**, *impactos de veículos*, designadamente **gruas móveis**, ou de aeronaves, nos casos em que as LA **não dispõem de sinalização aérea**, quedas ou contatos **permanentes** com árvores, por **falta de limpeza e desmatção** da faixa de proteção da linha e efeito de corona **não controlado**.

Ainda nas LA, podem ser causa de curto-circuitos a **deterioração** (quebras, lascas e contaminações internas não visíveis, por exemplo) e/ou **depósito de agentes poluentes sobre os isoladores** (poluição atmosférica; poluição marítima; poluição industrial; deposição de excrementos de aves), o que faz **diminuir o comprimento da linha de fuga** e portanto a **distância de isolamento**, originando o estabelecimento de um **arco elétrico** e, conseqüentemente, de um **curto-circuito**, geralmente **fase-terra**.

### 6.3. Redes de Cabos Isolados

Os **cabos isolados** *não estão sujeitos às mesmas ações das LA*, mas podem suportar **esforços mecânicos intensos**, que poderão **danificar a isolação** ou **diminuir as suas propriedades dielétricas**, devido sobretudo às seguintes razões:

- Trabalhos de construção civil, particularmente as ações de retroescavadoras.
- Erros de montagem – *tensão de tração excessiva durante o desenrolamento, raio de curvatura excessivo, etc.*

Mas é sem dúvida o **sobreaquecimento** dos cabos a principal razão de estes serem sujeitos a **curto-circuitos**. Aquele *sobreaquecimento* pode ser provocado por:

- **Sobrecargas excessivas e prolongadas** (*erro de dimensionamento ou aumento não programado da carga*).
- **Proximidade de fontes de calor** (por exemplo *tubulações de água quente*).
- **Aumento da resistência de contato nas ligações** (*aperto insuficiente dos ligadores ou falta de reaperto periódico*).

O *sobreaquecimento* é um **fator determinante** para o **envelhecimento precoce** da *isolação do cabo* e por esse motivo um **agente para o desenvolvimento** de *curto-circuitos*.

### 6.4. Equipamentos Elétricos

Referem-se neste capítulo as principais *causas de curto-circuitos* em **transformadores de potência** e **motores elétricos trifásicos de corrente alternada** em *Baixa Tensão*.



Ver-se-á na matéria que será seguidamente exposta que as principais **causas dos defeitos**, e como tal, de **curto-circuitos** são os **sobreaquecimentos**.

a) Transformadores de potência

A carga que um transformador de potência pode fornecer à rede é determinada pelo **aumento de temperatura admissível no óleo e nos enrolamentos** – 65 °C e 80 °C (designada por **hot-spot** à carga nominal), respectivamente.

Como é sabido, a carga de um transformador **não permanece constante ao longo do tempo**, sendo a sua *potência nominal* indicada na chapa de características, e válida para as *temperaturas e condições de ensaio especificadas nas normas aplicáveis*. Contudo, a *potência disponível de um transformador pode ser superior ou inferior* ao valor indicado na *chapa de características*, dependendo das *condições de operação*, designadamente a **temperatura ambiente, a carga inicial e o tempo de vida expectável do transformador**.

Os **sobreaquecimentos** podem resultar principalmente de *duas situações*:

- **Ciclos de sobrecarga superiores aos admissíveis** nas *normas aplicáveis*.
- **Defeitos externos ao transformador**, designadamente *curto-circuitos nas instalações a jusante*.

Os **defeitos nos transformadores** podem ocorrer:

- No isolamento, designadamente no óleo.
- Nos enrolamentos.
- No núcleo (*mais raramente*) – tema que pela sua especificidade não será abordado neste trabalho.

➤ Defeitos no óleo

As características dos óleos dos transformadores são estabelecidas para que o **óleo garanta o isolamento elétrico sob campos elétricos elevados**, pelo que qualquer *redução significativa* da sua **rigidez dielétrica** pode ser um indicador de que o **óleo já não é capaz de cumprir a sua função como elemento isolante**. A *diminuição da rigidez dielétrica* pode ser causada por *contaminação do óleo por agentes como a água e produtos resultantes da degradação da celulose do papel de isolamento dos enrolamentos*.

Os *defeitos* mais habituais no óleo são devidos ao seu **envelhecimento precoce**, devido à *contaminação com água, formação de gás e diminuição de nível e de pressão*.

**Sobreaquecimentos localizados e defeitos no isolamento das ligações aparafusadas do núcleo** dão origem a um **arco elétrico**, o qual, por sua vez, causa uma **geração lenta de gás no óleo**. De igual forma **defeitos no núcleo e nos enrolamentos** originam um **sobreaquecimento do óleo**, com a *consequente ruptura dielétrica*. Qualquer destes *factores* contribui para a **diminuição da rigidez dielétrica do óleo**.

*Defeitos pouco severos* originam uma **libertação lenta de gás**, o qual se dirige para o conservador. *Defeitos mais severos* originam **arcos elétricos** com maior energia, dando origem a uma **formação rápida de um volume importante de gás e de óleo vaporizado**.

➤ Defeitos nos enrolamentos

Os defeitos habituais nos enrolamentos são:

- Defeitos entre o **enrolamento primário e o enrolamento secundário da mesma fase (curto-circuito)**.
- **Curto-circuito entre espiras** de um enrolamento.

Estes defeitos são, habitualmente, o resultado da **rotura dielétrica da isolação dos enrolamentos, quer entre eles quer entre espiras**.

Os **defeitos** na *isolação dos enrolamentos* tanto podem ser *uma consequência de defeitos no óleo*, como um **envelhecimento precoce daquela isolação** e a consequente **diminuição da sua rigidez dielétrica**, resultante de **ciclos excessivos de sobrecargas e sobreaquecimentos**.

b) Motores elétricos

Os principais **defeitos elétricos** nos *motores*, que poderão dar origem a **curto-circuitos**, geralmente **entre um enrolamento e a carcaça do motor (contato franco ou incipiente)** são:

- *Sobreaquecimento*.
- *Sobrecargas (de origem elétrica e/ou mecânica)*.
- *Rotura do isolamento*.
- *Desequilíbrio de fases e de tensão, que conduzem a desequilíbrios de corrente*.
- *Tempo longo de partida*.
- *Rotor bloqueado (a que corresponde habitualmente um sobreaquecimento)*.

O **sobreaquecimento** pode resultar de um *subdimensionamento do motor, ventilação insuficiente*, designadamente a **baixas velocidades** quando se usam *variadores de velocidade, modificações na carga (sobrecargas)*, que podem ser uma consequência de **defeitos no equipamento acionado**, e *temperaturas ambiente elevadas*.

A **rotura do isolamento** é uma consequência do **envelhecimento precoce da isolação**, causado por *ciclos severos de sobreaquecimento e sobrecarga, e de sobretensões na rede de alimentação*, e origina **curto-circuitos entre espiras dos enrolamentos, ou entre estes e a terra (carcaça)**.

Um **tempo longo de partida**, que se traduz em **várias tentativas de partida com insucesso**, provoca um **sobreaquecimento** nos *enrolamentos ou nas barras e anéis de curto-circuito do rotor*, **danificando as respectivas ligações**.

Outro tipo de problemas que podem acontecer num motor é a **entrada de umidade, água e poeiras nos enrolamentos do estator ou nas placas de ligações** (o que significa que o motor **não tem um índice de proteção IP<sup>6</sup> adequado**), podendo dar origem a **curto-circuitos**.

---

<sup>6</sup> IP: Índice de proteção contra a penetração de corpos sólidos e água – Norma IEC 60529.

## 6.5. Instalações Elétricas Prediais de Baixa Tensão

É nas *instalações elétricas prediais de Baixa Tensão* que se verificam os **acidentes mais graves** com *curto-circuitos* e os *incêndios* por eles provocados e tal fato não é **apenas justificável** pelo *desconhecimento e falta de preparação dos utilizadores*.

A situação que se observa é, fundamentalmente, **explicável** pelos seguintes motivos:

- Instalações **realizadas sem projeto** e, como tal, geralmente **subdimensionadas**.
- Trabalhos *executados* por **peçoal não credenciado**.
- Utilização de **equipamentos e materiais de baixa qualidade**, que em grande parte os casos **não atendem às normas aplicáveis** e com **cabos com seções inferiores às adequadas à carga expectável**, do que resultam **sobreaquecimentos**.
- Quadros elétricos com **aperto insuficiente dos ligadores** (**aumento da resistência de contato** e, conseqüentemente, **sobreaquecimento**).
- **Sobre utilização das tomadas**, com *excesso de equipamentos a elas ligadas* (**sobreaquecimento**) – ver Figura 6.

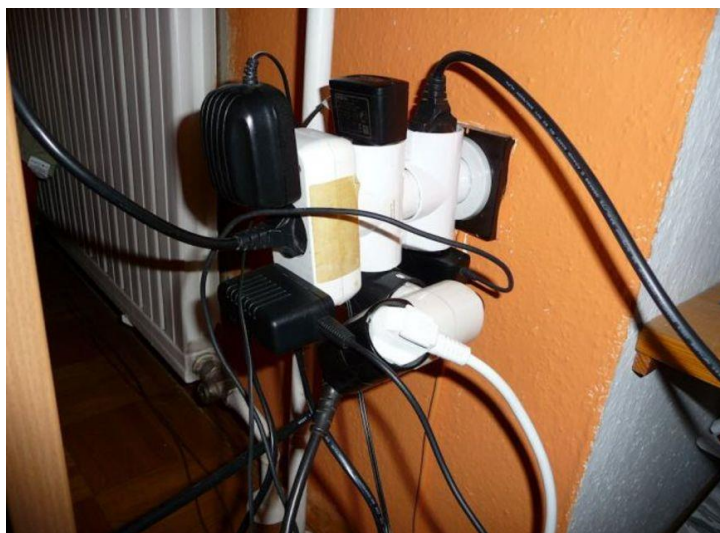


Figura 6 – Tomada elétrica sobreutilizada

- **Aumento da carga** da *instalação*, por *incremento de equipamentos*, sem que seja realizado o **necessário ajuste** da *potência da instalação*.

## 7 – PRINCIPAIS MEDIDAS PREVENTIVAS A IMPLEMENTAR

Do que foi exposto nos capítulos anteriores ressalta que uma parte significativa dos *curto-circuitos* se devem a **agentes exteriores** às *redes, equipamentos e instalações elétricas*, mas este trabalho não se podem omitir os *fatores humanos e falta de responsabilidades* demonstrada pela generalidade dos *órgãos diretivos dos mais diversos níveis*, que dão uma **importante contribuição** para o **desenvolvimento de defeitos e curto-circuitos** nas *redes, equipamentos e instalações elétricas*. Essa *contribuição* é habitualmente o resultado de uma *política atual* que, geralmente, procura **implementar as soluções mais baratas**, sem que seja feita uma **análise séria dessas decisões** e respectivas *consequências*.

A *política* anteriormente referida traduz-se principalmente nas seguintes situações:

- Ausência de projeto ou projeto realizado por técnicos não habilitados para o efeito.
- Falta de planeamento para futuras ampliações.
- Trabalhos executados por empresas e/ou pessoal não habilitado.
- Utilização de equipamentos e materiais não adequados e/ou que não atendem às normas aplicáveis.
- Exploração ou utilização incorreta das redes, equipamentos e instalações elétricas.
- Falta de formação do pessoal.
- Inexistência de planos de manutenção preventiva.

Para *minimizar o risco* de **curto-circuito** e as suas **consequências** recomenda-se que sejam **implementadas** as seguintes *acções*:

- O **projeto** deve ser, **obrigatoriamente**, realizado por **engenheiros electricistas credenciados**.
- Estabelecer um *plano realístico* de **possíveis ampliações**, para que seja possível a *adaptação correta da instalação inicial*.
- Os *trabalhos* devem ser **executados por empresas credenciadas** e por **pessoal habilitado e com experiência**.
- *Todos os materiais e equipamentos* a aplicar na obra devem estar **homologados e atender às normas e regulamentos aplicáveis**.
- Instituir um **processo de fiscalização dos trabalhos**, para **garantir** que os mesmos **são realizados no estrito cumprimento do projeto e das normas e regulamentos**.
- Utilização de **equipamentos e sistemas de proteção** que permitam a *eliminação do defeito no menor tempo possível*.
- Promover a **formação e a atualização do pessoal**, para que seja garantida a **correta exploração e utilização** das *redes, equipamentos e instalações eléctricas*.
- Estabelecimento de um **programa de manutenção preventiva** que permita **detectar atempadamente avarias e o envelhecimento natural dos materiais**, sempre que o tipo de instalação o *justifique*.
- Realizar **inspeções periódicas** das *instalações* para as quais *não seja estabelecido um programa de manutenção preventiva*, com o objetivo de **detectar situações anômalas**.
- **Substituir tão breve quanto possível** os *materiais e equipamentos defeituosos*.

---

<sup>1</sup>Engenheiro Electricista – Energia e Sistemas de Potência (Licenciatura pelo IST/UL – 1974)  
Mestre em Engenharia Elétrica e de Computadores (FCT-UNL – 2017)  
Consultor em Sênior em Subestações e Formador Profissional