

DEFEITOS E CURTO-CIRCUITOS

Manuel Bolotinhaⁱ

1 – INTRODUÇÃO

Registam-se vários acidentes devido a **defeitos** nas *redes, equipamentos e instalações eléctricas*, designadamente **curto-circuitos**, cujas **consequências**, infelizmente, podem ser **trágicas**.

Como é uma *situação* que 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 eléctricas*, 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 eléctricas* que **mais ocorrem** e que **mais acidentes provocam**, quer nas *pessoas* quer nos *equipamentos*, e têm como principal causa a existência de um **contacto**, *franco ou não*, entre **dois elementos condutores** que se encontram a **potenciais diferentes**, verificando-se *consequentemente* uma **drástica redução da resistência da instalação**.

Veja-se como se comporta um *circuito eléctrico 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 eléctrico* 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:

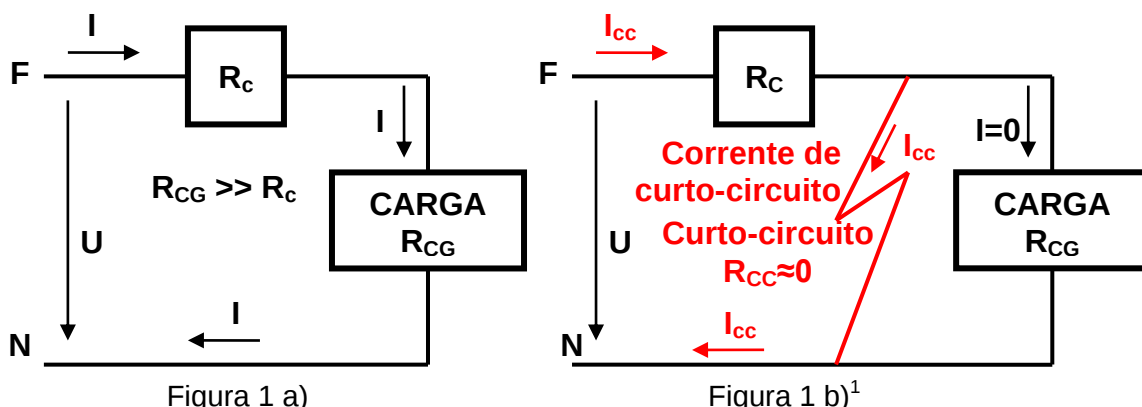


Figura 1 – Circuito entre fase e neutro, em situação normal (a)) e com curto-circuito (b))

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

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

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

No exemplo anteriormente referido, têm-se:

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

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

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 $\approx 80-90 \text{ kA}$) que é **responsável** pelas *consequências gravosas deste tipo de defeito nas instalações eléctricas*.

3 – CLASSIFICAÇÃO DE DEFEITOS E TIPOS DE CURTO-CIRCUITOS

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

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

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

A *experiência* mostra que, habitualmente, um defeito **incipiente**, se não for 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:

- **Ruptura² dieléctrica 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 coroa*).

² A **ruptura dieléctrica** de um **material isolante** acontece quando o **valor do campo eléctrico** a que fica submetido é **muito intenso**, tornando esse material **condutor**. Para o ar, essa *ruptura* ocorre para *campos eléctricos* da ordem de $3 \times 10^6 \text{ V/m}$. Diz-se que, nestas circunstâncias, se dá uma **disrupção**.

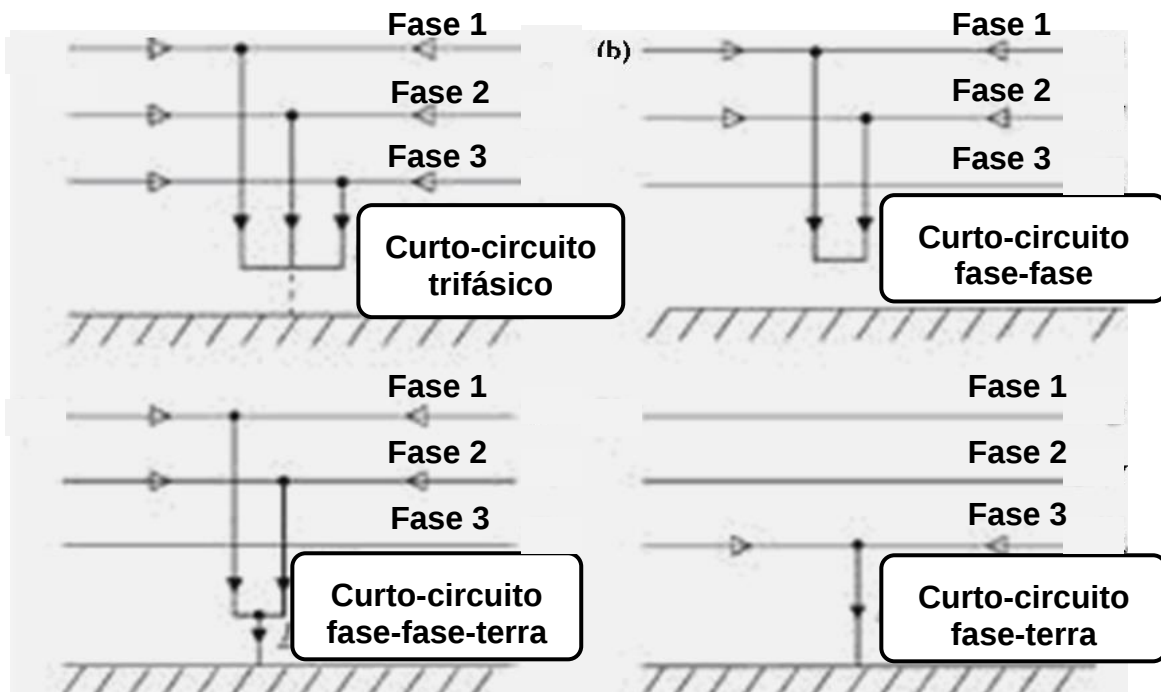


Figura 2 – Diagramas de curto-circuito

Os *curto-circuitos* **fase-fase** e **fase-fase-terra** podem evoluir para um **curto-circuito trifásico**, devido à *ruptura dieléctrica* 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* **afecta 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 **contacto accidental entre as fases** (exemplo: *ruptura de um isolador*).
- *fase-terra*: **contacto accidental entre uma fase e a terra** (exemplo: *ruptura de um isolador*), ou fenómenos de descargas atmosféricas.

Acontece que em alguns *defeitos* se dá uma **ruptura de um condutor**, com ou sem contacto 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, transporte e distribuição de energia eléctrica*, nas *grandes instalações industriais* e nos *edifícios de escritórios e comerciais* o **projecto e a montagem** são executados por **engenheiros e pessoal credenciado**, as **normas e regulamentos aplicáveis** são **observados** e as *redes e equipamentos eléctricos* são

manuseados por pessoal capacitado e experiente e são normalmente *objecto* de acções de manutenção preventiva e correctiva, o que **reduz o risco** de **curto-circuitos** e de **acidentes eléctricos**.

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

Raramente existe projecto, e quando existe é *normalmente de baixa qualidade*, a *instalação* é muitas vezes executada por pessoal não credenciado, as *normas e os regulamentos* **não são**, *nalgumas das situações*, **observados**, os equipamentos utilizados são, em muitos casos, de **má qualidade**, as *instalações* **não são** *objecto* de *manutenção* e a *generalidade dos utilizadores* **não são** *peessoas devidamente instruídas sobre a electricidade 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 eléctricas* e pode *por em risco a segurança das pessoas*.

Para além de haver uma **interrupção do fornecimento de energia eléctrica** 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 eléctricas* devem ser instalados **dispositivos de protecção** adequados, para **eliminação do defeito no mais curto tempo possível**³.

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

³ 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 protecção electrónicos ou microprocessados** em *Média, Alta e Muito 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 – protecções diferenciais**.

O estudo e análise dos diversos sistemas de protecção 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* para a **segurança das pessoas** é quando o *elemento condutor* que origina o **curto-circuito** (*contacto fase-fase ou fase-terra*) é o **corpo humano**.

Nessa situação a pessoa em causa sofre uma **electrocussão** (*choque eléctrico*).

O **percurso da corrente eléctrica 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 reacção da pessoa.*

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

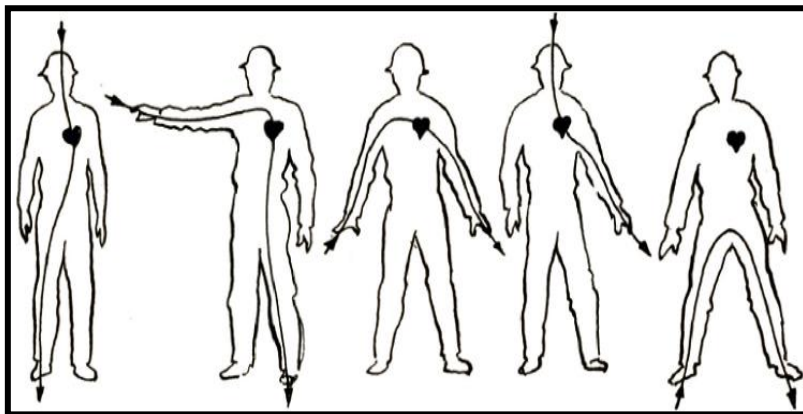


Figura 4 – Percurso da corrente eléctrica através do corpo humano

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

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

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

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

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

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

A **fibrilhação ventricular** é *devida a contracções 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 eléctrico**.

As **queimaduras** são uma *consequência do efeito de Joule* ($W = RI^2t^4$), e são 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**.



Figura 5 – Efeitos do choque eléctrico

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

6 – AS PRINCIPAIS CAUSAS DOS CURTO-CIRCUITOS

6.1. Aspetos Gerais

De uma forma geral pode afirmar-se que os **curto-circuitos** acontecem quando os **materiais de isolamento** das *redes, equipamentos e instalações eléctricas* sofrem uma **diminuição da sua rigidez dieléctrica**⁵, seja por **envelhecimento natural** seja por **envelhecimento precoce**, perdendo, conseqüentemente, as suas **propriedades dieléctricas**.

A **diminuição ou perda** das *propriedades dieléctricas 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 eléctrico** entre aqueles *elementos condutores*, facto que terá como resultado a **formação de um curto-circuito**.

Contudo, é também necessário ter presente que **outros factores**, que serão analisados igualmente neste trabalho, *contribuem* para o **desenvolvimento** de *curto-circuitos* nas referidas *redes, equipamentos e instalações eléctricas*, 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 *contactos 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 *Muito 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**.

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* (*acção 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 contactos permanentes* com *árvores*, por **falta de**

⁵ Define-se **rigidez dieléctrica** como “a capacidade que um material isolante tem de suportar o campo eléctrico sem perda das suas características de isolante” (**ruptura dieléctrica**).

limpeza e desmatção da faixa de protecção da linha e efeito de coroa **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 eléctrico** e, conseqüentemente, de um **curto-circuito**, geralmente **fase-terra**.

6.3. Redes de Cabos Isolados

Os **cabos isolados** não estão sujeitos às mesmas acções das LA, mas podem suportar **esforços mecânicos intensos**, que poderão **danificar o isolamento** ou **diminuir as suas propriedades dieléctricas**, devido sobretudo às seguintes razões:

- Trabalhos de construção civil, particularmente as acções de *rectroescavadoras*.
- Erros de montagem – *tensão de tracção 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**. O **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 *tubagens de água quente*).
- **Aumento da resistência de contacto nas ligacções** (*aperto insuficiente dos ligadores ou falta de reaperto periódico*).

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

6.4. Equipamentos Eléctricos

Referem-se neste capítulo as principais causas de curto-circuitos em **transformadores de potência** e **motores eléctricos 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** e indicados 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 eléctrico sob campos eléctricos elevados**, pelo que qualquer *redução significactiva* da sua **rigidez dieléctrica** pode ser um indicador de que o **óleo já não é capaz de cumprir a sua função como elemento isolante**. A *diminuição da rigidez dieléctrica* 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**, habitualmente resultado de *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 eléctrico*, 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 dieléctrica*. Qualquer destes *factores* contribui para a **diminuição** da *rigidez dieléctrica do óleo*.

Defeitos pouco severos originam uma **libertação lenta de gás**, o qual se dirige para o *conservador*. *Defeitos mais severos* originam **arcos eléctricos** 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 **ruptura dieléctrica do isolamento dos enrolamentos, quer entre eles quer entre espiras**.

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

b) Motores eléctricos

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

- *Sobreaquecimento.*
- *Sobrecargas (de origem eléctrica e/ou mecânica).*
- *Ruptura do isolamento.*
- *Desequilíbrio de fases e de tensão, que conduzem a desequilíbrios de corrente.*
- *Tempo longo de arranque.*
- *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 accionado**, e *temperaturas ambiente elevadas*.

A **ruptura do isolamento** é usualmente um efeito do **envelhecimento precoce do isolamento**, 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 arranque**, que se traduz em **várias tentativas de arranque com insucesso**, provoca um **sobreaquecimento** nos *enrolamentos ou nas barras e anéis de curto-circuito do rotor*, **danificando as respectivas ligações**, e consequentemente a **curto-circuitos**.

Outro tipo de problemas que podem acontecer num motor é a *entrada de humidade, água e poeiras nos enrolamentos do estator ou nas placas de ligações* (o que significa que o motor **não tem um índice de protecção IP⁶ adequado**), podendo dar origem a **curto-circuitos**.

6.5. Instalações Eléctricas de Edifícios de Habitação em Baixa Tensão

É nas *instalações eléctricas de edifícios de habitação em Baixa Tensão* que se verificam os **acidentes mais graves** originados por *curto-circuitos* e pelos *incêndios* que podem provocar e tal facto 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 projecto** e, como tal, geralmente **subdimensionadas**.
- Trabalhos *executados* por **peçoal não habilitado**.
- Utilização de **equipamentos e materiais de baixa qualidade**, que em grande parte os casos **não respeitam as normas aplicáveis** e com **cabos com secções inferiores às adequadas à carga expectável**, do que resultam **sobreaquecimentos**.

⁶ IP: Índice de protecção contra a penetração de corpos sólidos e água – Norma IEC 60529.

- *Quadros eléctricos* com **aperto insuficiente dos ligadores** (aumento da **resistência de contacto** e respectivo **sobreaquecimento**)
- **Sobreutilização das tomadas**, com excesso de *equipamentos a elas ligadas* (**sobreaquecimento**) – ver Figura 6.

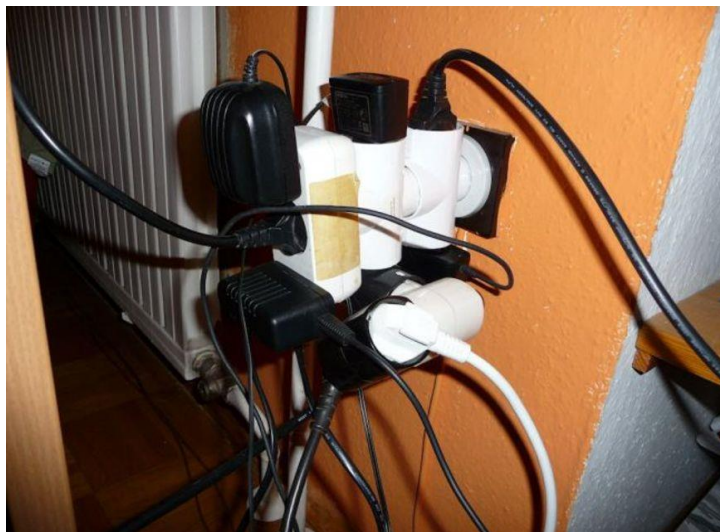


Figura 6 – Tomada eléctrica sobreutilizada

- **Aumento da carga** da *instalação*, por *incremento de equipamentos de utilização*, sem que seja realizado o **necessário ajuste** da *potência a fornecer à 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 eléctricas*, mas neste trabalho não se podem omitir os *factores humanos e falta de responsabilidades* demonstrada pela generalidade dos *órgãos directivos dos mais diversos níveis*, que dão uma **importante contribuição** para o **desenvolvimento de defeitos e curto-circuitos** nas *redes, equipamentos e instalações eléctricas*. Essa *contribuição* é habitualmente o resultado de uma *política actual* 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 projecto ou projecto 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 obedecem às normas aplicáveis.
- Exploração ou utilização incorreta das *redes, equipamentos e instalações eléctricas*.
- 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 **projecto** deve ser, **obrigatoriamente**, realizado por **engenheiros electrotécnicos credenciados**.
- Estabelecer um *plano realístico* de **possíveis ampliações**, para que seja possível a *adaptação correcta da instalação inicial*.
- Os *trabalhos* devem ser **executados por empresas credenciadas** e por **peçoal habilitado** e *com experiência*.
- *Todos os materiais e equipamentos* a aplicar na obra devem estar **homologados** e **obedecer às normas e regulamentos aplicáveis**.
- Instituir um **processo de fiscalização dos trabalhos**, para **garantir** que os mesmos **são realizados no estrito cumprimento do projecto e das normas e regulamentos**.
- Utilização de **equipamentos e sistemas de protecção** que permitam a *eliminação do defeito no menor tempo possível*.
- Promover a **formação e a actualização do peçoal**, para que seja garantida a **correcta 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 objectivo de **detectar situações anómalas**.
- **Substituir tão breve quanto possível** os *materiais e equipamentos defeituosos*.

ⁱEngenheiro Electrotécnico – Energia e Sistemas de Potência (IST – 1974)
Mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores (FCT-UNL – 2017)
Consultor em Subestações e Formador Profissional

O Autor não utiliza o Novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa