

Avaliação de Riscos Elétricos

Fernando Jorge Pita



AUTOR

Fernando Jorge Pita

TÍTULO

Avaliação de Riscos Elétricos

EDIÇÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

Praça da Corujeira n.º 30 - 4300-144 PORTO

Tel: 220 939 053 · E-mail: geral@quanticaeditora.pt · www.quanticaeditora.pt

CHANCELA

Engobook – Conteúdos de Engenharia

DISTRIBUIÇÃO

Booki – Conteúdos Especializados

Tel. 220 104 872 · E-mail: info@booki.pt · www.booki.pt

APOIO À EDIÇÃO

Cenertec – Centro de Energia e Tecnologia · www.cenertec.pt

REVISÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

DESIGN

Delineatura – Design de Comunicação · www.delineatura.pt

IMPRESSÃO

Fevereiro, 2023

DEPÓSITO LEGAL

511519/23



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

Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2023 | Todos os direitos reservados a Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

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

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

CDU
621.3 Engenharia Elétrica

ISBN
Papel: 9789899101630
E-book: 9789899101647

Catálogo da publicação
Família: Eletrotecnia
Subfamília: Instalações Elétricas

ÍNDICE

PREFÁCIO	IX
INTRODUÇÃO	XI
1. CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE ELETRICIDADE	13
1.1. Dispositivos de proteção	24
1.1.1. Dispositivos de proteção contra sobrecargas e curto-circuito	24
1.1.2. Dispositivos de proteção contra correntes de defeito	25
1.2. Classificação das categorias de influências externas	28
1.3. Rede de produção, transporte e distribuição de energia	30
1.3.1. Classificação dos níveis de tensão	32
1.3.2. Sistemas de terra	32
2. ESPECIFICAÇÕES DE SEGURANÇA DOS EQUIPAMENTOS	37
2.1. Classificação dos equipamentos relativamente à proteção contra choques elétricos	37
2.2. Escolha dos materiais e equipamentos elétricos para garantir a segurança	38
2.3. Especificações de segurança para instalações e locais especiais (7 RTIEBT)	39
2.4. Instalações elétricas	43
3. ACIDENTES ELÉTRICOS	45
3.1. Os efeitos fisiológicos da corrente elétrica	46
3.1.1. Tetanização	48
3.1.2. Paragem respiratória	49
3.1.3. Fibrilhação ventricular	49
3.1.4. Queimaduras	52
3.2. Resistência do corpo humano	54
3.3. Variação da impedância do corpo humano com a frequência	61
3.4. Causas de acidentes	62

4. SISTEMAS DE PROTEÇÃO	65
4.1. Competências e medidas de segurança	65
4.2. Medidas de proteção individual	67
4.3. Medidas de proteção nas instalações – a proteção contra contactos diretos	71
4.4. Medidas de proteção nas instalações – a proteção contra contactos indiretos	72
4.5. Proteções contra efeitos térmicos	74
5. PREVENÇÃO DE INCÊNDIO DE ORIGEM ELÉTRICA	77
6. POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO	81
7. QUADROS ELÉTRICOS	85
8. MANUTENÇÃO PREVENTIVA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	89
9. PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	91
9.1. Termografia	93
10. PREVENÇÃO DE RISCOS ELÉTRICOS EM ESTALEIROS DE CONSTRUÇÃO	95
11. PREVENÇÃO DE RISCOS ASSOCIADOS A ALTA TENSÃO (AT) E MUITO ALTA TENSÃO (MAT)	99
12. ELETRICIDADE ESTÁTICA	101
13. AS CAUSAS NATURAIS – OS RAIOS	105
14. CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS	107
15. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ATMOSFERAS EXPLOSIVAS – ATEX	115

16. CONTROLO DE FONTES DE ENERGIA – LOCKOUT / TAGOUT	119
16.1. O controlo das fontes de energia	119
16.2. Requisitos gerais do controlo das fontes de energia	120
16.3. Procedimentos de controlo das fontes de energia	121
16.4. Aplicação dos dispositivos de controlo de energia	122
16.5. Remoção de dispositivos de controlo de energia	122
17. OUTROS RISCOS ASSOCIADOS À ELETRICIDADE	123
17.1. Baterias de acumuladores	123
17.2. A soldadura por arco eléctrico	123
17.3. Ferramentas eléctricas portáteis	123
17.4. Utilização incorreta dos dispositivos eléctricos	124
17.5. Casas de banho	125
17.6. Acidentes domésticos	126
17.7. Acidentes com crianças	128
18. COMO ATUAR EM CASO DE ACIDENTE ELÉTRICO	129
18.1. Modo de afastamento da vítima em contacto com a peça em tensão	129
18.2. Conceito de tensão de passo	130
18.3. Primeiros socorros	130
18.4. Cuidados a prestar à vítima	131
19. LISTA DE VERIFICAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE RISCOS ELÉTRICOS EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	133
ÍNDICE DE FIGURAS	CXLI
ÍNDICE DE TABELAS	CXLV
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	CXLVII

1. CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE ELETRICIDADE

A eletricidade sendo uma forma de energia é produzida pela técnica humana e aproveitada para os fins mais diversos.

A eletricidade e a água, embora não seja uma conjugação perfeita quando em conjunto, têm um comportamento semelhante.

O átomo representado na figura 1.1. é constituído por cargas elétricas positivas (prótons), cargas elétricas neutras (neutrões) que constituem o seu núcleo, em orbita temos as cargas elétricas negativas (eletrões).

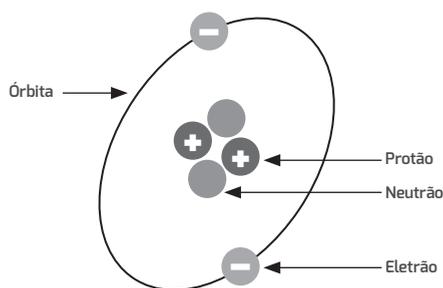


FIGURA 1.1. Constituição do átomo.

Sabe-se que cargas do mesmo nome se repelem e cargas de nome contrário atraem-se. Este princípio da natureza, contradiz-se pelo facto de o núcleo ser constituído por um conjunto de cargas positivas todas muito juntas e difícil de destruir esta união. Pois a força que une os prótons no núcleo quase indestrutível designa-se por força nuclear muito falada nos tempos que correm. Porém em orbita os eletrões atraídos pela massa positiva que constitui o núcleo, podem separar-se do mesmo. São estes que se movimentam dando origem ao que designamos por corrente elétrica.

O que determina um material ser bom condutor ou isolante? Observe então a figura 1.6.



FIGURA 1.6. Configuração atômica dos materiais.

Se um átomo na sua última camada for constituído por um a três elétrões e com o exemplo representado na figura do lado esquerdo, que representa um átomo de cobre, verifica-se que facilmente recebe eletrões pois nessa camada poderia alojar 32 eletrões, assim como também facilmente os liberta dada a distância ao núcleo. Assim resulta um bom condutor.

Por outro lado, a imagem central representa um átomo que logo na segunda camada muito próxima do núcleo, cujo número máximo de eletrões não poderá exceder os oito. Verifica-se que se tiver 5 a 8 eletrões, dificilmente liberta ou deixa penetrar eletrões errantes, constituindo uma excelente barreira, o que faz do material um bom isolante.

Do lado direito da figura um material com 4 eletrões na última camada designados por eletrões de valência, trata-se de um semiconductor. Característica de materiais usados na indústria de componentes eletrónicos e geradores fotovoltaicos.

Existem outros materiais que não são bons condutores nem bons isolantes que denominamos por resistências.

A unidade fundamental da resistência elétrica é o ohm (Ω). Na figura 1.7. podemos ver a representação simbólica de uma resistência.



FIGURA 1.7. Símbolo de uma resistência.

Exemplo TN – C

As funções de neutro e de proteção são combinadas num único condutor (PEN) em todo o circuito na figura 1.26.

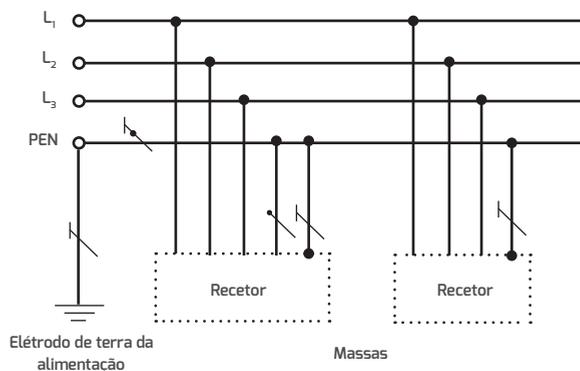


FIGURA 1.26. Ligação TN-C.

Fonte: RTIEBT.

Exemplo do regime TN – S

As funções de neutro e de proteção são combinadas num único condutor (PEN) em todo o circuito. Os condutores neutro e de proteção são separados em todo o esquema na figura 1.27.

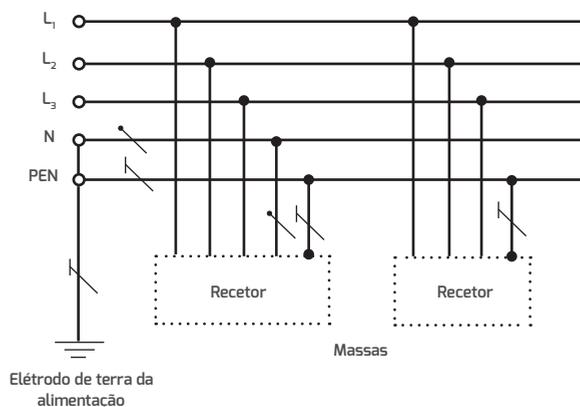


FIGURA 1.27. Ligação TN-S.

Fonte: RTIEBT.

Particularidades do regime TN – C – S

As funções de neutro e de proteção são combinadas num único condutor (PEN) numa parte do circuito na figura 1.28.

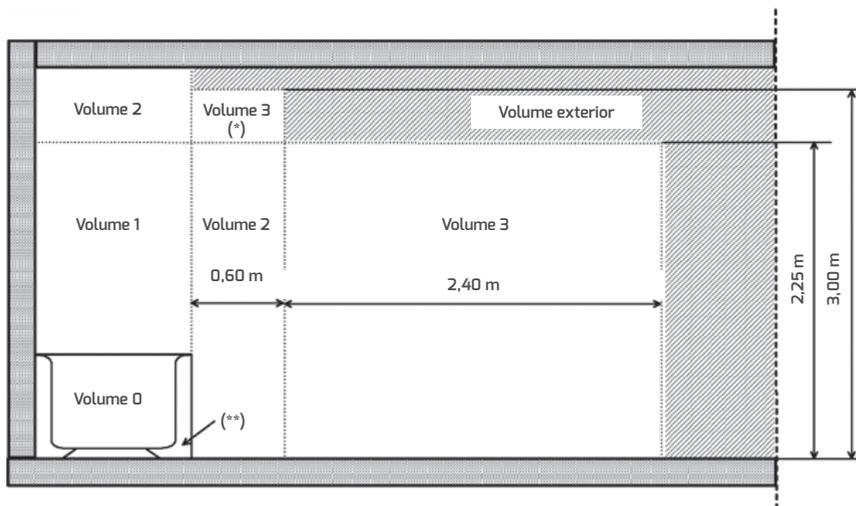


FIGURA 2.2. Áreas e volumes

Fonte: RTIEBT.

Nestes locais é obrigatória a ligação equipotencial de todas as massas metálicas à terra existentes nos volumes 0,1 e 2.

As piscinas são, também, locais de elevado risco, pelo que as restrições de instalação de equipamento elétrico aplicam-se da mesma maneira que a anteriormente descrita, nas zonas ou volumes definidos pela figura seguinte.

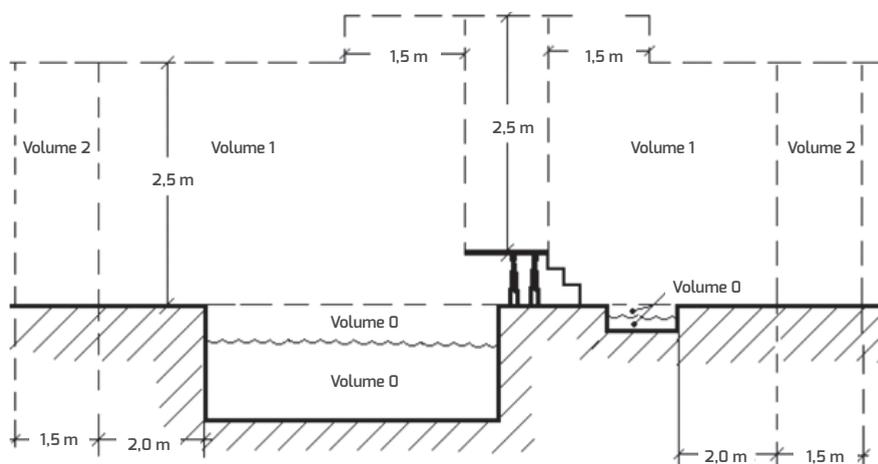


FIGURA 2.3. Áreas e volumes.

Fonte: RTIEBT.

O cálculo da corrente no coração será, então, baseado na expressão seguinte:

$$I = \frac{I}{F}$$

A título de exemplo, se verificarmos um contacto acidental com as duas mãos (como ilustra a figura seguinte) sendo atravessado o corpo humano por uma corrente de 100 mA, o fator F será $F = 0,4$ pelo que aplicando a expressão acima referida, vamos encontrar uma corrente de 40 mA que, na realidade, afeta o coração.

Período vulnerável: no ciclo cardíaco existe um período crítico no qual o ventrículo é eletricamente mais sensível. No caso de os estímulos ocorrerem nesta fase do ciclo cardíaco, a possibilidade de fibrilhação aumenta de uma forma considerável. Este intervalo de tempo denomina-se por período vulnerável (ver figura seguinte). Essa fase crítica ocorre num intervalo de tempo inferior a 160 milissegundos.

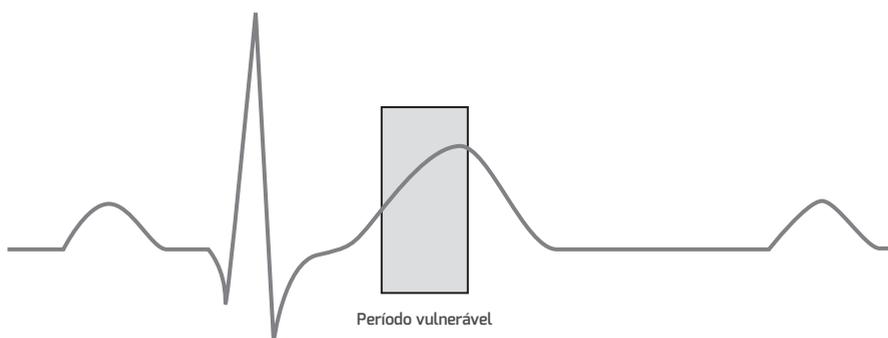


FIGURA 3.1. Ciclo cardíaco.

Fonte: Norma IEC 60479-1.

3.1.4. Queimaduras

O aspeto das queimaduras produzidas pela eletricidade é muito semelhante ao produzido pela aplicação local de calor de um ferro em brasa. Representa o tipo de lesão mais comum dos acidentes associados ao contacto do corpo humano com a corrente elétrica. A queimadura elétrica típica é constituída por uma parte central negra, circundada por um halo claro.

Em média, alta ou muito alta tensão, as queimaduras são geralmente graves, podendo levar à amputação de membros, decapitação ou carbonizações de grande extensão.

Podemos concluir, assim, que as tensões 110 V, 230 V, 380 V, 400 V são tão perigosas que podem mesmo levar à morte.

No gráfico seguinte (figura 3.6.) podemos observar os efeitos fisiológicos no corpo humano de um adulto em função da intensidade de corrente elétrica que o atravessa e o tempo de passagem de uma corrente alternada de frequência entre 15 e 100 Hz.

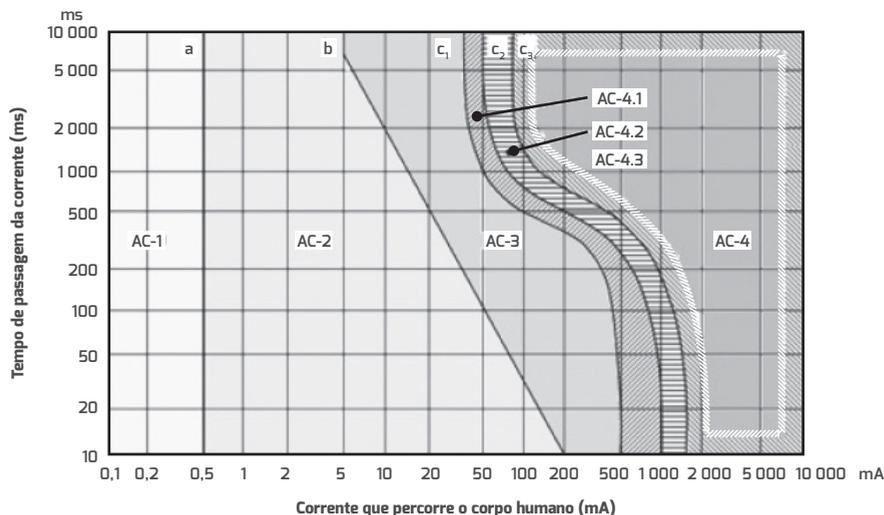


FIGURA 3.6. Zonas do efeito da corrente alternada (de 15 e 100 Hz) sobre adultos.

Fonte: Norma IEC 60479-1.

Zonas de efeito de corrente alternada (de 15 e 100 Hz) sobre adultos

TABELA 3.2. Relação das várias zonas face às correntes AC.

Fonte: Norma IEC 60479-1.

ZONAS	LIMITES	EFEITOS FISIOLÓGICOS
AC-1	a – até 0,5 mA	Possibilidade de percepção, mas sem perigo.
AC-2	De 0,5 mA até b	Percepção com possibilidade de contrações musculares involuntárias.
AC-3	Acima de b	Fortes contrações musculares involuntárias. Dificuldade em respirar. Distúrbios reversíveis da função cardíaca e possibilidade de imobilização.
AC-4	Acima de c1 c1 → c2 c2 → c3 Além de c3	Probabilidade de fibrilhação ventricular, podendo ocorrer efeitos fisiopatológicos tais como: paragem cardíaca e paragem respiratória. AC-4.1 Probabilidade de fibrilhação ventricular aumentando até cerca de 5%. AC-4.2 Probabilidade de fibrilhação ventricular aumentando até cerca de 50%. AC-4.3 Probabilidade de fibrilhação ventricular acima de 50%.

Como exemplo na prática uma luminária para uma hidromassagem ou até uma luminária para uma piscina nunca poderá ter mais do que 12 V AC. No entanto o transformador que converte os 230 V em 12 V, terá de ter uma tensão de isolamento garantida pelo fabricante de maior ou igual a 500 V. Ainda um *robot* para aspirar uma piscina nunca poderá ter mais do que 30 V DC.

Num estaleiro se existir uma botoneira metálica cuja automação é feita por um circuito de 24 V, então esta como tem TRS não necessita de estar ligada à terra pois o operador está protegido pela própria tensão.

3.3. VARIAÇÃO DA IMPEDÂNCIA DO CORPO HUMANO COM A FREQUÊNCIA

No gráfico da figura 3.8. podemos verificar como varia a impedância do corpo humano para tensões de contacto de 10 a 1 000 V em corrente alternada com a frequência compreendida entre valores de 50 Hz a 2 KHz, considerando uma boa superfície de contacto entre as mãos ou mão e pé abrangendo um universo de cerca de 50% da população.

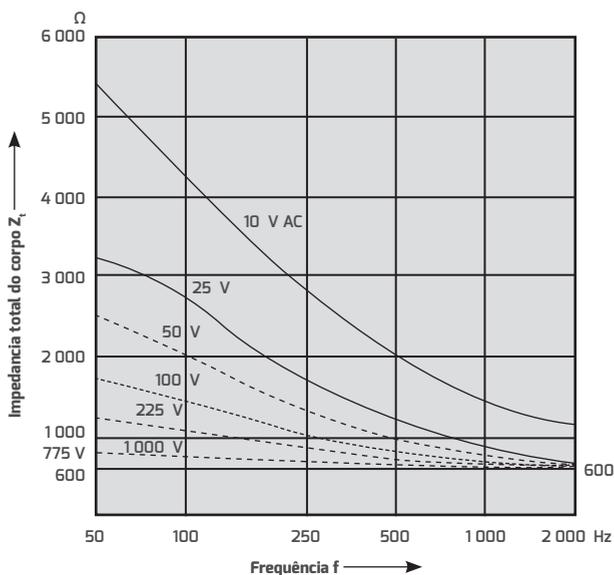


FIGURA 3.8. Impedância do corpo humano.

Fonte: Norma IEC 60479-1.

- nas baterias de condensadores para compensar energia reativa, atenção aos condensadores, que necessitam de ser descarregados antes de intervir. Com estes equipamentos devem existir instruções do fabricante quanto aos procedimentos da sua descarga;
- verifique sempre o bom estado de isolamento das ferramentas antes de intervir numa instalação eléctrica sob tensão;
- nunca improvise;
- certifique-se que, se estiver a trabalhar em tensão, não está a usar:
 - anéis, piercings, joias, relógios, voltas, etc.;
 - ferramentas à cintura;
 - roupa solta, como batas, etc.;
 - ferramentas em mau estado de isolamento (figuras 4.5. e 4.6.).

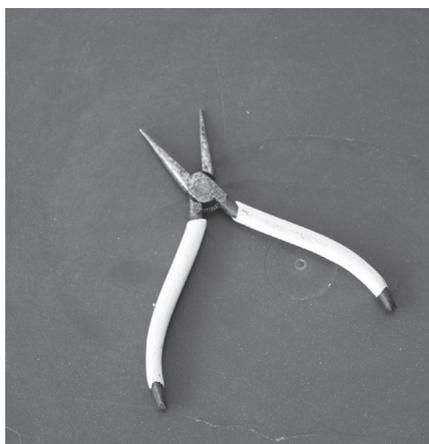


FIGURA 4.5. Defeito de isolamento.



FIGURA 4.6. Não improvisar.

Um relógio, um anel ou um colar metálico, quando em contacto com a corrente, comportam-se como uma espira, podendo causar danos muitos sérios a profissionais que habitualmente trabalham em tensão, como, por exemplo, na manutenção de quadros eléctricos, ou na proximidade de tensões perigosas.

O relógio metálico pode causar graves lesões no pulso, tais como queimaduras que poderão em certos casos formar necroses graves.

No seu interior, deverá existir um esquema e todos os dispositivos deverão estar etiquetados figura 7.3., para que seja possível identificar os circuitos que protegem, conforme se preconiza na seguinte. Também toda a cablagem deverá estar bem identificada, com os circuitos onde vão ligar.



FIGURA 7.3. Simbologia.

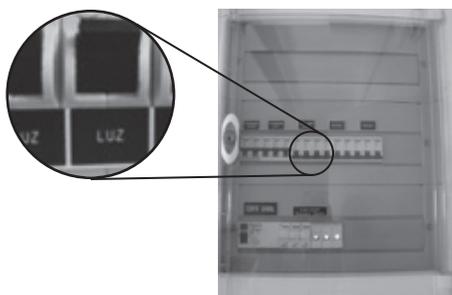


FIGURA 7.4. Identificação dos circuitos num quadro elétrico.

A principal função dos quadros elétricos será a proteção de:

- os bens → contra risco de incêndio;
- e pessoas → contra contactos indiretos.

Os bens são protegidos por disjuntores que atuam em caso de curto circuito ou sobrecarga.

As pessoas são protegidas pelos diferenciais de contactos indiretos.

Os quadros elétricos industriais oferecem riscos acrescidos, pelo que só devem ser manobrados por pessoal qualificado ou instruído para o efeito.

Atualmente todos os quadros elétricos industriais, será obrigatório serem construídos por um quadrista, empresa cuja função principal será a construção de quadros elétricos. Devem ser concebidos segundo as normas IEC:

9.1. TERMOGRAFIA

A termografia é uma ferramenta excelente para a detecção de problemas em instalações elétricas. Identifica pontos de aquecimento que podem apontar para um mau aperto mecânico, um cabo sobrecarregado ou até um equipamento com defeito. Porém esta tecnologia deve ser utilizada por pessoal qualificado, sendo importante sempre fazer uma formação que ajuda a não tomar decisões erradas.

Podemos ver, na figura 9.1., o exemplo de uma imagem tirada com uma câmara especialmente preparada para o efeito.

A sua análise baseia-se na observação da temperatura que se distingue pela cor e na escala graduada.

Podemos, em princípio, diagnosticar mau aperto mecânico nos quadros elétricos e pontos de derivação, condutores sobrecarregados, aparelhos com defeito, etc. Todavia, sempre deverá ser um técnico com formação especializada a confirmar localmente se existe ou não anomalia.

IMAGEM TERMOGRÁFICA

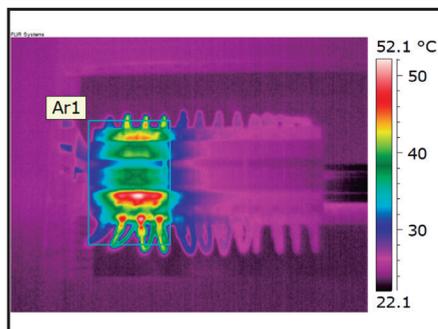


IMAGEM VISUAL



FIGURA 9.1. Exemplo de imagens de termografia.

- risco de choques elétricos ou queimaduras de correntes de contacto quando uma pessoa toca num objeto condutor num campo eletromagnético e um deles esta ligado a terra e o outro não.
- possíveis efeitos em estilhaços, piercings corporais, tatuagens e arte corporal;
- possibilidade de arranque não intencional de detonadores;
- risco de incendio ou explosão devido a inflamação de material inflamável ou explosivo.

Na referida legislação estão definidos os VLE (valores limite de exposição) e NA (níveis de ação). Os VLE são especificados em termos de grandezas internas no corpo humano que não podem ser medidas diretamente ou calculadas de forma simples. Porém, os níveis de ação (NA) estabelecidos em grandezas externas dos campos que podem ser mais facilmente encontradas através da medição e do cálculo.

Mas afinal o que são as ondas eletromagnéticas?

Qualquer corrente elétrica pequena que seja desenvolve um campo elétrico e um campo magnético que são ortogonais exemplificado na figura 14.1.

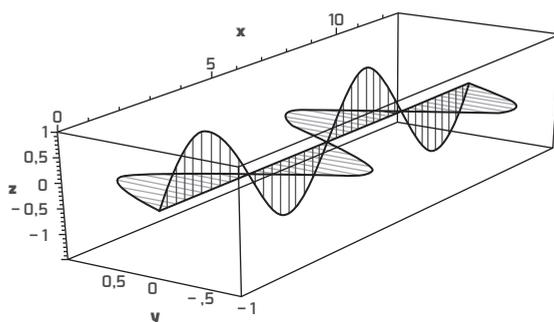


FIGURA 14.1. Campo eletromagnético.

A representação é a seguinte:

- campo elétrico (E);
- campo magnético (H).

Os níveis de ação (NA) e os valores-limite de exposição (VLE) dados na Diretiva «Campos eletromagnéticos» são especificados de acordo com a frequência do campo eletromagnético.

A frequência é normalmente representada pela letra f . A unidade de frequência é o hertz (Hz).

Outros acidentes surgem causados pela reparação de eletrodomésticos ou alteração nas instalações elétricas efetuadas por amadores.

Quando se liga um suporte de uma lâmpada deve existir, sempre, o cuidado em estabelecer a ligação da fase no contacto central da lâmpada do suporte e o neutro na parte lateral que corresponde ao contacto com o casquilho. Desta forma, será mais seguro para quem muda a lâmpada, para não correr o risco de acidentalmente tocar no casquilho e sofrer um choque elétrico. Também esta operação deverá ser efetuada sempre com as mãos secas.

Em todas as ligações, devem ser respeitadas as cores dos condutores de fase, neutro e terra (figura 17.9.).



FIGURA 17.9. Cores das três fases neutro e terra.

Devemos evitar sobrecarregar demasiado as tomadas (figura 17.10.) com recurso a fichas triplas (note-se, ainda, que por vezes há a agravante de tais fichas não terem contacto de terra).



FIGURA 17.10. Exemplo de uma tomada sobrecarregada.

Existem, ainda, acidentes elétricos em ambiente de trabalho que se devem, fundamentalmente, à má preparação técnica dos operários e falta de conhecimentos sobre os riscos inerentes à utilização da corrente elétrica.

Avaliação de Riscos Elétricos

Fernando Jorge Pita

Sobre a obra

Na sequência do livro *Riscos Elétricos*, publicado em 2011, esta nova obra vem servir de suporte técnico para todos aqueles que trabalham nas áreas da energia e da eletricidade, atualizando conteúdos e desenvolvendo novos temas enquadrados com a atual legislação.

Destina-se a todos aqueles que operam e se expõem aos riscos inerentes à corrente elétrica, demonstrando como operar de uma forma segura, sendo de particular interesse para engenheiros, eletricitistas, técnicos de segurança, técnicos de auditoria energética e todos aqueles que operam em serviços de manutenção. São referidas na obra as boas práticas de atuação, bem como os equipamentos individuais de segurança a utilizar sempre que nos expomos a equipamentos energizados, com o objetivo de constituir um guia que promova essas boas práticas e permita evitar acidentes.

Sobre o autor

Formado pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) em Engenharia Eletrotécnica, trabalhou oito anos na Engenharia de Manutenção da Indústria Eletrónica, na Texas Instruments Portugal, 18 na supervisão de Serviços Técnicos de Manutenção, e como Supervisor de Assistência Técnica da empresa M. Simões Jr, como Supervisor de Assistência Técnica da Superex – Máquinas e Sistemas, Lda., e como Diretor Técnico da MCI – Máquinas de Costura Industriais S.A.

Desenvolveu, coordenou e apoiou tecnicamente diversos projetos de formação, em centros de formação e empresas, ao longo de 30 anos de experiência em formação, nos quais se destacam: Consultor e colaborador no domínio da Engenharia Eletrotécnica, na Empresa Bifase - Material Elétrico e Eletrónico Lda. (2003-2011); Responsável pelo Alvará e Departamento de Energias Renováveis da empresa Circuitos de Inovação, Lda. (2008-2010); Perito de Riscos Elétricos e Sistemas Solares, colaborando com a empresa de peritagens Peritel – Peritagens Técnicas, Lda. (2013-2014).

Desenvolve *hardware* para testes psicotécnicos em parceria com a Edíptico desde 2013, sendo um profissional liberal, consultor de várias empresas no âmbito da Engenharia Eletrotécnica e Técnico Responsável, tais como: Responsável pelo Alvará da empresa Hidma – Hidráulica e Automação SA (2015); Coordenação Técnica da Pós-Graduação em Manutenção de Instalações Elétricas promovida pelo Cenertec (2016-2018); Coordenador do Curso de Especialização em Manutenção de Instalações Elétricas promovido pelo Cenertec. É membro do Conselho Consultivo do Cenertec - Centro de Energia e Tecnologia, e autor das obras *Riscos Elétricos*, da editora Verlag Dashofer, e *Trabalhos em Tensão em Instalações Elétricas*, pela chancela Engebook da Quântica Editora.

ENGEBOOK **ELEOTROTECNIA**

Apoio



Também disponível em formato papel



ISBN: 978-989-910-163-0



9 789899 101630

www.engebook.pt

RIGO • PERIGO

PERIGO