

EUTRO À TERRA

Revista Técnico-Científica

<http://www.neutroaterra.blogspot.com>

Voltámos à vossa presença com a publicação de mais uma edição da nossa revista semestral. Esperamos satisfazer novamente as expectativas dos nossos leitores, publicando artigos de elevada qualidade técnico-científica, que seguramente suscitarão a curiosidade de todos os nossos habituais leitores, que nos privilegiam com o seu interesse desde o início das nossas publicações. Esta é a 22ª publicação em onze anos de existência. Ao longo destes anos fez-se um grande percurso e atingiram-se os objetivos definidos inicialmente: divulgar assuntos de natureza técnica e científica, com uma abordagem crítica, mas construtiva, de forma que esta publicação seja uma referência em assuntos relacionados com a Engenharia Eletrotécnica em que nos propomos intervir.

José Beleza Carvalho, Professor Doutor



Máquinas e Veículos Elétricos



Produção, Transporte e Distribuição Energia



Instalações Elétricas



Telecomunicações



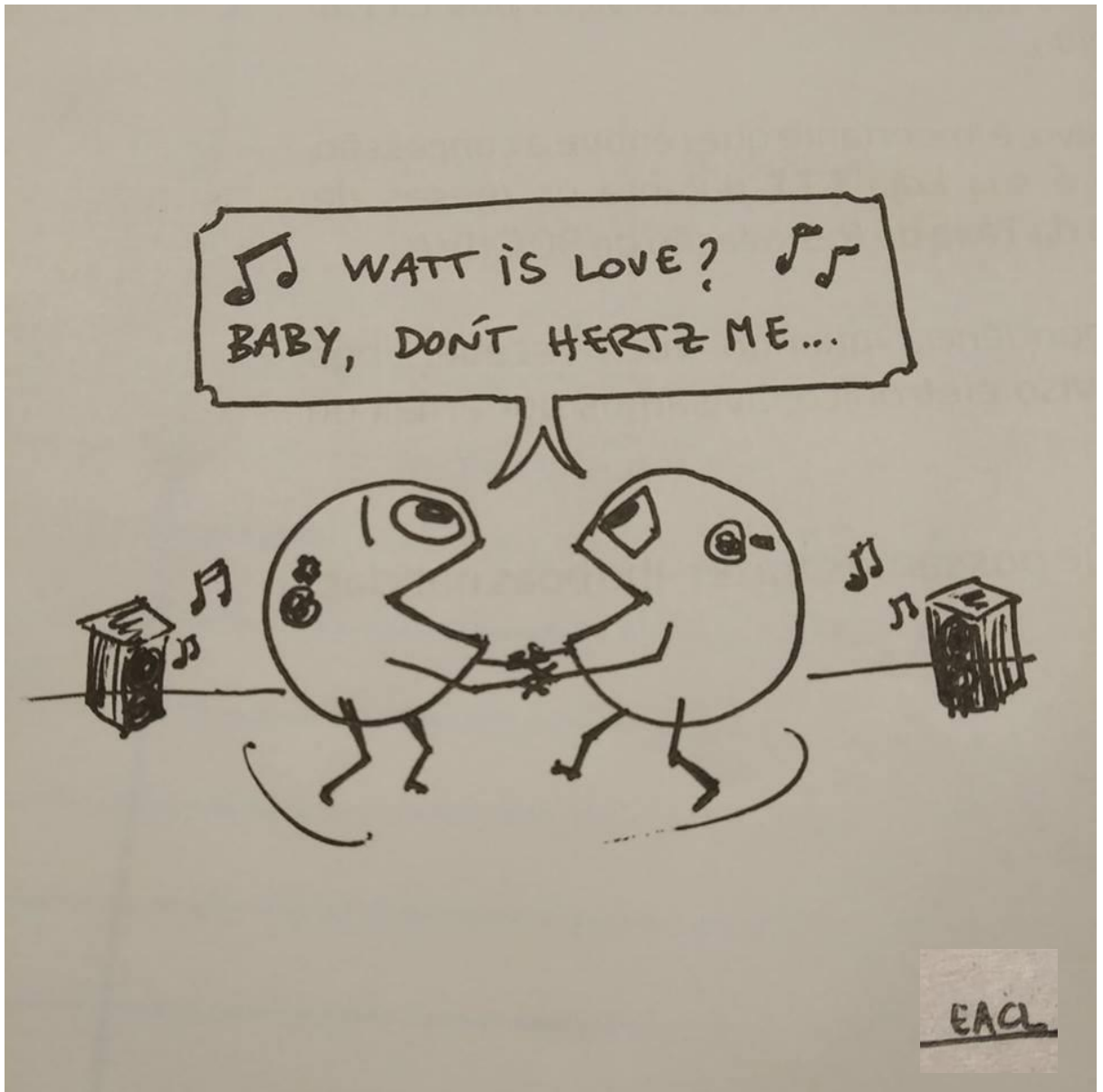
Segurança



Gestão de Energia e Eficiência Energética



Automação, Gestão Técnica e Domótica



- Editorial	5
- Simulador de carregamento para veículos elétricos Aldo dos Anjos Faria Pestana Trindade	9
- Motores elétricos para aplicações especiais WEGeuro Indústria Eléctrica, S.A.	23
- Características básicas do motor de relutância comutado Pedro Miguel Azevedo De Sousa Melo	27
- Power transformers diagnosis: Status evaluation Teresa Nogueira, Carlos Lopes, Carlos Felgueiras, José Quadrado	37
- Instalações de ligação à terra António Augusto Araújo Gomes	47
- Equipamentos de rede: Equipamentos passivos e ativos Sérgio Filipe Carvalho Ramos	55
- Autores	58

FICHA TÉCNICA

DIRETOR:	José António Beleza Carvalho, Doutor
SUBDIRETORES:	António Augusto Araújo Gomes, Eng. Roque Filipe Mesquita Brandão, Doutor Sérgio Filipe Carvalho Ramos, Doutor
PROPRIEDADE:	Área de Máquinas e Instalações Elétricas Departamento de Engenharia Electrotécnica Instituto Superior de Engenharia do Porto
CONTACTOS:	jbc@isep.ipp.pt ; aag@isep.ipp.pt
PUBLICAÇÃO SEMESTRAL:	ISSN: 1647-5496

Título: Instalações Elétricas de Baixa Tensão: Dimensionamento e Proteção de Canalizações Elétricas
Autor: António Augusto Araújo Gomes, Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva, José António Beleza Carvalho
Editora: Publindústria
Data de Edição: 2017
ISBN: 9789897232046
Nº Páginas: 114
Encadernação: Capa mole

Sinopse:

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia eletrotécnica, bem como a técnicos responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas. Pretende ser ainda uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, normativos e regulamentares sobre o dimensionamento e proteção de canalizações elétricas aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação nas quais sejam intervenientes, selecionar o tipo de canalização e o modo de instalação mais adequados, de forma a maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como os custos de execução e exploração das instalações.

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

Dimensionamento e Proteção de Canalizações Elétricas

SOBRE O LIVRO

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia eletrotécnica, bem como a técnicos responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas.

Pretende ser ainda uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, normativos e regulamentares sobre o dimensionamento e proteção de canalizações elétricas aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação nas quais sejam intervenientes, selecionar o tipo de canalização e o modo de instalação mais adequados, de forma a maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como os custos de execução e exploração das instalações.

SOBRE OS AUTORES

António Augusto Araújo Gomes

Bacharel em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto – licenciado em Engenharia Eletrotécnica e Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor adjunto no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999. Coordenador da Obra na CEFIBRUS – Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999. Sócio da empresa Nicatso e Tera – Gabinete de Engenharia Lda (2002 a 2005). Prestação de serviços de formação e/ou projeto e/ou assessoria e/ou consultoria no âmbito das instalações elétricas, telecomunicações, segurança, gestão de energia, eficiência energética, e diversas atividades nomeadamente: NGHYVA – Consultores de Engenharia, S.A.; Schenkel – Engenharia e Serviços, Lda; ENERKO – Consultores de Engenharia, Lda; ESC – Instituto de Soldadura e Qualidade, Quilóscia – Fabrica de Quadros elétricos, S.A.; EP – Instituto Eletrotécnico Português; CENFREED – Centro de Energia e Tecnologia; A14COM – Autoridade Nacional das Telecomunicações; IET – Instituto para o Desenvolvimento Tecnológico; EDV – Agência de energia entre Douro e Vouga.

Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica, ramo de Produção, Transporte e Distribuição de energia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e Mestrado em Engenharia de Instalações elétricas pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor Adj. no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

José António Beleza Carvalho

Bacharel em Engenharia Eletrotécnica pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto, Mestre e Doutor em Engenharia Eletrotécnica na especialidade de sistemas de energia pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor Coordenador no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, desempenhando as funções de Diretor do Departamento. Integra a direção da Escola Tecnológica de Viseu de Coimbra como vice-reitor e do Instituto Politécnico do Porto. É autor de vários artigos publicados em conferências nacionais e internacionais, diretor da revista neutro-30 e integrou vários júris de provas públicas de doutoramento e para a colação do ensino superior.

ENGEBOOK

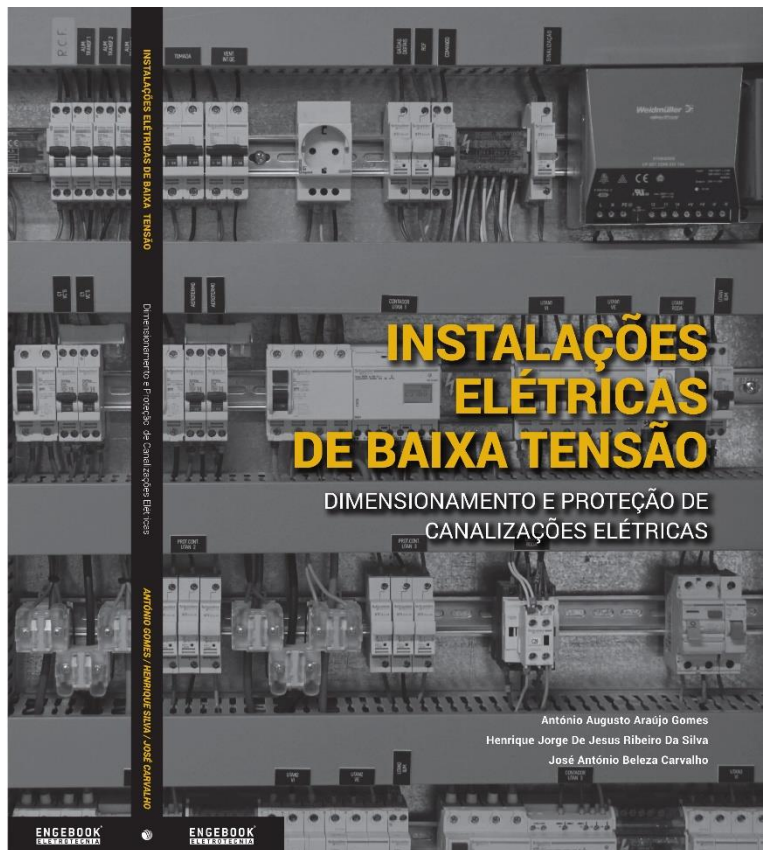
Família Benetton
 Sociedade Anónima de Investimentos

Convidamos: **Life is On** **Schneider Electric** **Weidmüller**

Também disponível em formato ebook



ISBN 978-989-723-204-6



Estimados leitores

Voltámos à vossa presença com a publicação de mais uma edição da nossa revista semestral. Esperamos satisfazer novamente as expectativas dos nossos leitores, publicando artigos de elevada qualidade técnico-científica, que seguramente suscitarão a curiosidade de todos os nossos habituais leitores, que nos privilegiam com o seu interesse desde o início das nossas publicações. Esta é a 22ª publicação em onze anos de existência. Ao longo destes anos fez-se um grande percurso e atingiram-se os objetivos definidos inicialmente: divulgar assuntos de natureza técnica e científica, com uma abordagem crítica, mas construtiva, de forma que esta publicação seja uma referência em assuntos relacionados com a Engenharia Eletrotécnica em que nos propomos intervir.

Atualmente, esta revista é um documento indispensável para alunos dos cursos de Engenharia Eletrotécnica, mas também para todos os profissionais desta área da engenharia e para muitas empresas do setor eletrotécnico, que sempre manifestaram interesse pelas nossas publicações. Outro fator importante que se verificou ao longo dos últimos anos, tem a ver com a internacionalização da revista, verificando-se elevado interesse pelas nossas publicações em países estrangeiros, destacando-se os Estados Unidos e os países de língua oficial Portuguesa. Assim, com grande satisfação, podemos afirmar que os objetivos iniciais foram atingidos, e são e continuarão a ser cumpridos.

O interesse pela nossa revista por parte de leitores de países estrangeiros levou-nos a publicar com alguma regularidade artigos em língua Inglesa. Nesta edição publicamos um artigo intitulado “Power Transformers Diagnosis: Status Evaluation”. Neste artigo, apresenta-se uma metodologia de avaliação do estado de funcionamento dos transformadores de potência, que equipam as subestações das redes de transporte de energia em muito alta tensão. O estudo baseia-se na análise de cinco índices parciais, que refletem as condições de trabalho mais críticas do equipamento: óleo isolante, papel isolante celuloso, bobinagem e núcleo ferromagnético, isoladores e sistemas de arrefecimento.

Um assunto muito importante e atual, tem a ver com a mobilidade elétrica e, particularmente, com os veículos elétricos. Nesta edição da revista, publica-se um interessante artigo científico que permite analisar o comportamento dos utilizadores de veículos elétricos, e perceber qual o impacto que a variação dos preços da energia elétrica tem sobre os mesmos. Baseia-se no desenvolvimento de uma ferramenta que simula viagens de veículos elétricos e o carregamento destes, considerando alguns comportamentos dos seus utilizadores. Este artigo científico baseia-se no trabalho de dissertação de mestrado realizado no ISEP pelo autor.

O motor de indução trifásico continua a ser a principal opção nos sistemas de força-motriz, mas outros tipos de motores têm vindo a conquistar espaço. O motor de relutância comutado é uma alternativa possível em certas aplicações. Trata-se de uma máquina não convencional, simples e robusta, com capacidade de funcionar em altas velocidades. O seu funcionamento é caracterizado por binários pulsantes e ruído acústico, sendo os principais inconvenientes desta máquina. Nesta edição da revista Neutro-à-Terra, apresenta-se um interessante artigo sobre as principais características do motor de relutância comutado. Ainda no âmbito das máquinas elétricas, apresenta-se também um importante artigo da responsabilidade da WEGeuro Indústria Eléctrica, S.A., sobre Motores Eléctricos para Aplicações Especiais.

Nesta edição da revista destacam-se ainda a publicação de outros interessantes artigos técnicos, nomeadamente no âmbito das Instalações Eléctricas e no âmbito das Infraestruturas de Telecomunicações, que são sempre um assunto importante e alvo de várias publicações na nossa revista ao longo dos últimos anos.

No âmbito das instalações elétricas publica-se um interessante artigo sobre Instalações de Ligação à Terra, onde são abordadas as tecnologias adotadas neste tipo de instalações, enquadrando-as regulamentarmente. No âmbito das Infraestruturas de Telecomunicações apresenta-se um artigo que analisa os diferentes equipamentos necessários para a interligação em rede de equipamentos utilizados nas comunicações eletrónicas, fazendo, neste âmbito, uma distinção clara entre equipamentos Passivos e equipamentos Ativos.

Estando certo que nesta edição da revista “Neutro à Terra” apresenta-se novamente interessantes artigos técnicos para todos os profissionais do setor eletrotécnico, satisfazendo assim as expectativas dos nossos leitores, apresento os meus cordiais cumprimentos e votos de um Excelente Ano de 2019.

Porto, dezembro de 2018

José António Beleza Carvalho

Título: Instalações Elétricas de Baixa Tensão - Aparelhagem de Proteção, Comando e Seccionamento
Autor: António Augusto Araújo Gomes, Sérgio Filipe Carvalho Ramos, André Fernando Ribeiro de Sá
Editora: Publindústria
Data de Edição: Engebook
ISBN: 9789898927187
Nº Páginas: 226
Encadernação: Capa mole

Sinopse:

A obra Instalações Elétricas de Baixa Tensão - Aparelhagem de Proteção, Comando e Seccionamento pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de Engenharia Eletrotécnica, bem como a Técnicos Responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas. Pretende ser, ainda, uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, tecnológicos, normativos e regulamentares sobre a aparelhagem de proteção, comando e seccionamento de baixa tensão, aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação na qual sejam intervenientes, maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como reduzir os custos de execução e exploração das instalações.



INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

APARELHAGEM DE PROTEÇÃO, COMANDO E SECCIONAMENTO

ENGEBOOK **ELETRÓTECNIA**

António Gomes
Sérgio Ramos
André Sá



Blog:

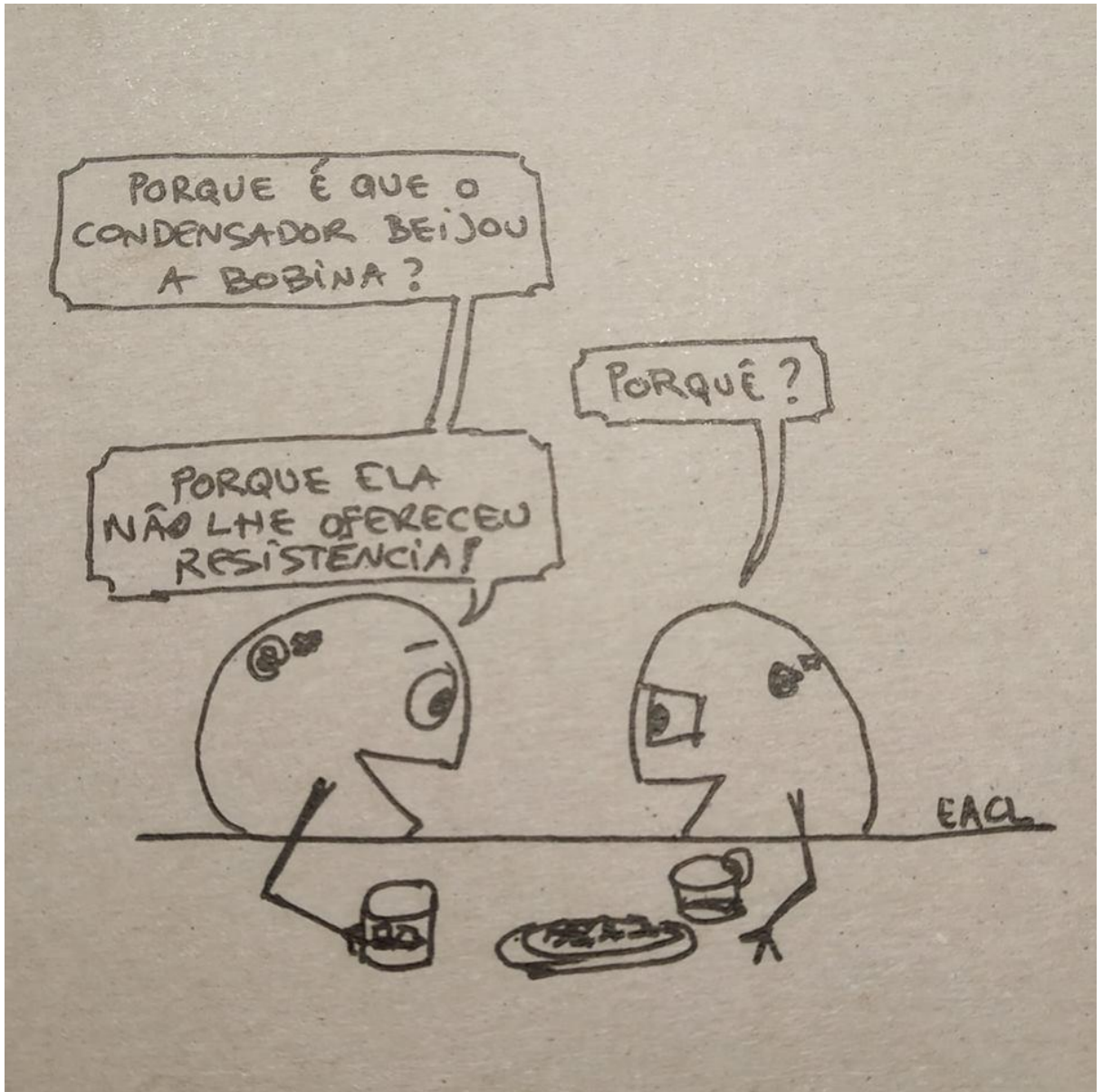
www.neutroaterra.blogspot.com

Histórico de visualizações

32 298

Entrada	Visualizações de páginas
Portugal	24130
Estados Unidos	2803
Brasil	1854
Alemanha	488
França	443
Rússia	406
Angola	230
Reino Unido	187
Ucrânia	184
Espanha	126





INSTALAÇÕES DE LIGAÇÃO À TERRA

1. ASPETOS GERAIS

Uma instalação de ligação à terra consiste num conjunto de um ou de vários elétrodos de terra interligados e dos condutores de proteção e de terra correspondentes.

Os objetivos principais de uma eficaz e segura ligação à terra são:

- Assegurar que as pessoas nas proximidades de instalações ligadas à terra não estejam expostas ao perigo de eletrocussão;
- Providenciar meios para conduzir correntes elétricas para a terra sob condições normais ou em situações de defeito sem exceder os limites operativos dos equipamentos ou afetar a continuidade de serviço.

No propósito de atingir os objetivos anteriormente enunciados, os principais requisitos de uma instalação de ligação à terra são:

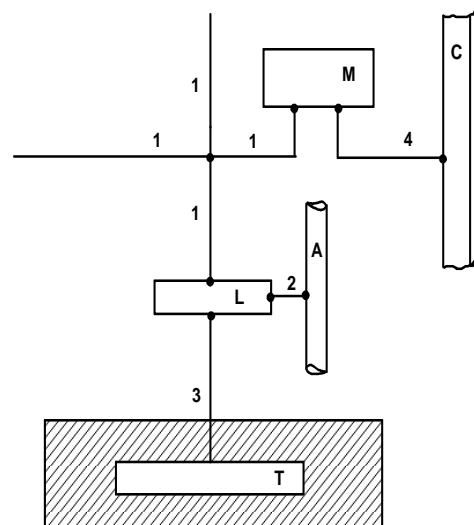
- Cumprimento das normas e regulamentos;
- Baixa impedância;
- Fiável e robusto do ponto de vista mecânico;
- Resistente à corrosão;
- Tempo de vida expectável igual ou superior ao da instalação.

2. CONSTITUIÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO DE LIGAÇÃO À TERRA

A figura 1 mostra um desenho esquemático de uma instalação de ligação à terra.

2.1. Massa (M)

Uma massa consiste numa parte condutora de um equipamento elétrico suscetível de ser tocada, em regra, isolada das partes ativas mas podendo ficar em tensão em caso de defeito.



Onde:

A - Canalização metálica principal de água

C - Elemento condutor

L - Terminal principal de terra

M - Massa

T - Elétrodo de terra

1 - Conductor de proteção

2 - Conductor da ligação equipotencial principal

3 - Conductor de terra

4 - Conductor de equipotencialidade suplementar

Figura 1. Desenho esquemático de uma instalação de ligação à terra

O termo massa abrange, essencialmente, as partes metálicas dos equipamentos elétricos que estejam separadas das partes ativas apenas por um isolamento principal, mas que podem ficar, acidentalmente, em ligação elétrica com partes ativas em consequência de uma falha do isolamento principal ou das medidas de fixação e de proteção.

Assim:

- a) são consideradas massas as partes metálicas acessíveis dos equipamentos elétricos (exceto as dos da classe II), as armaduras metálicas dos cabos e as condutas metálicas, com condutores isolados;
- b) não são consideradas massas todas as partes metálicas dos equipamentos elétricos da classe II.

2.2. Condutor de Proteção (PE)

Um condutor de proteção é um condutor prescrito em certas medidas de proteção contra os choques elétricos e destinado a ligar eletricamente algumas das partes seguintes:

- ponto de alimentação ligado à terra ou a um ponto neutro artificial;
- massas (M);
- elementos condutores;
- terminal principal de terra (L);
- eletrodo de terra (T).

Podem ser usados como condutores de proteção:

- a) condutores pertencentes a cabos multicondutores;
- b) condutores isolados ou nus que tenham o mesmo invólucro (conduta, calha, etc.) que os condutores ativos;
- c) condutores separados, nus ou isolados;
- d) revestimentos metálicos (armaduras, écrans, bainhas, etc.) de alguns cabos.
- e) condutas metálicas ou outros invólucros metálicos para os condutores;
- f) certos elementos condutores.

Para garantir que os condutores de proteção são capazes de escoar a corrente máxima de defeito previsível sem aquecimento que possa pôr em risco a sua conservação e continuidade, a secção sua deve ser igual ao valor normalizado igual ou imediatamente superior ao valor resultante da aplicação da expressão (válida apenas para $t \leq 5s$).

$$S = \frac{I\sqrt{t}}{k} \quad (1)$$

Onde:

- S Secção do condutor de proteção, em milímetros quadrados
- I Valor eficaz da corrente de defeito que pode percorrer o dispositivo de proteção em consequência de um defeito de impedância desprezável, em amperes
- t Tempo de funcionamento do dispositivo de corte, em segundos
- k Fator cujo valor depende da natureza do metal do condutor de proteção, do isolamento e de outros componentes do condutor, bem como das temperaturas inicial e final.

A tabela 1 mostra os valores de k para condutores de proteção isolados e não incorporados em cabos e para condutores de proteção nus em contacto com a bainha exterior dos cabos.

Tabela 1. Valores de k para condutores de proteção isolados e não incorporados em cabos e para condutores de proteção nus em contacto com a bainha exterior dos cabos.

Natureza do isolamento dos condutores de proteção ou da bainha exterior dos cabos	PVC	XLPE ou EPR	Borracha butílica
Temperatura final (°C)	160	250	220
Material do condutor	Valores de K		
Cobre	143	176	166
Alumínio	95	116	110
Aço	52	64	60
Nota: A temperatura inicial do condutor foi considerada igual a 30 °C			

A tabela 2 mostra os valores de k para condutores de proteção constituintes de um cabo multicondutor.

Tabela 2. Valores de k para condutores de proteção constituintes de um cabo multicondutor

Natureza do isolamento dos condutores de proteção ou da bainha exterior dos cabos	PVC	XLPE ou EPR	Borracha butílica
Temperatura inicial (°C)	70	90	85
Temperatura final (°C)	160	250	220
Material do condutor	Valores de K		
Cobre	115	143	134
Alumínio	76	94	89

A secção não deve ser inferior aos valores indicados na Tabela 3.

Tabela 3. Secção mínima dos condutores de proteção

Secção dos condutores de fase da instalação S_F (mm ²)	Secção mínima dos condutores de proteção S_{PE} (mm ²)
$S_F \leq 16$	$S_{PE} = S_F$
$16 < S_F \leq 35$	$S_{PE} = 16$
$S_F > 35$	$S_{PE} = S_F/2$
Quando, pela aplicação das condições indicadas, os valores obtidos não corresponderem a valores normalizados, devem ser usados os valores normalizados mais próximos, por excesso.	

Os condutores de proteção que não façam parte da canalização de alimentação devem ter uma secção não inferior a:

- 2,5 mm², se de cobre, no caso de condutores com proteção mecânica;
- 4 mm², se de cobre, no caso contrário.

Quando o condutor de proteção for comum a mais do que um circuito, a sua secção deve ser dimensionada para a maior das secções dos condutores de fase.

2.2.1. Condutor Principal de Proteção

Condutor de proteção ao qual são ligados os condutores de proteção das massas, os condutores de terra e, eventualmente, os condutores das ligações equipotenciais.

2.2.2. Ligação equipotencial

Ligação elétrica destinada a colocar ao mesmo potencial, ou a potenciais aproximadamente iguais, massas e elementos condutores.

Podem distinguir-se:

- a ligação equipotencial principal;
- as ligações equipotenciais suplementares;
- as ligações equipotenciais locais não ligadas à terra.

2.2.3. Ligação Equipotencial Principal

Permite evitar que, em consequência de um defeito com origem no exterior do edifício, possa surgir uma diferença de potencial entre os elementos condutores do edifício.

Em cada edifício devem ser ligados à ligação equipotencial principal os elementos condutores seguintes:

- o condutor principal de proteção;
- o condutor principal de terra ou o terminal principal de terra;
- as canalizações metálicas de alimentação do edifício e situadas no interior (por exemplo, de água e gás);
- os elementos metálicos da construção e as canalizações metálicas de aquecimento central e de ar condicionado (sempre que possível).
- A secção das ligações equipotenciais principais não deve ser inferior a metade da secção do condutor de proteção de maior secção existente na instalação, com o mínimo de 6 mm², podendo, contudo, esse valor ser limitado a 25 mm², se de cobre, ou a uma secção equivalente, se de outro metal.

2.2.4. Ligação Equipotencial Suplementar

A ligação equipotencial suplementar deve interligar todas as partes condutoras simultaneamente acessíveis, quer se trate das massas dos equipamentos fixos quer dos elementos condutores.

Devem ser ligados:

- As canalizações metálicas de água quente, água fria, ventilação e esgoto;
- O corpo dos aparelhos sanitários metálicos;
- Aros metálicos das portas e das janelas por se encontrarem em contato com elementos metálicos da construção.
- Não é necessário ligar:
 - Toalheiros não elétricos;
 - Massas de aparelhos elétricos da classe II;
 - Grelhas metálicas de ventilação natural;
 - Radiadores de aquecimento central ligados por canalizações isolantes.

A Figura 2 mostra o esquema simplificado de ligações numa casa de banho.

A secção mínima das ligações equipotenciais suplementares (ou locais) entre duas massas ou entre uma massa e uma estrutura metálica são as indicadas na Tabela 4.

Tabela 4. Secção mínima das ligações equipotenciais suplementares (ou locais) entre duas massas ou entre uma massa e uma estrutura metálica

Duas massas	Uma massa e uma estrutura metálica
Se: $S_{PE1} \leq S_{PE2} \Rightarrow S_{LS} \geq S_{PE1}$	$S_{LS} \geq \frac{S_{PE}}{2}$ Com o mínimo de 2,5 mm ² para condutores mecanicamente protegidos ou 4 mm ² , caso contrário.
<p>S_{PE} Secção do condutor de proteção S_{LS} secção do condutor da ligação equipotencial suplementar M, M1 e M2 Massas.</p>	

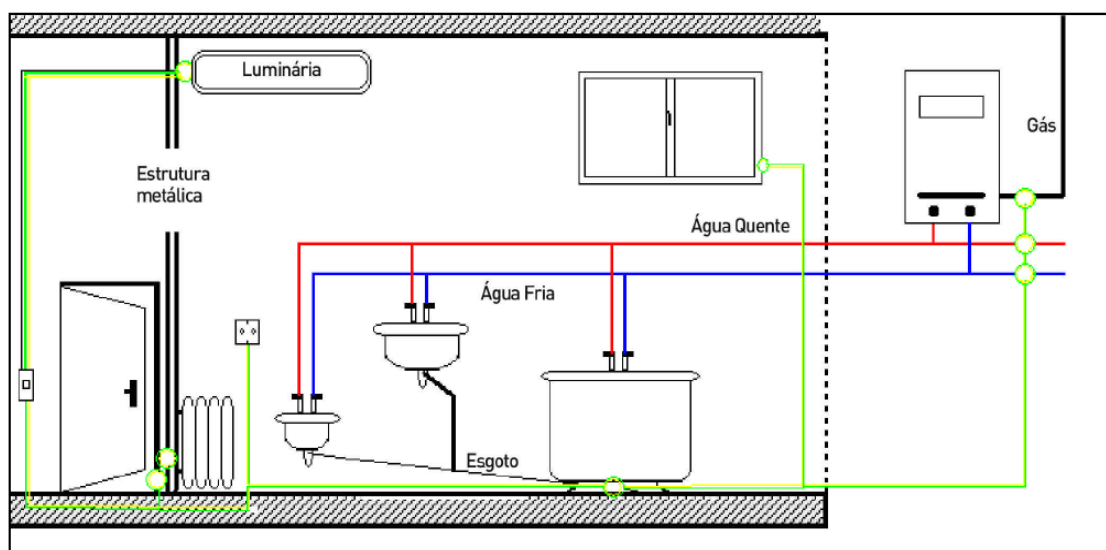


Figura 2. Esquema simplificado de ligações numa casa de banho (CERTIEL Mais, Ficha técnica 20, Junho 2007)

2.3. Terminal Principal de Terra (Barra Principal de Terra)

Terminal ou barra previstos para ligação aos dispositivos de ligação à terra dos condutores de proteção, incluindo os condutores de equipotencialidade e, eventualmente, os condutores que garantem uma ligação à terra funcional.

Todas as instalações elétricas devem ter um terminal principal de terra, ao qual devem ser ligados:

- a) os condutores de terra;
- b) os condutores de proteção;
- c) os condutores das ligações equipotenciais principais;
- d) os condutores de ligação à terra funcional, se necessário.

2.4. Condutor de Terra

O condutor de terra é um condutor de proteção que permite ligar o terminal principal de terra ao eletrodo de terra.

Nos condutores de terra, deve ser previsto um dispositivo instalado em local acessível e que permita a medição do valor da resistência do eletrodo de terra das massas, podendo esse dispositivo estar associado ao terminal principal de terra.

Os condutores de terra devem satisfazer ao indicado na secção 543.1 das RTIEBT (secção mínima) e, no caso de serem enterrados, a sua secção deve ter os valores mínimos indicados na tabela 5.

2.5. Eletrodo de Terra (T)

Um eletrodo de terra consiste num corpo condutor ou conjunto de corpos condutores em contacto íntimo com o solo, garantindo uma ligação elétrica com este.

Só deve haver um eletrodo de terra num edifício (terra única) para todas as instalações, independentemente da arquitetura (mesmo quando as frações não comunicam com zonas comuns nem existe instalação coletiva).

Os eletrodos de terra podem ser especialmente concebidos para o efeito, sendo designados de “Eletrodos de terra”, ou serem formados pelas estruturas metálicas enterradas, sendo designados de “Eletrodos de terra de facto”.

Podem ser usados como eletrodos de terra os elementos metálicos seguintes :

- a) tubos, varetas ou perfilados;
- b) fitas, varões ou cabos nus;
- c) chapas;
- d) anéis (de fitas ou de cabos nus) colocados nas fundações dos edifícios;
- e) armaduras do betão imerso no solo;
- f) canalizações (metálicas) de água (desde que satisfaçam ao indicado na secção 542.2.5 das RTIEBT);
- g) outras estruturas enterradas apropriadas (veja-se 542.2.6 RTIEBT).

Tabela 5. Seção mínima dos condutores de terra em função das suas características

Condutor de terra	Protegido mecanicamente	Não protegido mecanicamente
Protegido contra a corrosão	1)	16 mm ² , se de cobre nu ou aço galvanizado
Não protegido contra a corrosão		25 mm ² , se de cobre 50 mm ² , se de aço galvanizado
1) Aplicam-se as regras definidas para os condutores de proteção		

2.5.1. Elérodos de terra especialmente concebidos para o efeito

a) Características

Os Elérodos de Terra (T) são realizados por meio de elementos enterrados no solo, podendo estes serem em aço galvanizado a quente, em aço revestido a cobre perfeitamente aderente, em cobre nu ou em cobre revestido a chumbo.

A Tabela 6 indica os diversos tipos de eléctrodos de terra e as respectivas características mínimas.

No estabelecimento dos eléctrodos de terra devem ser observadas as regras seguintes:

- i. Elérodos de Terra (T) constituídos por condutores enterrados horizontalmente

Os eléctrodos de terra constituídos por condutores enterrados horizontalmente são constituídos por:

- condutores unifilares ou multifilares em cobre ou recobertos por uma bainha de chumbo e de secção $\geq 25 \text{ mm}^2$;
- condutores de alumínio recobertos com uma bainha de chumbo e de secção $\geq 35 \text{ mm}^2$;
- fitas de cobre de secção $\geq 25 \text{ mm}^2$ e uma espessura $\geq 2 \text{ mm}$;
- fitas de aço macio galvanizado com uma secção $\geq 100 \text{ mm}^2$ e uma espessura $\geq 3 \text{ mm}$;
- cabos de aço galvanizado de secção $\geq 100 \text{ mm}^2$

Tabela 6. Tipos de eléctrodos de terra e as respectivas características mínimas

Tipos de eléctrodos		Material constituinte	Superfície de contato com a terra (m ²)	Espessura (mm)	Diâmetro exterior (mm)	Comprimento (m)	Dimensão transversal (mm)	Secção (mm ²)	Diâmetro dos fios constituintes (mm)
Elérodos Horizontais	Cabos nus	Cobre	1	-	-	-	-	25	1,8
		Aço galvanizado ¹	1	-	-	-	-	100	1,8
	Fitas	Cobre	1	2	-	-	-	25	-
		Aço galvanizado ¹	1	3	-	-	-	100	-
Varões	Aço galvanizado ¹	1	-	10	-	-	-	-	
Elérodos Verticais	Chapas	Cobre	1	2	-	-	-	-	-
		Aço galvanizado ¹	1	3	-	-	-	-	-
	Varetas	Cobre	-	-	15	2	-	-	-
		Aço revestido a cobre	-	0,7 ²	15	2	-	-	-
		Aço galvanizado ¹	-	-	15	2	-	-	-
	Tubos	Cobre	-	2	20	2	-	-	-
		Aço galvanizado ¹	-	2,5	25	2	-	-	-
Perfilados	Aço galvanizado ¹	-	3	-	2	60	-	-	

(1) A proteção deve ser garantida por meio de galvanização por imersão a quente com uma espessura mínima de revestimento de 120 μm .

(2) Espessura de revestimento. Admite-se que este valor seja reduzido desde que os eléctrodos sejam executados com tecnologia adequada e sujeitos a aprovação prévia da DGEG.

Na prática, os condutores enterrados horizontalmente são dispostos de duas formas:

- anéis localizados no fundo das valas das fundações dos edifícios, normalmente abrangendo todo o seu perímetro (nesse caso, o valor de L a considerar é o desse perímetro);
- valas horizontais, em que os condutores são enterrados a uma profundidade de cerca de 1 m em valas abertas expressamente para o efeito, as quais não devem ser cheias com calhaus, cinzas ou materiais análogos mas sim com terra suscetível de reter a humidade.

ii. Chapas finas enterradas verticalmente no solo

Na prática, utilizam-se chapas retangulares de 0,5 m x 1 m enterradas por forma a que o bordo superior fique a uma profundidade de cerca de 0,8 m.

A espessura dessas chapas não deve ser inferior a 2 mm, se de cobre, ou a 3 mm, se de aço galvanizado.

iii. Eléktodos verticais (exceto chapas)

Com exceção dos eléctrodos em chapa, os eléctrodos verticais podem ser :

- varetas de cobre ou de aço com um diâmetro mínimo de 15 mm;
(no caso de varetas em aço, estas devem ser cobertas com uma camada protetora aderente de cobre (de espessura adequada) ou serem galvanizadas)
- tubos de aço galvanizado com um diâmetro exterior não inferior a 25 mm;
- perfis de aço macio galvanizado com 60 mm de lado;

b) Instalação

Os eléctrodos de terra devem, sempre que possível, ser enterrados nas partes mais húmidas dos terrenos disponíveis, de preferência em terra vegetal, afastados de depósitos ou de locais de infiltração de produtos que os

possam corroer (fumeiros, estrumeiras, nitreiras, produtos químicos, coque, etc.) e fora das zonas de passagem frequente de pessoas.

O tipo e a profundidade de enterramento devem ser tais que a secagem do terreno e o gelo não provoquem o aumento do valor da resistência de terra para além do valor prescrito. As chapas, as varetas, os tubos e os perfilados devem, em regra, ficar enterrados verticalmente no solo, a uma profundidade tal que entre a superfície do solo e a parte superior do eléctrodo haja uma distância $\geq 0,80$ m.

A ligação entre o condutor de terra e o eléctrodo de terra deve ser cuidadosamente executada e deve ser eletricamente adequada.

Os eléctrodos de terra devem ser dotados de ligadores robustos, destinados a receber o condutor de terra e ligados ao eléctrodo por um processo que garanta a continuidade e a permanência da ligação.

Esses ligadores devem ser soldados aos eléctrodos de terra por meio de soldadura forte ou de autogéneo ou fixados por rebitagem ou por meio de aperto mecânico de construções robusta e com dispositivo de segurança contra o desaperto accidental. Pode dispensar-se a existência desses ligadores quando a ligação puder ser feita diretamente do condutor de terra ao eléctrodo de terra por meio de soldadura forte ou de autogéneo.

A ligação entre o condutor de terra e o eléctrodo de terra deve ser feita por forma a que:

- a) seja garantido que a natureza ou o revestimento destes não dê origem a corrosão eletrolítica quando estiverem em contacto metais diferentes (por exemplo, recomenda-se não ligar cobre a alumínio, cobre a zinco ou cobre a ferro);
- b) Sempre que se receie a possibilidade de corrosão eletrolítica, a zona de ligação esteja isolada da humidade por meio de uma forte camada protetora, construída por material impermeável e durável (massa isolante, tinta plástica, etc.);

c) quando a ligação não estiver enterrada, deve ficar em local não diretamente acessível a pessoas comuns.

Quando a junção é conseguida através da adição de um metal ou liga cujo ponto de fusão é inferior a 500°C, a soldadura é feita com “solda fraca” ou “branda”.

Quando a junção é conseguida através da adição de um metal ou liga não ferrosa cujo ponto de fusão é superior a 500°C, mas inferior aos pontos de fusão dos metais a ligar, diz-se que a soldadura é feita com “solda forte”. Neste caso, o metal de adição adere às superfícies do metal base por atração capilar.

Estas soldaduras, forte e fraca, sobretudo a primeira, é também chamada brazagem (do inglês ‘brazing’).

Se a união de peças é feita por fusão e o metal de adição for de composição igual à das peças a unir, designa-se esta soldadura por soldadura autogénea.

Os eléctrodos de terra não devem, em caso algum, ser constituídos por uma peça metálica simplesmente mergulhada na água nem devem ser estabelecidos em poças de água ou em rios¹.

Em regra, a melhor solução para os eléctrodos de terra, consiste na utilização de anéis colocados na base das fundações dos edifícios, estabelecidos durante a construção destes, que têm como principais vantagens :

- a) não necessitarem de trabalhos suplementares de aterro;
- b) serem estabelecidos a uma profundidade que, em regra, permite salvaguardar as situações resultantes das variações climáticas sazonais;
- c) garantir um bom contacto com o solo;

d) utilizar, ao máximo, a área dos edifícios e reduzir, ao mínimo, o valor da resistência de terra que pode ser obtida com essa área;

e) poderem ser usados desde o início da construção como eléctrodo de terra para as instalações do estaleiro.

2.5.2. Eléctrodos de terra de facto

Os eléctrodos de terra de facto podem ser:

i. Tubos e condutas, metálicos, privados

Os tubos e as condutas privados metálicos e enterrados (que não sejam afetos às redes de alimentação dos edifícios, como por exemplo, os de água, os de aquecimento, os de esgotos, etc.) podem ser utilizados como eléctrodos de terra de facto, desde que a sua continuidade eléctrica seja garantida.

Estes eléctrodos devem ser ligados em paralelo com o eléctrodo de terra da instalação.

ii. Pilares metálicos enterrados

Os pilares metálicos interligados por estruturas metálicas e enterrados a uma certa profundidade no solo podem ser utilizados como eléctrodos de terra.

Bibliografia

- [1] Portaria N.º 949-A/2006, de 11 de setembro: Aprova e publica as Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão.

¹ Esta proibição justifica-se não apenas pela medíocre condutibilidade da água mas principalmente pelo risco de secagem e pelo perigo a que poderiam ficar sujeitas as pessoas que entrassem em contacto com a água no momento em que se produzisse um defeito).

COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:**Aldo dos Anjos Faria Pestana Trindade****aldopestanatrindade@gmail.com**

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica – Ramo Sistemas de Energia, pelo Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC). Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia, pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) onde integrou o Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão (GECAD) e desenvolveu um simulador para carregamento de carros elétricos ao abrigo da Dissertação de Mestrado. Atualmente, é Engenheiro de Manutenção e Sistemas da equipa operacional de Smart Grids na empresa EFACEC.

**António Augusto Araújo Gomes****aag@isep.ipp.pt**

Mestre (pré-bolonha) em Engenharia Eletrotécnica e Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999. Coordenador de Obras na CERBERUS - Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999. Prestação, para diversas empresas, de serviços de projeto de instalações elétricas, telecomunicações e segurança, formação, assessoria e consultadoria técnica.

Carlos Silva Lopes**José Carlos Quadrado****jcq@sc.ipp.pt**

Professor coordenador com agregação na área da engenharia eletrotécnica. Pró-Presidente para a internacionalização do Instituto Politécnico do Porto (P.Porto), Portugal. Bacharel em Energia e Sistemas de Potência, Licenciado em Engenharia Eletrotécnica, Mestre e Doutor em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores pelo Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa. Titular de uma agregação em Engenharia Eletrotécnica pela Universidade da Beira Interior. Membro sénior em várias sociedades de engenharia e em sociedades de ensino de engenharia em vários continentes, incluindo a Sociedade de Engenheiros de Instrumentação e Controlo, SICE (Japão), e o Instituto de Engenheiros Eletrotécnicos e Eletrónicos, IEEE (EUA). Também é professor visitante em várias universidades nos diferentes continentes. Tem mais de 200 publicações internacionais (incluindo revistas e capítulos de livros), várias patentes e alguns prémios internacionais de tecnologia e de impacto no ensino superior. Editor e editor-chefe de várias revistas técnicas. Desenvolveu vários projetos internacionais de educação em engenharia bem como projetos de engenharia nas áreas de energias renováveis (projeto de uma das maiores centrais fotovoltaicas nacionais, central fotovoltaica da Amareleja), sustentabilidade (impulsionador de pilhas de combustível em Portugal), veículos elétricos (líder científico do projeto VEECO, primeiro veículo elétrico comercial Português e respetiva fábrica) e de controlo inteligente (responsável pela introdução de segways in Portugal).

COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:

**Manuel Carlos Malheiro de Carvalho Felgueiras****mcf@isep.ipp.pt**

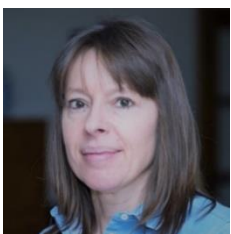
Licenciado e Doutorado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal. Iniciou a carreira profissional em 1987 como engenheiro de projeto para sistemas de automação. Mais tarde, foi convidado a supervisionar um laboratório de testes para verificar a compatibilidade das Normas Europeias em eletrodomésticos termoelétricos. Docente do Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) Instituto Politécnico do Porto (P.Porto), Portugal, desde 1993. Investigador do CIETI-Laboris desde 2001. Áreas de interesses de investigação: incluem Projeto para Depuração e Teste de circuitos de Sinais Mistos, Experimentação Remota, e-learning, Fontes de Energia Renovável e Edifícios Inteligentes. Membro da Associação Portuguesa de Engenheiros e também do Global Online Laboratory Consortium (GOLC). Autor ou coautor de cerca de 80 artigos. Tem vindo a incluir o comité científico de algumas conferências internacionais.

**Pedro Miguel Azevedo de Sousa Melo****pma@isep.ipp.pt**

Mestre em Automação, Instrumentação e Controlo pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Aluno do Programa Doutoral em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 2001. Desenvolveu atividade de projetista de instalações elétricas de BT na DHV-TECNOPOP.

**Sérgio Filipe Carvalho Ramos****scr@isep.ipp.pt**

Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, na Área Científica de Sistemas Elétricos de Energia, pelo Instituto Superior Técnico de Lisboa. Doutor em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores no Instituto Superior Técnico de Lisboa. Docente do Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 2001. Prestação, para diversas empresas, de serviços de projeto de instalações elétricas, telecomunicações e segurança, formação, assessoria e consultoria técnica. Investigador do GECAD (Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão), do ISEP, desde 2002.

**Teresa Alexandra Ferreira Mourão Pinto Nogueira****tan@isep.ipp.pt**

Licenciatura e mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, área científica de Sistemas de Energia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Doutoramento em Engenharia Electrotécnica e Computadores, pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Docente no Departamento de Engenharia Eletrotécnica, curso de Sistemas Elétricos de Energia do ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto. Investigadora no CIETI - Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial. Áreas de interesse: Projeto de transformadores, mercados de energia, operação do sistema de gás natural, energias renováveis, qualidade de energia, produção de energia e eficiência energética

WEGeuro Indústria Eléctrica, S.A.

