

# EUTRO À TERRA

Revista Técnico-Científica

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

Como é habitual nesta altura do ano, sem interrupções desde há catorze anos, voltamos à vossa presença com mais uma publicação da nossa revista. No meio de uma crise pandémica em que ainda não se consegue prever o seu fim, nem as consequências devastadoras que poderá deixar na nossa sociedade, particularmente na economia mundial, nunca como agora as questões relacionadas com os problemas ambientais, a sustentabilidade, a transição energética e as energias renováveis, tomam uma importância acrescida e determinante para o nosso futuro. No âmbito destas questões, fomos publicando ao longo dos últimos anos vários artigos técnicos e científicos muito interessantes, que procuraram dar uma contribuição e trazer uma mais valia na resolução, ou pelo menos na mitigação, destes problemas.

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

## ÍNDICE

- Editorial	3
- Esquemas de Ligação à Terra e Proteção das Pessoas em Instalações Elétricas de Baixa Tensão <b>José António Beleza Carvalho</b>	5
- <i>Core Loss Estimation Under Sinusoidal and Non-Sinusoidal Flux Densities Waveforms: Overview and Challenges</i> <b>Pedro Miguel Azevedo De Sousa Melo</b>	15
- De olhos postos no futuro: do <i>Mild Hybrid</i> ao <i>Fuel Cell</i> <b>Rui Jorge dos Santos Araújo e Conceição Baltazar</b>	23
- Baterias: a “alma” dos veículos elétricos não para de somar vantagens <b>Ricardo Manuel Oliveira Soares</b>	25
- Abordagem na Remodelação e Aumento de Capacidade de Linhas Aéreas de Muito Alta Tensão <b>Nuno Miguel de Deus Anselmo Silva</b>	27
- Estudo de alteração de um sistema de climatização de uma unidade hospitalar: avaliação económica <b>Paulo Sérgio Fernandes Barros</b>	33
- Emissões de CO <sub>2</sub> e Produção de Resíduos Radioativos pelas Fontes Energéticas em Portugal <b>Ana Catarina Aguiar Leitão Barbosa, Teresa Alexandra Ferreira Mourão Pinto Nogueira</b>	39
- Grau de Proteção Assegurados pelos Invólucros <b>António Augusto Araújo Gomes, Sérgio Filipe Carvalho Ramos</b>	45
- Autores	48

## 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

Estimados leitores

Como é habitual nesta altura do ano, sem interrupções desde há catorze anos, voltamos à vossa presença com mais uma publicação da nossa revista. No meio de uma crise pandémica em que ainda não se consegue prever o seu fim, nem as consequências devastadoras que poderá deixar na nossa sociedade, particularmente na economia mundial, nunca como agora as questões relacionadas com os problemas ambientais, a sustentabilidade, a transição energética e as energias renováveis, tomam uma importância acrescida e determinante para o nosso futuro. No âmbito destas questões, fomos publicando ao longo dos últimos anos vários artigos técnicos e científicos muito interessantes, que procuraram dar uma contribuição e trazer uma mais valia na resolução, ou pelo menos na mitigação, destes problemas.

Nesta edição da revista merece particular destaque um artigo científico, que é publicado em Inglês, sobre a estimação das perdas no ferro para formas de onda sinusoidal e não sinusoidal da indução magnética. Este é atualmente um assunto fundamental na conceção e no modo de funcionamento das máquinas elétricas, sendo um contributo determinante na conceção de máquinas elétricas especiais mais eficientes. O artigo faz uma análise científica detalhada sobre este assunto.

Os assuntos relacionados com a mobilidade e os veículos elétricos estão na ordem do dia. Atualmente, existem opções desenvolvidas com o objetivo de potenciar a eficiência energética dos veículos, procurando simultaneamente reduzir as emissões dos gases nocivos para os seres humanos e dos gases que contribuem para o agravamento do efeito de estufa. Existem, atualmente, várias soluções e tecnologias, desde soluções totalmente elétricas, a combinações de motores elétricos e a combustão; de carregamento em movimento, a carregamentos ligados à rede elétrica. Todas as soluções contribuem para o objetivo de reduzir as emissões de gases nocivos. Nesta edição da revista, publicam-se alguns artigos sobre o assunto, que efetuam uma análise comparativa das características e das várias soluções técnicas que existem atualmente disponíveis no mercado.

Outro assunto muito importante, também relacionado com a problemática da sustentabilidade ambiental, tem a ver com a remodelação e aumento da capacidade de transmissão das linhas de alta e muito alta tensão. Nesta edição, publica-se um interessante artigo sobre o aumento da capacidade de transporte de energia pelas infraestruturas existentes atualmente, contruídas nos anos 70. Estas instalações foram projetadas para um ciclo de vida económica e de engenharia de 50 anos. Agora requerem uma extensão do seu funcionamento, para conseguirem assegurar a devida qualidade do serviço. Atendendo a diversos constrangimentos para a construção de novas linhas aéreas, coloca-se a necessidade de otimização das instalações existentes torna-se uma prioridade antes de ponderar a construção de novas linhas aéreas. O artigo que é agora publicado procura definir uma metodologia na remodelação e aumento de capacidade das atuais Linhas Aéreas de Muita Alta Tensão.

Nesta edição publica-se um importante artigo técnico sobre as emissões de CO<sub>2</sub> e a produção de resíduos radioativos pelas fontes energéticas em Portugal. No artigo são apresentados os resultados do cálculo das emissões específicas e totais de dióxido de carbono, e da produção específica dos resíduos radioativos de alta atividade, para diferentes comercializadores de energia em Portugal Continental e Regiões Autónomas. Os resultados são obtidos através dum simulador de cálculo de emissões, desenvolvido para o estudo que é apresentado. A metodologia adotada no estudo está em conformidade com a legislação em vigor, a Diretiva nº16/2018.

Nesta edição da revista “Neutro à Terra” pode-se ainda encontrar outros assuntos reconhecidamente importantes e atuais, como um artigo sobre os esquemas de ligação à terra e a proteção das pessoas contra contactos indiretos em instalações elétricas de baixa tensão, outro artigo sobre as instalações de climatização de uma unidade hospitalar, e outro sobre os graus de proteção assegurados pelos invólucros dos equipamentos utilizados nas instalações elétricas.

Fazendo votos que esta edição da revista “Neutro à Terra” satisfaça novamente as habituais expectativas dos nossos estimados leitores, apresento os meus cordiais cumprimentos.

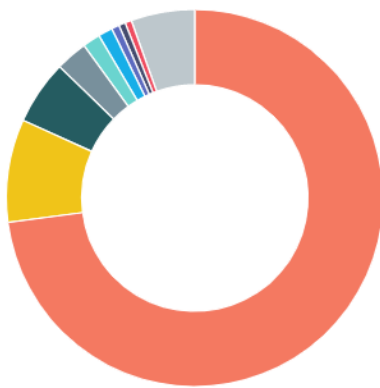
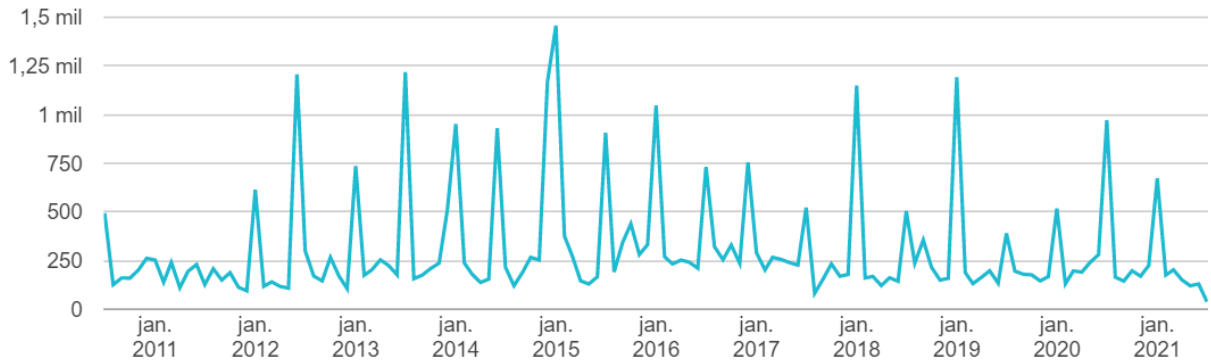
Porto, 30 de junho de 2021  
José António Beleza Carvalho

Blog:

[www.neutroaterra.blogspot.com](http://www.neutroaterra.blogspot.com)

Histórico de visualizações

40 780



Portugal	29,5 mil
Estados Unidos	3,57 mil
Brasil	2,23 mil
Alemanha	1,11 mil
Rússia	613
França	497
Angola	270
Reino Unido	230
Ucrânia	226
Outros	2,22 mil

# EMISSIONES DE CO<sub>2</sub> E PRODUÇÃO DE RESÍDUOS RADIOATIVOS PELAS FONTES ENERGÉTICAS EM PORTUGAL

## Resumo

*A energia elétrica que chega às nossas habitações é fornecida pelos agentes comercializadores registados no mercado, que adquirem a energia provenientes de diversas fontes primárias e a vendem aos clientes finais.*

*Os compradores dessa energia, como consumidores finais, têm o direito de estar informados sobre as ofertas de fornecimento de energia ativa, através das contribuições percentuais (mix) dos recursos energéticos primários utilizados na geração e respetivos impactes ambientais. Tal processo é designado por rotulagem de energia elétrica. Atualmente, todos os comercializadores de energia elétrica têm a obrigatoriedade de colocar esta informação nas faturas dos seus clientes.*

*Neste trabalho são apresentados os resultados do cálculo das emissões específicas e totais de dióxido de carbono, e da produção específica dos resíduos radioativos de alta atividade, para diferentes comercializadores de energia em Portugal Continental e Regiões Autónomas. Os resultados apresentados são obtidos através dum simulador de cálculo de emissões, desenvolvido para este estudo. A metodologia adotada neste estudo está em conformidade com a legislação em vigor, a Diretiva nº16/2018.*

**Palavras – Chave:** *Emissões específicas de CO<sub>2</sub>; Resíduos radioativos de alta atividade; Simulador de cálculo; Mix energético*

## 1. Introdução

Dadas as preocupações crescentes com as alterações climáticas, foi implementado em Portugal o conceito de rotulagem de energia elétrica, que consiste na informação

apresentada aos consumidores sobre as origens da energia elétrica que consomem e os respetivos impactos ambientais associados [1].

A rotulagem de energia elétrica é legislada pela Diretiva nº16/2018 [2], conforme o Regulamento de Relações Comerciais (RRC) [3], publicado pela ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. A partir de 1 de janeiro de 2021 o RRC em vigor é comum para os setores elétrico e do gás.

A referida Diretiva, através da rotulagem de energia elétrica, vai conseguir a diferenciação dos comercializadores e dos seus produtos, de modo que, os consumidores possam fazer as suas escolhas com base num critério adicional ao preço. Por outro lado, responsabiliza os consumidores pelas suas escolhas de consumo de energia elétrica.

A informação sobre as origens da energia elétrica exposta aos consumidores nas suas faturas mensais apresenta as contribuições percentuais de cada uma das categorias de fontes de energia no total de energia vendida pelo comercializador, que se designa por *mix* energético.

Neste trabalho é caracterizada a metodologia do cálculo do *mix* e são apresentados os resultados do cálculo das emissões específicas e totais de CO<sub>2</sub> e a produção específica dos resíduos radioativos de alta atividade (RRAA) presentes no mercado ibérico de eletricidade (MIBEL). Foram utilizados dados dos fatores de emissão para Portugal Continental, para a Região Autónoma da Madeira (RAM) e para a Região Autónoma dos Açores (RAA), assim como os fatores de produção genéricos dos RRAA.

## 2. Metodologia de Cálculo

A metodologia de cálculo aqui apresentada segue o estipulado na Diretiva 16/2018 e, para a sua aplicação, foi desenvolvido em Excel um simulador de cálculo de emissões, caracterizado na secção 3.

Foram recolhidos os vários *mix* energéticos, os fatores das emissões de CO<sub>2</sub> e os fatores de produção de RRAA, valores disponibilizados pelos comercializadores para os anos de 2017, 2018 e 2019, para as regiões de Portugal Continental, para a RAM e para a RAA.

### 2.1. Cálculo das emissões específicas e totais de CO<sub>2</sub>

Para o cálculo das emissões específicas de CO<sub>2</sub> é necessário primeiro identificar os tipos de *mix* disponibilizados pelos comercializadores. O *mix* representa as contribuições percentuais de cada uma das categorias de fontes de energia elétrica, para o total de energia vendida pelo comercializador e pode ser identificada em dois tipos: *mix* de oferta - consiste no *mix* apresentado pelos comercializadores para cada uma das suas ofertas; *mix* de comercializador - o comercializador pode optar por dois tipos de *mix*: adotar um *mix* genérico para toda a carteira de fornecimentos ou apresentar um *mix* específico para as suas ofertas comerciais.

De acordo com o artigo nº 9 e nº 10 da Diretiva 16/2018, a forma de calcular as emissões específicas do *mix* da oferta e do *mix* do comercializador é:

*“O comercializador, COM<sub>i</sub>, calcula anualmente as suas emissões específicas de cada oferta j, adicionando os fatores de emissões de cada categoria c, indicada nas alíneas do nº2 do Artigo 2º, relativas às fileiras eminentes ponderados pela sua contribuição para o mix da oferta do comercializador [percMIX<sub>c</sub>|COMiofertaj], relativa ao último trimestre do ano anterior, conforme a seguinte expressão:”*

$$\begin{aligned} \text{Emissões específicas de CO}_2|\text{COM}_{i|\text{oferta } j} &= \\ &= \sum_c^j (\text{Factor de Emissão de CO}_2^c \times \text{percMIX}_c|\text{COM}_{i|\text{oferta } j}) \end{aligned} \quad (1)$$

*“O comercializador, COM<sub>i</sub>, calcula anualmente as suas emissões específicas, adicionando os fatores de emissões de cada categoria c, indicada nas alíneas do nº2 do Artigo 2º, relativas às fileiras eminentes ponderados pela sua contribuição para o mix do comercializador [percMIX<sub>c</sub>|COM<sub>i</sub>], relativa ao último trimestre do ano anterior, conforme a seguinte expressão:”*

$$\text{Emissões específicas de CO}_2|\text{COM}_i = \quad (2)$$

$$= \sum_c (\text{Factor de Emissão de CO}_2^c \times \text{percMIX}_c|\text{COM}_i)$$

Segundo o artigo nº 11, as emissões totais de CO<sub>2</sub> associadas ao consumo de fatura são determinadas pelo produto entre o consumo faturado e as emissões específicas anuais de CO<sub>2</sub> referentes ao artigo nº 9 e nº 10, de acordo com a equação (3).

$$\text{Emissões totais de CO}_2 = \text{Consumo faturado} \times \text{Emissões específicas de CO}_2 \quad (3)$$

### 2.2. Produção específica de RRAA

Para além do cálculo das emissões específicas e totais de CO<sub>2</sub>, o simulador desenvolvido também realiza o cálculo das produções específicas dos resíduos radioativos de alta atividade. O cálculo da produção específica de RRAA do comercializador é obtida pelo produto entre o fator de produção de RRAA e a fração de energia nuclear presente no *mix*, de acordo com (4):

$$\text{Produção específica de RRAA} = \text{Fator de produção de RRAA} \times \text{Fração de energia nuclear} \quad (4)$$

### 2.3. Comercializadores de Energia Elétrica

Para os cálculos foram recolhidos os valores dos *mix*, emissões específicas de CO<sub>2</sub> e produção específica de RRAA de vários comercializadores das três regiões do país, entre 2017 e 2019. No caso da RAA e da RAM foi utilizada a informação disponível pelas entidades concessionárias de

distribuição e transporte, respetivamente, a EDA [4] e a EEM [5]. Na Tabela 1 são indicados os comercializadores analisados para este estudo.

Tabela 1. Comercializadores de energia

Comercializadores
EDP – Energias de Portugal
Iberdrola Portugal
Galp
Endesa Portugal
RolearViva
JAFPLUS
EDA – Eletricidade dos Açores
EEM – Empresa de Eletricidade da Madeira

Estes comercializadores foram escolhidos devido à sua relevância no setor energético, colocação no mercado e oferta de diferentes formas de fornecimento de energia elétrica que estes apresentam aos consumidores.

#### 2.4. Fatores de Emissão de CO<sub>2</sub> e RRAA

Para o cálculo das emissões específicas de CO<sub>2</sub> é necessário também recorrer aos valores disponibilizados pela ERSE para os anos em análise, onde estão indicados os fatores de emissão atmosférica de cada categoria de fonte de energia elétrica, para as diferentes regiões do país.

Para além das emissões de CO<sub>2</sub>, as emissões dos resíduos radioativos de alta atividade (RRAA) devem ser contabilizadas. Apesar Portugal não dispor de centrais nucleares de produção de energia, são diversas as existentes em Espanha. Estes valores são importantes também para Portugal, uma vez que os setores elétricos português e espanhol estão integrados no MIBEL – Mercado Ibérico de Energia.

A referência à produção nuclear de eletricidade deve-se ao facto de que, para efeito do apuramento da produção base do sistema elétrico português, considera-se o saldo importado na interligação proveniente de Espanha, no qual é atribuível a *mix* de produção base do sistema elétrico

espanhol que pode incluir produção elétrica de origem nuclear [6].

A ERSE não disponibiliza os fatores de produção de RRAA, sendo então utilizados os valores genéricos disponibilizados pela Comissão Nacional de Mercado e Concorrência espanhola (CNMC), que os publica anualmente [7].

### 3. Simulador de Cálculo de Emissões

Por ser acessível e fácil de manipular, o simulador desenvolvido para o cálculo de emissões foi elaborado em Excel. Foram utilizadas as equações apresentadas na secção anterior, as equações (1), (2) e (3) para o cálculo das emissões específicas e totais de CO<sub>2</sub>, e equação (4) para a produção específica de RRAA.

É pedido ao utilizador a indicação da região para onde se querem fazer os cálculos (opção entre as três regiões do país) e o consumo de eletricidade que consta na fatura (em kWh). Para o cálculo das emissões totais de CO<sub>2</sub>, é necessário indicar para cada fonte o seu valor percentual na fração do *mix* e o ano de rotulagem a que corresponde o respetivo *mix*.

A Tabela 2 apresenta os resultados do simulador para o cálculo das emissões específicas de CO<sub>2</sub> entre 2017 e 2019, na coluna “Ferramenta”. São também apresentados os valores das emissões divulgados por cada comercializador para o mesmo período de tempo, na coluna “Comercializador”.

No caso dos comercializadores Iberdrola, Galp, Endesa, RolearViva, JAFPLUS e EEM os valores obtidos pelo simulador são próximos dos divulgados pelos comercializadores, com ligeira margem de erro. Na Rolearviva para o ano de 2018, na JAFPLUS para o ano de 2017 e na concessionária EEM para o ano de 2019, foram verificadas diferenças entre os valores calculados pela ferramenta e os disponibilizados pelos comercializadores. No caso da comercializadora EDP foram verificadas as maiores discrepâncias entre valores.

Tabela 2. Emissões Específicas de CO<sub>2</sub> (gCO<sub>2</sub>/kWh)

	2019		2018		2017	
	Ferramenta	Comercializador	Ferramenta	Comercializador	Ferramenta	Comercializador
EDP	209,32	250,33	266,55	248,54	-	-
Iberdrola	253,28	250,9	-	-	-	-
Galp	-	-	327,13	337,9	-(a)	385,1
Endesa	250,91	250,91	371,5	398,88	480,25	480,24
RolearViva	257,72	257,72	215,9	211,6	-	-
JAFPLUS	345,77	315,45	346,04	346,06	417,49	409,89
EDA	475,79	-(b)	-	-	-	-
EEM	391,35	535	432,78	434	462,32	465

(a) O valor não pode ser calculado, uma vez que a comercializadora Galp não divulgou o *mix* para esse ano

(b) A EDA não divulgou o valor calculado das emissões específicas

As diferenças entre os valores disponibilizados pelos comercializadores e os valores calculados com o simulador devem-se a arredondamentos, utilização de valores genéricos ou faltas pontuais de informação, que podem enviesar os cálculos finais. No entanto, na generalidade, o simulador desenvolvido apresenta um bom desempenho, pela proximidade da maioria dos resultados com os valores divulgados pelos comercializadores.

Para a produção específica de RRAA, são apresentados os resultados na Tabela 3, para os comercializadores com um fornecimento de energia elétrica que contém uma fração de energia nuclear e os valores da produção de RRAA divulgada pelos comercializadores. Nestes cálculos foram retiradas as ilhas, RAA e RAM, uma vez que estas regiões não têm produção específica de RRAA.

Também aqui na Tabela 3, na coluna “Ferramenta” estão apresentados os valores que foram calculados e na coluna “Comercializador” os valores que foram divulgados pelos comercializadores.

Nos resultados da produção específica de RRAA, apenas para a JAFPLUS se verifica uma pequena diferença entre os valores obtidos pelo simulador e os divulgados pelos comercializadores. Estas diferenças podem ter sido verificadas devido à utilização de valores genéricos pela CNMC para os fatores de produção de RRAA.

Para os comercializadores Endesa e Galp, os valores calculados de produção específica de RRAA foram próximos dos divulgados o que se conclui pelo bom desempenho do simulador para o cálculo da produção específica de RRAA.

Tabela 3. Produção específica de RRAA (µg/kWh)

	2019		2018		2017	
	Ferramenta	Comercializador	Ferramenta	Comercializador	Ferramenta	Comercializador
EDP	0	0	0	0	-	-
Iberdrola	0	0	-	-	-	-
Galp	-	-	29,7	26,91	-(a)	23,19
Endesa	0	0	34,4	32,49	27,64	27,64
RolearViva	0	0	16,47	-(b)	-	-
JAFPLUS	35,85	27,43	34,45	23,61	23,92	18,41

(a) O valor não pode ser calculado, uma vez que a comercializadora Galp não divulgou o *mix* para esse ano

(b) Não divulgou a produção específica de RRAA

#### 4. Conclusão

Os resultados obtidos pelo simulador de cálculo de emissões foram positivos, sendo que alguns deles devido à falta de informação disponibilizada pelos comercializadores, arredondamentos ou no caso da produção específica de RRAA, o uso de valores genéricos em vez de valores mais exatos levou a discrepâncias nos valores finais calculados. No entanto, aquelas discrepâncias não prejudicaram a utilidade do simulador de cálculo de emissões desenvolvido que, apesar de limitações pontuais, mostrou um bom desempenho.

Durante a realização deste trabalho surgiram algumas dificuldades em encontrar toda a informação necessária, nomeadamente, falta de informação associada a alguns comercializadores.

Na continuação deste estudo, pretende-se incrementar a qualidade técnica do simulador de cálculo das emissões específicas de CO<sub>2</sub>, através da implementação de um sistema automático em que o utilizador apenas tenha de selecionar o seu comercializador, região e ano, apresentando na ferramenta os valores finais dos cálculos, sem necessidade de indicar a percentagem de cada fonte no *mix* do comercializador.

#### Referências

- [1] ERSE, “Rotulagem,” 2021. <https://www.erse.pt/electricidade/rotulagem/rotulagem>
- [2] D. da Republica, “Rotulagem de energia elétrica,” Diretiva no16/2018, vol. 56. pp. 33468–33480, 2018, [Online]. Available: <https://dre.pt/application/conteudo/117376527>
- [3] ERSE, “Regulamento de Relações Comerciais do setor elétrico e do setor do gás,” Regulamento n.o 1129/2020 - DRE. .
- [4] EDA, “Política de Qualidade, Ambiente e Segurança,” Eletricidade dos Açores. <https://www.eda.pt/Sustentabilidade/Paginas/Ambiente.aspx> (accessed Jun. 02, 2021)
- [5] EMA, “Rotulagem de energia eléctrica,” Eletricidade da Madeira. <https://www.eem.pt/pt/conteudo/sustentabilidade/rotulagem-de-energia-eletrica/> (accessed Jun. 02, 2021)
- [6] REE, “Gestor de la red y transportista,” Red Eléctrica de España. <https://www.ree.es/es/actividades/gestor-de-la-red-y-transportista> (accessed Jun. 02, 2021)
- [7] MIBEL, “Constituição,” Mercado Ibérico de Eletricidade. <https://www.mibel.com/conselho-de-reguladores/constituicao/> (accessed Jun. 02, 2021)

**Título:** Instalações Elétricas de Baixa Tensão – Canalizações elétricas  
**Autor:** António Augusto Araújo Gomes  
**Editora:** Publindústria  
**Data de Edição:** 2015  
**ISBN:** 9789897230752  
**Nº Páginas:** 151  
**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 as 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.



## COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:

**Ana Catarina Aguiar Leitão Barbosa**

Aluna do Mestrado Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia, Instituto Superior de Engenharia do Porto  
[1170560@isep.ipp.pt](mailto:1170560@isep.ipp.pt)

**António Augusto Araújo Gomes**

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto  
[aag@isep.ipp.pt](mailto:aag@isep.ipp.pt)

**José António Beleza Carvalho**

Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto  
[jbc@isep.ipp.pt](mailto:jbc@isep.ipp.pt)

**Nuno Miguel de Deus Anselmo Silva**

Aluno do Mestrado Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia, Instituto Superior de Engenharia do Porto  
[1200314@isep.ipp.pt](mailto:1200314@isep.ipp.pt)

**Paulo Sérgio Fernandes Barros**

Aluno do Mestrado Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia, Instituto Superior de Engenharia do Porto  
[1151044@isep.ipp.pt](mailto:1151044@isep.ipp.pt)

**Pedro Miguel Azevedo De Sousa Melo**

Assistente 2.º Triénio, Instituto Superior de Engenharia do Porto  
[pma@isep.ipp.pt](mailto:pma@isep.ipp.pt)

**Ricardo Manuel Oliveira Soares**

Pós-Graduado em Engenharia da Mobilidade Elétrica, Instituto Superior de Engenharia do Porto  
[soares.ricardo.mo@gmail.com](mailto:soares.ricardo.mo@gmail.com)

**Rui Jorge dos Santos Araújo e Conceição Baltazar**

Pós-Graduado em Engenharia da Mobilidade Elétrica, Instituto Superior de Engenharia do Porto  
[ruibaltazar@hotmail.com](mailto:ruibaltazar@hotmail.com)

**Sérgio Filipe Carvalho Ramos**

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto  
[scr@isep.ipp.pt](mailto:scr@isep.ipp.pt)

**Teresa Alexandra Ferreira Mourão Pinto Nogueira**

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto  
[tan@isep.ipp.pt](mailto:tan@isep.ipp.pt)

