

NEUTRO À TERRA

Revista Técnico-Científica

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

Voltamos à Vossa presença com mais uma edição da nossa revista Neutro-à-Terra.

Estamos certos que a qualidade dos artigos publicados nesta edição seguramente que compensarão a curiosidade e o interesse de todos os nossos habituais leitores, que nos privilegiam com o seu interesse desde o início das nossas publicações.

Já são 12 anos em que sem interrupções honramos o compromisso que temos convosco.

José Beleza Carvalho, Professor Doutor



Máquinas e Veículos Elétricos



Produção, Transporte e Distribuição Energia



Instalações Elétricas



Telecomunicações



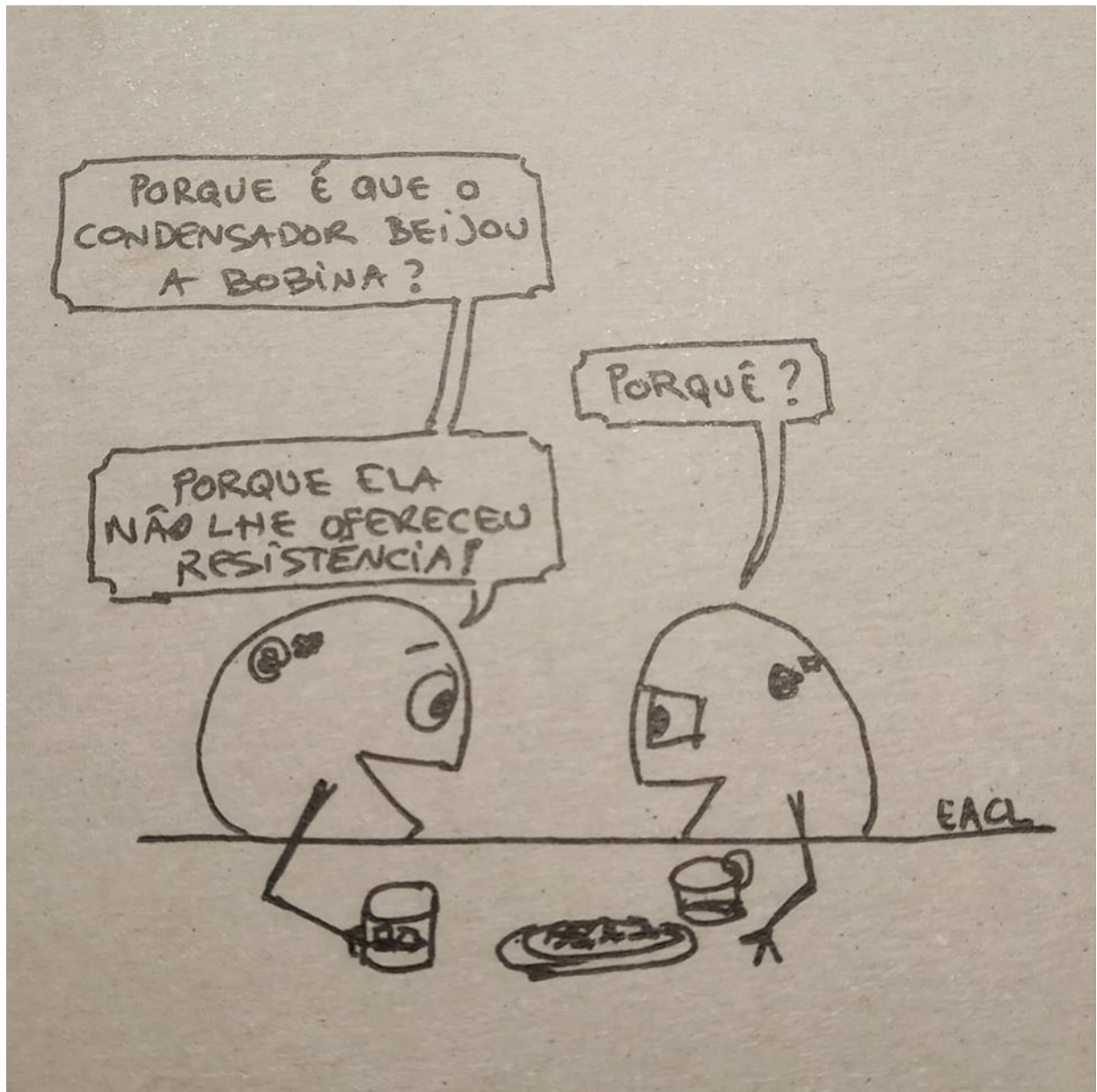
Segurança



Gestão de Energia e Eficiência Energética



Automação, Gestão Técnica e Domótica



- Editorial	5
- Rede Nacional de Transporte Célia Maria dos Santos Carneiro	9
- Potencial Energético das Correntes de Maré na Ria de Aveiro João Pedro Pereira da Rocha, J.Dias	25
- Syzing and Analisys of a Photovoltaic System for Self-consumption César M. S. Santos	37
- Solar Power Support of Luxury Boat Aleksandra Wawrzyniak	43
- Evolução das Classes de Rendimento de Motores Eléctricos Pedro Miguel Azevedo de Sousa Melo	53
- Experimental analysis of a DC current-controlled variable inductor in a DC-DC converter André P. Mendes; Bruno Baptista; Marina S. Perdigoão; André M. S. Mendes	61
- A Engenharia ao Serviço da Segurança Alexandre Chamusca	71
- Regulamentos técnicos no âmbito das instalações eléctricas António Augusto Araújo Gomes	75
- Autores	

FICHA TÉCNICA

DIRETOR:	José António Belezinha Carvalho, Doutor
SUBDIRETORES:	António Augusto Araújo Gomes, Eng. Roque Filipe Mesquita Brandão, Doutor Sérgio Filipe Carvalho Ramos, Doutor
PROPRIEDADE:	Área de Máquinas e Instalações Eléctricas Departamento de Engenharia Electrotécnica Instituto Superior de Engenharia do Porto
CONTATOS:	jbc@isep.ipp.pt ; aag@isep.ipp.pt

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 Eletricidade (que inclui) 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 do Orçamento na CEFAEPUS – Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999. Sócio da empresa Realto à Terra – Gabinete de Engenharia, Lda (2002 a 2006). Prestação de serviços de formação e supervisão de projetos e acompanhamento no âmbito das instalações elétricas, telecomunicações, segurança, gestão de energia, eficiência energética, a diversas entidades nomeadamente: NORVIA – Consultores de Engenharia, S.A.; Schmalz – Engenharia e Serviços, Lda; ENERPO – Consultores de Engenharia, Lda; EG – Instituto de Substância e Qualidade, Químicas – Fabrica de Quadros Elétricos, S.A.; EP – Instituto Eletrotécnico Português; CEMETEC – Centro de Energia e Tecnologia; ANACOM – Autoridade Nacional das Telecomunicações; IET – Instituto para o Desenvolvimento Tecnológico; ENX – 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 Mestre (gr. Bolonha) em Engenharia Industrial, pela Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Professor Adjunto 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, vogal e direção de Escola Tecnológica de Vals de Camarã como investigador do Instituto Politécnico do Porto. Autor de vários artigos publicados em conferências nacionais e internacionais, diretor de revista neutro-ôter e integrou vários júris de provas públicas de doutoramento e para a câmara do ensino superior.

ENGEBOOK

Família Empresarial de Manuais de Instalações Elétricas

Com o apoio de



Estimados leitores

Um pouco mais tarde que o habitual, pois os afazeres dos responsáveis pela edição da revista no fim de um ano letivo numa escola prestigiada de Engenharia são sempre muitos e complicados, voltamos à Vossa presença com mais uma edição da nossa revista Neutro-à-Terra. Estamos certos que a qualidade dos artigos publicados nesta edição seguramente que compensarão a curiosidade e o interesse de todos os nossos habituais leitores, que nos privilegiam com o seu interesse desde o início das nossas publicações. Já são 12 anos em que sem interrupções honramos o compromisso que temos convosco.

Numa revista focada nas áreas de especialização da Engenharia Eletrotécnica, tem sido falha dos editores a não apresentação de um artigo técnico-científico que apresente de uma forma clara e suficientemente desenvolvida o funcionamento de um Sistema Elétrico de Energia, ou seja, a produção, o transporte e distribuição de energia elétrica que todos usufruímos diariamente nas nossas atividades. Esta falta é compensada nesta edição da nossa revista, com apresentação de um artigo muito interessante sobre a Rede Nacional de Transporte e o funcionamento do Sistema Elétrico de Energia Português, da autoria da Engenheira Célia Carneiro, Mestre em Engenharia Eletrotécnica pelo ISEP, e operadora responsável no Centro de Operações da Rede de Muito Alta Tensão, localizado em Vermoim.

Os trabalhos de investigação desenvolvidos no ISEP, fundamentalmente no âmbito do desenvolvimento de Dissertações de Mestrado, permitem a realização de artigos científicos de elevada qualidade. Nesta edição publica-se dois artigos científicos em Inglês, *“Syzing and Analisis of a Photovoltaic System for Self-Consumption”* e *“Solar Power Support Of Luxury Boat”*, mantendo assim o compromisso que temos em regularmente publicar artigos científicos em língua Inglesa, fundamentalmente destinados aos nossos leitores dos países Anglo-Saxónicos. Ainda neste âmbito, merece particular destaque um artigo científico publicado conjuntamente por 2 investigadores da WEG e do Departamento de Engenharia Eletrotécnica da Universidade de Coimbra, *“Experimental Analysis of a DC Current-Controlled Variable Inductor in a DC-DC Converter”*.

No âmbito das Máquinas Elétricas, como tem sido habitual nas nossas recentes edições, publica-se mais um interessante artigo da autoria do Eng^o Pedro Melo, neste caso sobre a *“Evolução das Classes de Rendimento de Motores Elétricos”*, onde se apresenta uma síntese da evolução das classes de rendimento de motores elétricos de alcance internacional. Começando pelo acordo CE/CEMEP, no contexto europeu, referindo depois as sucessivas normas internacionais CEI, as quais traduzem a evolução da classificação IE.

Nesta edição da nossa revista merecem ainda destaque alguns artigos de elevado valor técnico e científico. Apresenta-se um artigo sobre *“Potencial Energético das Correntes de Maré na Ria de Aveiro”*, onde é feita uma abordagem ao aproveitamento da energia cinética existente no movimento de água induzido pela propagação das marés na produção de energia elétrica. Apresenta-se também um artigo sobre *“A Engenharia ao Serviço da Segurança”*, onde são abordadas as exigências crescentes que se fazem sentir nesta crescente área de negócio. Finalmente, mas não de menor importância, apresenta-se um artigo sobre *“Regulamentos Técnicos no Âmbito das Instalações Elétricas”*, da autoria do Eng^o António Gomes, um especialista que tem vindo aprofundar este assunto nas suas atividades profissionais e também em publicações que tem efetuado sobre o assunto.

Fazendo votos que esta 23^a edição da nossa revista *“Neutro à Terra”* vá novamente ao encontro das expectativas dos nossos leitores, estes semestre um pouco mais tarde que o habitual, mas com artigos de elevado valor técnico e científico, apresento os meus cordiais cumprimentos.

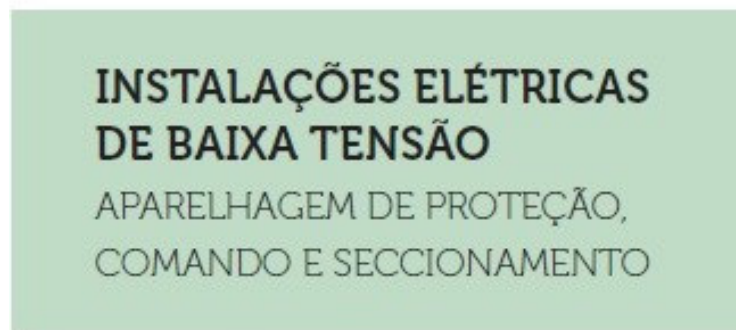
Porto, julho de 2019

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.



ENGEBOOK **ELEOTECNIA**

António Gomes
 Sérgio Ramos
 André Sá



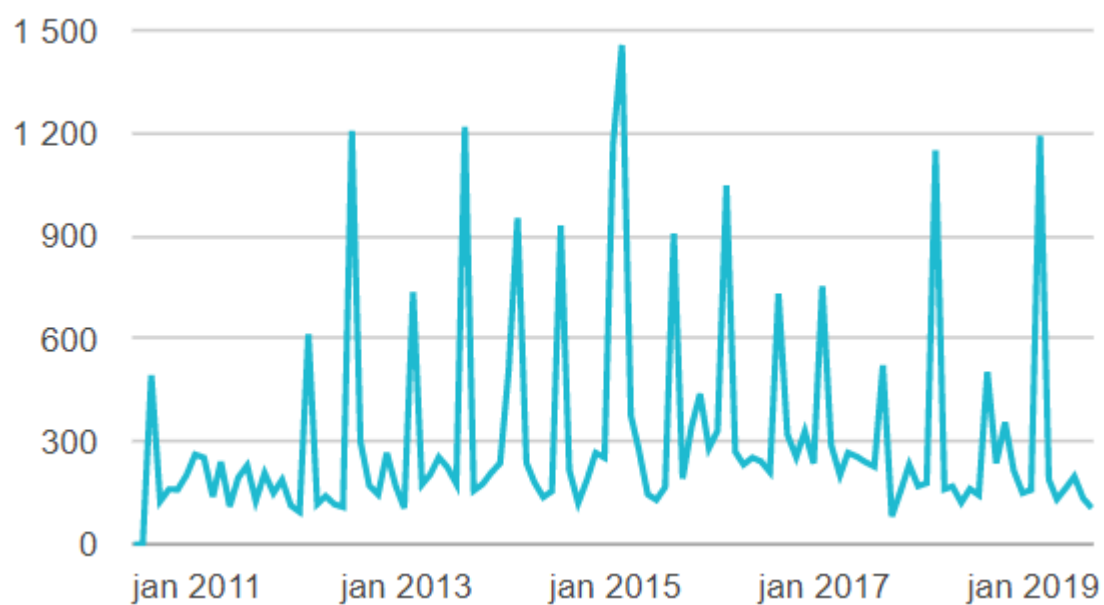
Blog:

www.neutroaterra.blogspot.com

Histórico de visualizações

34 401

Entrada	Visualizações de páginas
Portugal	25725
Estados Unidos	2950
Brasil	1956
Alemanha	531
França	445
Rússia	432
Angola	242
Reino Unido	205
Ucrânia	190
Espanha	137



EVOLUÇÃO DAS CLASSES DE RENDIMENTO DE MOTORES ELÉTRICOS

Resumo

Os acionamentos eletromecânicos são os maiores consumidores mundiais de energia elétrica, pelo que a melhoria dos seus rendimentos tem um elevado impacto na poupança de energia. Os motores de indução trifásicos são a opção dominante, razão pela qual a procura de máquinas com melhores rendimentos tem estado centrada nestes motores. No entanto, a ausência de um sistema universal de classificação dos rendimentos e, principalmente, a diversidade de métodos usados na sua estimação (com resultados distintos), constituiu um sério obstáculo à comercialização mundial destas máquinas. A classificação IE (CEI) foi decisiva na superação dessas dificuldades.

Este artigo pretende fazer uma síntese da evolução das classes de rendimento de motores elétricos de alcance internacional. Começa-se pelo acordo CE/CEMEP, no contexto europeu, referindo depois as sucessivas normas internacionais CEI, as quais traduzem a evolução da classificação IE.

1 Introdução

Estima-se que mais de 50% da energia elétrica consumida mundialmente esteja associada a acionamentos eletromecânicos [1]. Globalmente, o sector industrial é responsável por cerca de 64% desse consumo, enquanto na União Europeia (UE), cerca de 70 % da energia elétrica consumida neste sector é devida a motores elétricos [2].

Os motores de indução trifásicos (MIT) continuam a ser dominantes, pelo que a melhoria nos seus rendimentos tem um impacto substancial na redução do consumo de energia elétrica. Há já mais de 20 anos que os principais fabricantes têm vindo a direccionar esforços no desenvolvimento de motores com melhores rendimentos.

A nível mundial, a sua disseminação foi difícil e lenta, embora dependente da zona geográfica (e.g., EU e EUA). Os principais obstáculos foram a falta de consenso na classificação e definição de métodos para determinação do rendimento: consoante as regiões do mundo, as respetivas metodologias aplicadas na determinação do rendimento dos MIT tinham resultados distintos [3].

A procura de um consenso global motivou a Comissão Eletrotécnica Internacional (CEI) a desenvolver um conjunto de normas, com o objetivo de definir classes de rendimento, com base em métodos de estimação comuns. Resultam, pois, de um longo processo de discussões técnicas, económicas e políticas. Com vista à integração das tecnologias de motores mais recentes, este processo continua em evolução. Estas normas foram globalmente aceites, tendo sido transpostas para as normas nacionais e regionais em praticamente todo o mundo. Deste modo, deram um contributo importante na definição de critérios mínimos de eficiência energética (*Minimum Energy Performance Standards (MEPS)*), em vigor na maioria das economias avançadas e também nas que se encontram em desenvolvimento [3].

Atendendo ao perfil de cargas mais usual, a utilização de variadores eletrónicos de velocidade (VEVs) contribui significativamente para a redução dos consumos de energia desses sistemas. Por este motivo, a sua integração nos MEPS tem sido crescente.

Este artigo pretende fazer uma síntese da evolução das classes de rendimento de motores elétricos. Está estruturado do seguinte modo: a Secção 2 refere-se à distribuição do consumo de energia em função da potência e tipos de motores. Esta contextualização torna mais perceptível o domínio de aplicação das normas referidas neste artigo.

Na Secção 3 são indicados os pontos essenciais e consequências do acordo CE/CEMEP, bem como das normas internacionais mais relevantes. O seu conjunto constitui uma resenha do processo evolutivo, que conduziu à definição das classes de rendimento atuais, cuja abrangência ultrapassa já os motores elétricos.

Finalmente, a Secção 4 contém algumas conclusões.

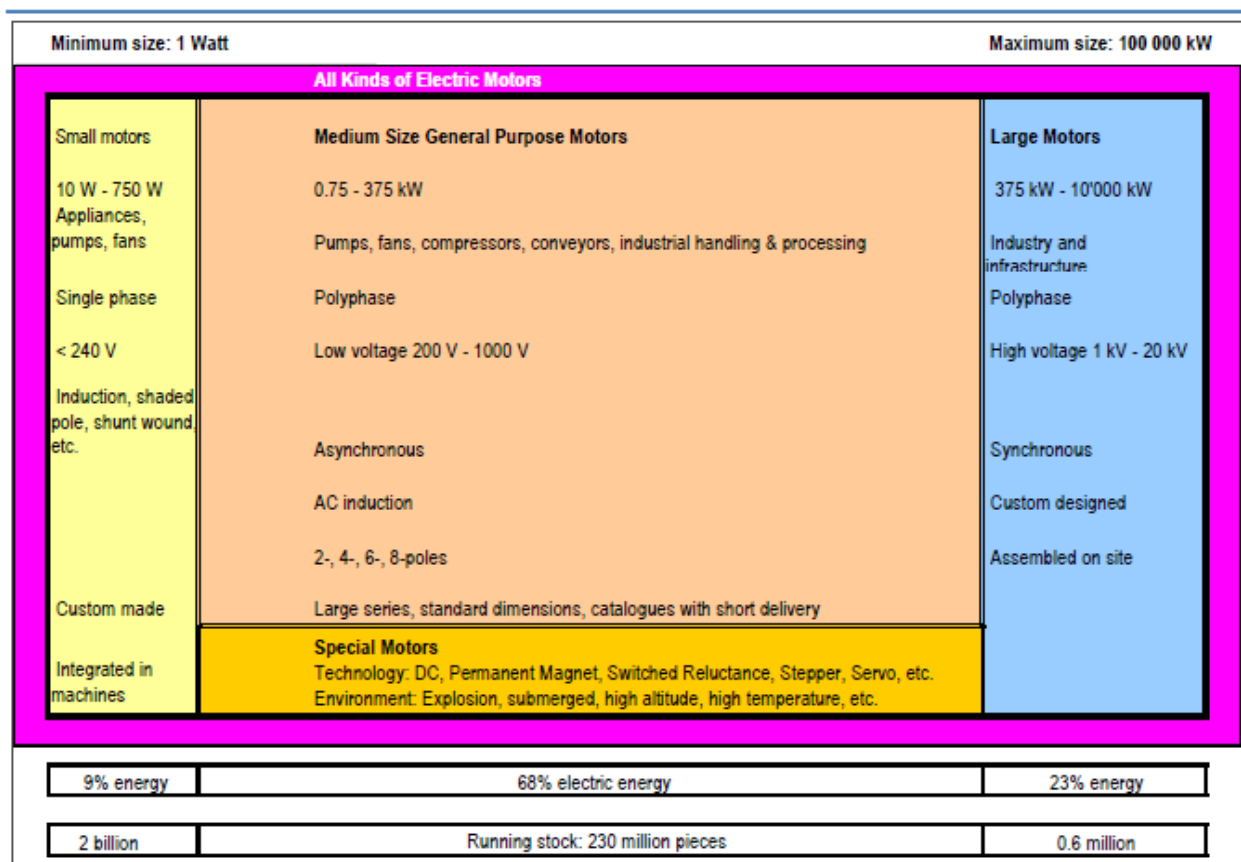
2. Tipos de Motores Elétricos: Distribuição de Potência e Consumos

A Figura 1 apresenta uma síntese relativa à distribuição dos consumos de energia por gamas de potência, tipos de motores e cargas associadas [1].

Destaca-se o seguinte:

1. Os consumos na gama [10-750] W (baixa tensão) apresentam um valor residual (9%), muito embora o número de unidades existente seja o mais elevado das gamas de potência definidas
2. A gama [0,75-375] kW (baixa tensão) é responsável pelos maiores consumos de energia (68%).
3. Na gama [375-10 000] kW (média tensão), o número de unidades é menor, mas o seu impacto no consumo de energia é significativo (23%).

Os MIT são claramente dominantes, mas há outras opções cuja relevância tem vindo a aumentar, sendo de destacar os motores síncronos de ímanes permanentes (MSIP), motores síncronos de relutância (MSR) e motores de relutância comutados (MRC).



Source: A+B International, 2009.

Figura 1– Distribuição de motores elétricos: tipos, potência e energia consumida

Em particular, os primeiros apresentam maiores densidade de potência e rendimento, sobretudo na gama das baixas e médias velocidades. Por seu turno, o preço, robustez e fiabilidade dos MIT são as suas principais vantagens [1].

Os motores são utilizados numa vasta gama de aplicações, com destaque para as cargas parabólicas (i.e., bombas, sistemas de ventilação, compressores), a que corresponde o ponto 2. A potência requerida por estas é função de n^3 (n – velocidade angular), pelo que a regulação da velocidade de operação através de VEVs apresenta um elevado potencial de poupança de energia.

3. Classificação de Motores: Evolução da Normalização Europeia

3.1 Acordo CE/CEMEP [4]

Em 1999 foi assinado um acordo voluntário, entre a Comissão Europeia e a Associação Europeia de Fabricantes de Máquinas Elétricas e de Eletrónica de Potência (CEMEP), que definia três classes distintas de rendimento:

- EFF3 – Motores convencionais;
- EFF2 – Motores de rendimento aumentado;
- EFF1 – Motores de alto rendimento.

Este acordo englobava somente MIT (gaiola de esquilo), de 2 ou 4 pólos, 400 V, 50 Hz, IP 54 ou IP 55, com potências nominais compreendidas entre 1,1 e 90 kW. A Figura 2 ilustra o impacto verificado na distribuição dos motores pelas três classes, durante praticamente todo o período de vigência do acordo.

Houve uma transferência dos motores da classe inferior (EFF3) para a classe intermédia. Embora as máquinas da classe EFF3 tenham sido praticamente eliminadas, o fabrico de motores da classe EFF1 atingiu uma percentagem muito aquém do inicialmente previsto. Assim, os objetivos deste acordo foram parcialmente atingidos.

Os rendimentos eram determinados de acordo com o método indireto da norma CEI 60034-2:1996. A determinação das perdas adicionais foi o principal motivo de discórdia com outras metodologias (nomeadamente, o método B da norma 112 do IEEE), pelo que o alcance deste acordo ficou confinado à União Europeia. Não obstante, este foi um primeiro passo para o estabelecimento de uma classificação global dos níveis de rendimento de MIT.

Com vista a atingir esse objetivo é, entretanto, publicada a norma IEC 60034-30, que resultou dos esforços promovidos pela CEI em obter uma classificação de alcance mundial, que viesse substituir as normas nacionais/regionais existentes [3].

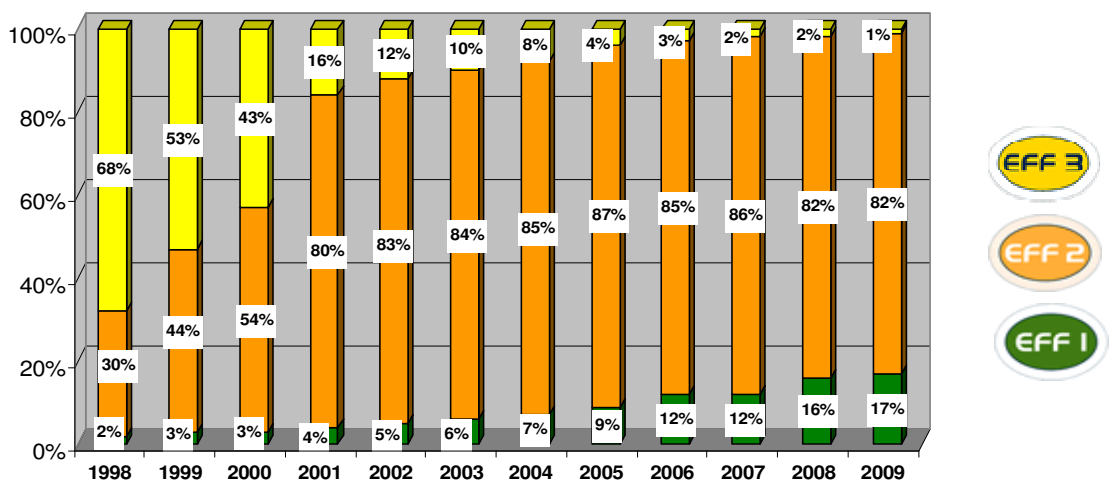


Figura 2 – Evolução da distribuição dos MIT pelas classes de rendimento CE/CEMEP

3.1 Norma CEI 60034-30 [5]

Em Outubro de 2008 foi publicada a 1ª edição da norma CEI 60034-30 (Rotating electrical machines - Part 30: Efficiency classes of single-speed, three-phase, cage-induction motors (IE-code)).

- Motores de 50Hz e 60Hz, 2, 4 e 6 pólos, na gama [0,75 – 375] kW;
- Tensão nominal ≤ 1000 V
- Operação em modo contínuo (fator de serviço S1);
- Inclui motores com 2 valores nominais (ou mais) de tensão e/ou frequência
- Aplicável a motores dimensionados para alimentação direta da rede;

A Tabela 1 apresenta as classes de rendimento IE:

Tabela 1 – Configurações de MRC

Classe	Designação
IE1	Standard Efficiency
IE2	High Efficiency
IE3	Premium Efficiency
IE4	Super Premium Efficiency (não definida, em fase de preparação)

Esta classificação resultou da integração de diversas classes de rendimento normalizadas, definidas por vários organismos regionais: Energy Policy Act “EPAAct” (EUA), NEMA (EUA) e CE/CEMCP (UE) [2].

A Figura 3 ilustra a correlação entre a classificação IE e as classificações regionais mais relevantes.

O rendimento é determinado com base na norma CEI 60034-2-1:2007. A determinação das perdas adicionais baseia-se num método equivalente ao da norma IEEE 112.

A classificação IE e a norma CEI 60034-2-1 foram determinantes na definição dos MEPS na UE, através do regulamento (EC) No. 640/2009, de execução da Directiva 2005/32/EC.

A implementação faseada dos MEPS foi a seguinte (o acordo CE/CEMCP terminou em 06/2011):

- Desde 06/2011: classe mínima IE2 para todos os novos motores;
- Desde 01/2015: novos motores na gama [7,5 – 375] kW deverão ser IE3 ou IE2 c/ VEV;
- A partir de Janeiro de 2017, novos motores na gama [0,75 - 375] kW deverão ser IE3 ou IE2 c/ VEV.

O domínio de abrangência da norma CEI 60034-30⁽¹⁾ foi posteriormente aumentado, de que resultou uma subdivisão: motores AC convencionais (CEI 60034-30-1) e motores não convencionais, alimentados por variadores de velocidade (CEI TS 60034-30-2).

Em seguida, referem-se os pontos mais importantes de ambas.

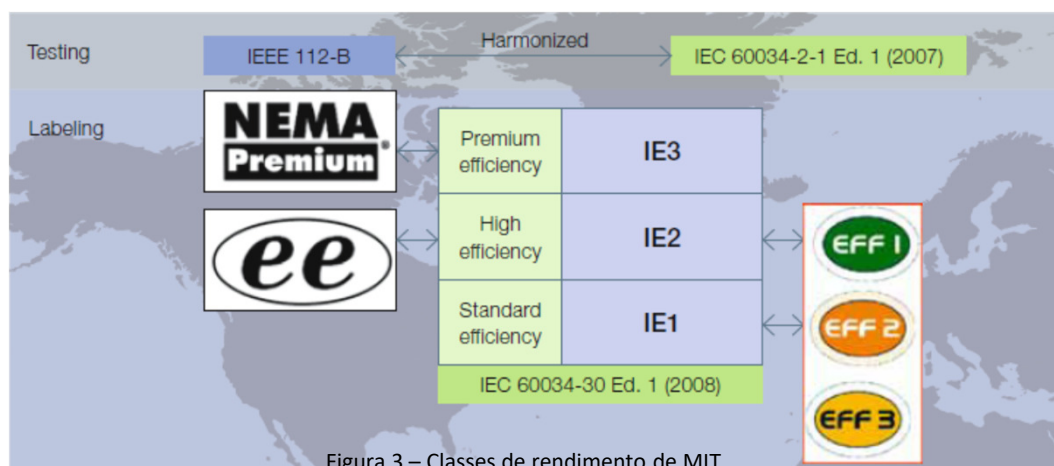


Figura 3 – Classes de rendimento de MIT

⁽¹⁾ Foi revogada pela norma CEI 60034-30-1.

3.2 Norma CEI 60034-30-1 [6]

Publicada em Março de 2014, a 1ª edição da norma CEI 60034-30-1 (*Rotating Electrical Machines - Part 30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE-code)*) veio substituir a norma CEI 60034-30.

- Motores de uma velocidade (monofásicos & trifásicos);
- Motores de 50Hz e 60Hz, 2, 4, 6 e 8 pólos, na gama [0,12 – 1000] kW;
- Tensão nominal: [50 – 1000] V;
- Operação em modo contínuo (factor de serviço S1);
- Aplicável a motores dimensionados para alimentação direta pela rede (não limitado a motores de indução);

A Tabela 2 apresenta as classes IE.

Tabela 2 – Configurações de MRC

Classe	Designação
IE1	Standard Efficiency
IE2	High Efficiency
IE3	Premium Efficiency
IE4	Super Premium Efficiency
IE5	Ultra-Premium Efficiency (não definida, em fase de preparação)

Comparando com a norma anterior, há a realçar uma maior abrangência: não só na gama de potências, mas também nos tipos de motores, deixando de estar confinados aos MIT. Os limites da classe IE4 são definidos, deixando em aberto uma nova classe (IE5), a definir futuramente.

De referir ainda que o rendimento é agora determinado com base na 2ª edição da norma CEI 60034-2-1, publicada também em 2014.

3.3 Especificação técnica CEI TS 60034-30-2 [7]

Em Dezembro de 2016 foi publicada a 1ª edição da especificação técnica CEI TS 60034-30-2 (*Rotating Electrical Machines - Part 30-2 Efficiency classes of variable speed AC motors (IE-code)*).

- Aplicável a motores de todos os tipos (AC), na gama [0,12 – 1000] kW, não alimentados através da rede (excluindo algumas tecnologias, como servomotores);
- Tensão nominal: [50 – 1000] V;
- Velocidade nominal: [600 – 6000] rpm;
- Operação em modo contínuo (fator de serviço S1)
- O rendimento é especificado para o seguinte regime: 90% da velocidade nominal, com binário nominal;
- As perdas devidas aos harmónicos são consideradas na determinação do rendimento;
- São definidas 5 classes distintas de rendimento: IE1 a IE5.

Esta especificação técnica surge em consequência da importância crescente das aplicações baseadas em VEVs. Os limites da classe IE5 são aqui definidos, refletindo o facto destes motores poderem funcionar em regimes com melhores rendimentos. De referir que os regimes de funcionamento dos motores abrangidos correspondem a cargas na vizinhança dos valores nominais, com variações de velocidade lentas e pouco frequentes. Importa ainda mencionar que o rendimento é determinado com base na especificação técnica CEI TS 60034-2-3, de 2013.

3.3 Norma CEI 61800-9-2 [8]

A 1ª edição da norma CEI 61800-9-2 foi publicada em 2017, que define classes de rendimento e métodos de determinação das perdas dos seguintes sistemas:

- Conversores de potência
- Motor+Conversor – Power Drive System (PDS).

As especificações para cada sistema são as seguintes:

- Conversores de potência
- Tensão nominal: [100 – 1000] V (AC);
- Potência nominal: [0,278 – 1209] kVA;
- Não inclui conversores com modo regenerativo;
- Classes: IE0, IE1 e IE2;
- Motor + conversor (PDS)
- Tensão nominal: [100 – 1000] V (AC);
- Potência nominal: [0,12 – 1000] kW;

- (excluindo algumas tecnologias, como servomotores)
- Não inclui conversores com modo regenerativo;
- Classes: IES0, IES1 e IES2;

São definidos dois sistemas de classificação: um para conversores (IE) e outro para PDS (IES). As classes IE1 e IES1 são as referências de ambos os sistemas (Figura 4).

Um aspeto muito relevante é que esta publicação não se dirige apenas a motores, iniciando um primeiro passo para a inclusão de todos os componentes do sistema eletromecânico – ainda que apenas o conversor e a sua integração com o motor sejam aqui tratados. Com efeito, o rendimento global depende dos rendimentos dos seus componentes, pelo que futuras normas sobre classificação de rendimentos e a sua determinação tenderão a integrar os restantes componentes.

3.5 Síntese Final

A Figura 5 apresenta uma síntese das normas abordadas neste artigo.

O conteúdo das normas que definem os ensaios de estimação do rendimento não foi aqui abordado. Este assunto requer um espaço próprio, pelo que será tratado noutras oportunidades.

IEC standards for motor systems



		Scope	Testing	Efficiency classification
1		motor	IEC 60034-2-1 ed 2: published 2014	IEC 60034-30-1 ed 2: published 2014
2		motor, driven by a VFD	IEC 60034-2-3 ed 2: CD 2017	IEC TS 60034-30-2 Technical Specification spring of 2017
3		VFD	IEC 61800-9 IEC 61800-9-1 Extended Products IEC 61800-9-2 VFD Classification/Testing published March 2017 edition 2: work starts now	
4		Motor + VFD		

IEC = International Electrotechnical Commission VFD = variable frequency drive

Figura 5 – Normas CEI para motores e conversores: classes e métodos para determinação do rendimento

4. Conclusões

O consumo de energia dos sistemas eletromecânicos é atualmente estimado em mais de 50% da energia elétrica consumida mundialmente. O impacto dos MIT é preponderante, pelo que o esforço na obtenção de motores com melhor rendimento tem sido muito direcionado para estas máquinas. No caso da UE, o acordo CE/CEMEP foi um estímulo importante na disseminação de motores de rendimento melhorado. Dado o seu carácter de adesão voluntária, os resultados ficaram aquém dos objetivos inicialmente traçados.

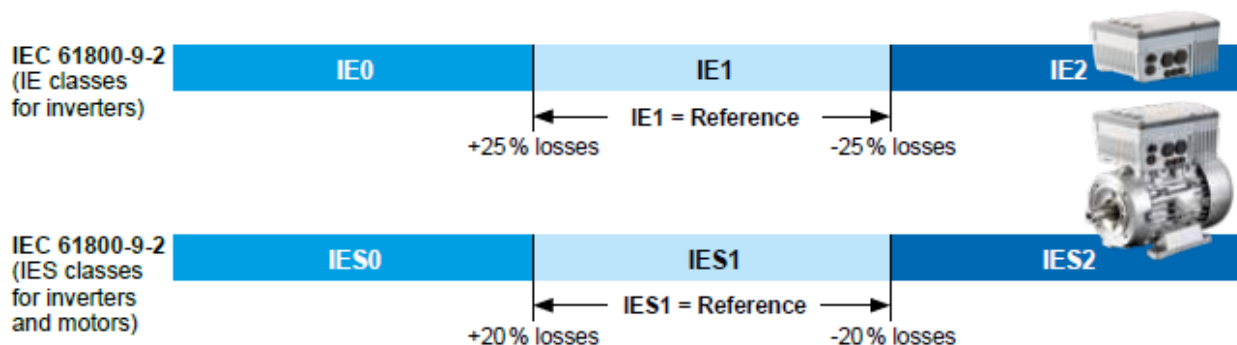


Figura 4 – Classes de rendimento IE e IES (CEI 61800-9-2)

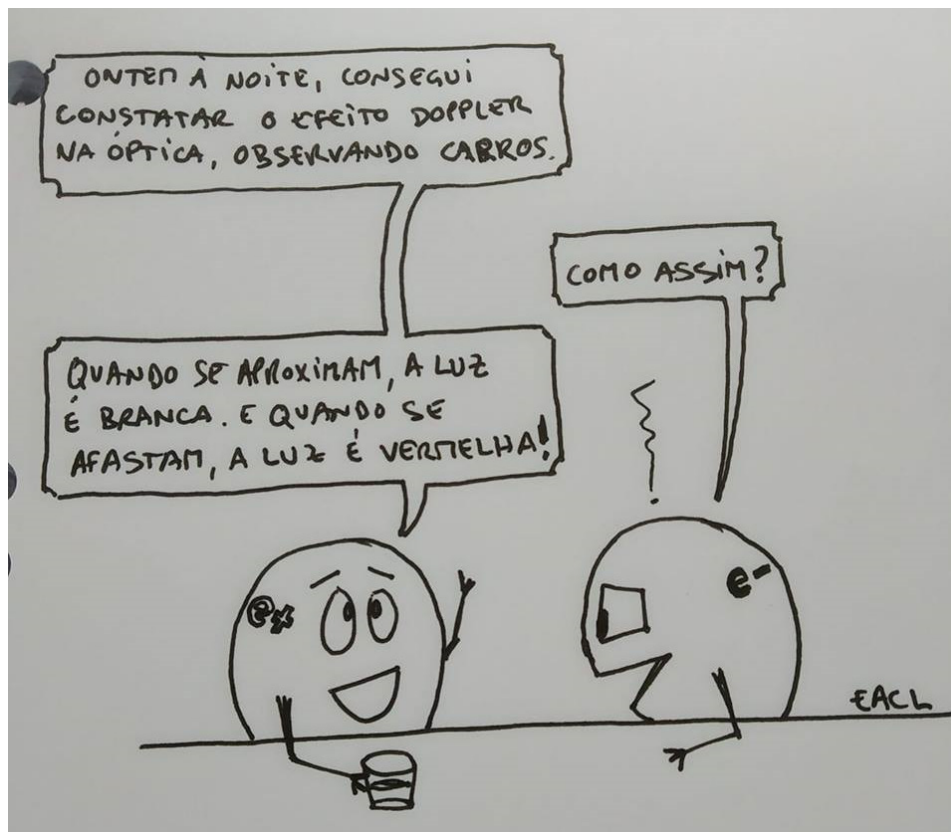
A aceitação global das normas CEI, que definem as classes IE e respetivos métodos de determinação do rendimento, fez destas normas a plataforma de referência usada no desenvolvimento de MEPS, em quase todas as regiões mundiais.

A ênfase exclusiva sobre o rendimento do motor tem vindo a ser alterado, com vista a incluir todos os componentes do sistema eletromecânico (*drive*) – conversor de potência e respetivo controlador, motor, sistema mecânico de transmissão de potência e a carga a acionar. A evolução a que se tem assistido permite antever uma clara tendência para as futuras normas integrarem todos os componentes mencionados.

Referências

- [1] P. Waide and C. U. Brunner, "Energy-efficiency policy opportunities for electric motor-driven systems," 2011.
- [2] H. Gavrilă, V. Manescu, G. Paltanea, G. Scutaru, and I. Peter, "New Trends in Energy Efficient Electrical Machines," *Procedia Engineering*, vol. 181, pp. 568-574, 2017.
- [3] "Energy efficiency roadmap for electric motors and motor systems", 4E report, IEA, 2015.
- [4] "Electric Motors and Variable Speed Drives - Standards and legal requirements for the energy efficiency of low-voltage three-phase motors", CEMEP, 2011.
- [5] "Optimização da utilização da energia eléctrica em força motriz", EDP Corporate.
- [6] Conrad U. Brunner et al., "New technology needs new policy - From component to systems", EEMODS 2017, Rome, Italy, 2017.
- [7] "International standard IEC TS 60034-30-2 for variable speed motors", Bauer Gear Motor, 2018.
- [8] Martin Doppelbauer, "Update on IEC Motor and Converter Standards", Motor Summit.

HUMOR ELETRO





COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



Aleksandra Wawrzyniak

1150113@isep.ipp.pt

Erasmus student at ISEP from Warsaw University of Technology from master's degree in electrical engineering - Networks and Electricity Systems. Engineering Degree in Electrical Engineering. Worked on projects in concerning power electronics and design of electrical installations.



Alexandre Chamusca

achamusca@xkt.pt

Engenheiro Eletrotécnico. Consultor Soluções Integradas Segurança. XKT - Soluções Integradas de Segurança.

André P. Mendes

pereiramendes.andre@gmail.com

Instituto de Telecomunicações, Department of Electrical and Computer Engineering, 3030-290 Coimbra, Portugal

André M. S. Mendes

amsmendes@ieee.org

Department of Electrical and Computer Engineering, University of Coimbra/Instituto de Telecomunicações, 3030-290 Coimbra, Portugal



António Augusto Araújo Gomes

aag@isep.ipp.pt

Professor adjunto do Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999.

Bruno Baptista

brunoricardo@weg.net

WEGeuro - Indústria Eléctrica, S.A., 4470-605 Maia, Portugal

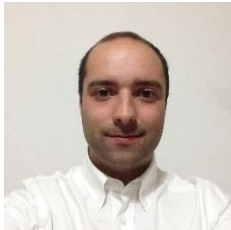


Célia Maria dos Santos Carneiro

celia_carneiro@live.com.pt

Licenciada em Engenharia Electrotécnica – Ramo Sistemas de Energia, pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia. Em 2016 entrou para o programa de Trainees da empresa REN, onde atualmente, desempenha funções de operadora da rede eléctrica de MAT no COR- Vermoim.

COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



César M.S. Sanos

cesar.s.santos03@gmail.com

Licenciatura em Engenharia de Sistemas de Engenharia Renovável, no Instituto Politécnico de Viana do Castelo. Aluno do curso de mestrado em Energias Sustentáveis, no Instituto Superior de Engenharia do Porto.

João Dias

joao.dias@ua.pt

CESAM – Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, UA – Universidade de Aveiro, Aveiro.



João Pedro Pereira da Rocha

1181274@isep.ipp.pt

Aluno do curso de mestrado em Energias Sustentáveis, no Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Marina S. Perdigão

perdigao@isec.pt

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Instituto Politécnico de Coimbra/Instituto de Telecomunicações, 3030-199 Coimbra, Portugal



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 Eletrotécnica 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-TECNOPOPOR.

