

NEUTRO À TERRA

Revista Técnico-Científica | Nº12 | Dezembro de 2013

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

Ao terminar um ano que foi particularmente difícil para todos os setores da economia, a indústria eletrotécnica que não esteve imune às dificuldades que todos sentiram, manteve apesar de tudo uma dinâmica muito apreciável. No âmbito da nossa revista “Neutro à Terra”, esta dinâmica fez-se sentir fundamentalmente no interesse que muitas empresas do setor eletrotécnico manifestaram pelas nossas publicações, demonstrando agrado por poderem aceder a uma revista especializada que alia publicações de natureza mais científica com outras de natureza mais prática. Assim, voltamos novamente à vossa presença com novos e interessantes assuntos na área da Engenharia Eletrotécnica em que nos propomos intervir.

Professor Doutor José Beleza Carvalho



Máquinas Elétricas
Pág.5



Energias Renováveis
Pág. 11



Instalações Elétricas
Pág. 29



Telecomunicações
Pág. 45



Segurança
Pág. 51



Eficiência Energética
Pág.55



Automação Domótica
Pág. 61

Índice

- 03| **Editorial**
-
- 05| **Máquinas Elétricas**
Diagnóstico remoto de defeitos de cargas acopladas a um motor de indução.
António Manuel Luzano de Quadros Flores
-
- 11| **Energias Renováveis**
A tecnologia fotovoltaica de película fina. Afinal como estamos?
Nogueira F. , Paiva D. , Resende C.
- 17| **Energy Storage Systems (Sistemas de Armazenamento de Energia)**
Fábio Pereira
-
- 29| **Instalações Elétricas**
Secção ótima.
José Caldeirinha
- 37| **Proposta de metodologia para avaliação de software comercial destinado ao projeto de engenharia da construção!**
Ana Paula de Freitas Assis Antunes Duarte
-
- 45| **Telecomunicações**
Power Over Ethernet. A solução de vanguarda nas comunicações baseadas em IP.
Sérgio Filipe Carvalho Ramos
-
- 51| **Segurança**
Deteção automática de incêndios. Detetores lineares de calor e de fumos.
António Augusto Araújo Gomes
-
- 55| **Eficiência Energética**
Eficiência Energética na Iluminação Pública.
Roque Filipe Mesquita Brandão
-
- 61| **Automação e Domótica**
ISO 50001 norma mundial para a eficiência energética. Porquê uma norma mundial?
Paulo Alexandre Caldeira Branco
-
- 68| **Autores**
-

FICHA TÉCNICA

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

Estimados leitores

Ao terminar um ano que foi particularmente difícil para todos os setores da economia, a indústria eletrotécnica que não esteve imune às dificuldades que todos sentiram, manteve apesar de tudo uma dinâmica muito apreciável. No âmbito da nossa revista “Neutro à Terra”, esta dinâmica fez-se sentir fundamentalmente no interesse que muitas empresas do setor eletrotécnico manifestaram pelas nossas publicações, demonstrando agrado por poderem aceder a uma revista especializada que alia publicações de natureza mais científica com outras de natureza mais prática. Assim, voltamos novamente à vossa presença com novos e interessantes assuntos na área da Engenharia Eletrotécnica em que nos propomos intervir. Nesta edição da revista merecem particular destaque os temas relacionados com as máquinas elétricas, as energias renováveis e a eficiência energética, as instalações elétricas, os sistemas de segurança e as telecomunicações.

No âmbito da publicação de artigos de cariz mais científicos, nesta edição da revista publica-se um artigo que analisa o desempenho de um motor de indução trifásico quando sujeito a uma perturbação da carga acoplada ao veio rotórico. No caso em análise, trata-se de um dente partido numa roda dentada de um redutor de velocidade. Este tipo de defeito produz uma interferência periódica com frequência igual à frequência de rotação da roda dentada que possui o dente partido. Neste artigo apresenta-se uma abordagem teórica dos fenómenos internos do motor de indução na presença de uma interferência periódica da carga mecânica revelando a presença de frequências características na corrente absorvida.

A utilização de energias renováveis estão cada vez mais presentes na produção de eletricidade, pois permitem diminuir a utilização dos combustíveis fósseis na produção convencional de energia elétrica. Em contrapartida, as energias renováveis conduzem a problemas de imprevisibilidade, devido ao facto de este tipo de produção estar dependente das condições climáticas adequadas, da época do ano e até da hora do dia. No setor elétrico é fundamental garantir o equilíbrio entre a produção e o consumo, como tal, os sistemas de armazenamento de energia elétrica, designados por *Energy Storage Systems* na literatura anglo-saxónica, podem ser usados para contribuir para esse equilíbrio. Estes sistemas permitem atenuar o problema da intermitência de produção, que é uma lacuna das energias renováveis. Nesta edição da revista publica-se um interessante artigo que analisa os diferentes tipos de armazenamento de energia, salientando a sua importância na exploração eficiente dos atuais Sistemas Elétricos de Energia.

No âmbito das instalações elétricas, publica-se um artigo que pode ser muito útil a quem tem como função dimensionar circuitos e redes de distribuição de energia elétrica. O dimensionamento da secção de um condutor elétrico deve assentar na satisfação de requisitos de natureza técnica e de natureza económica. Nem sempre a secção que satisfaz o requisito de natureza técnica, secção mínima, é a secção ótima para executar um circuito. No artigo que é publicado é feita uma análise técnica e económica sobre o dimensionamento da secção que minimiza os custos de exploração da instalação, tendo como base o regime de carga, o tempo de vida útil da instalação e o período de tempo necessário para que o investimento inicial seja amortizado.

A iluminação pública é responsável por 3% do consumo de energia elétrica em Portugal, tendo havido um crescimento do consumo neste setor entre 2000 e 2011 de cerca de 55%, com uma taxa média de crescimento anual de cerca de 5,1%. No ano de 2011, os custos com a iluminação pública rondaram os 170 M€, sendo que grande parte foram assegurados pelos Municípios. Atendendo ao panorama financeiro delicado de grande parte das autarquias do País, e sabendo que a iluminação pública tem um peso considerável nas despesas anuais de energia elétrica, faz sentido que se concentre aqui um esforço para tornar mais eficientes estas instalações. Nesta edição da revista “Neutro à Terra”, apresenta-se um artigo sobre as tecnologias possíveis de adotar que podem permitir economias diretas nos consumos de energia e/ou levar a um aumento da vida útil das lâmpadas, permitindo uma redução dos custos de manutenção das instalações de iluminação pública.

Nesta edição da revista “Neutro à Terra” pode-se ainda encontrar outros assuntos muito interessantes e atuais, como um artigo que aborda a Tecnologia Fotovoltaica de Película Fina, um artigo muito importante sobre Detecção Automática de Incêndios, um artigo sobre Avaliação do Software Comercial Destinado ao Projeto de Engenharia da Construção e, no âmbito das telecomunicações, um interessante e agradável artigo sobre *Power Over Ethernet*, onde é feita uma resenha histórica sobre a evolução das tecnologias das telecomunicações desde Alexander Bell até aos nossos dias.

No âmbito do tema “Divulgação”, que pretende divulgar os laboratórios do Departamento de Engenharia Eletrotécnica, onde muitas vezes são realizados trabalhos que posteriormente são publicados nesta revista, apresenta-se o Laboratório de Eletromagnetismo – Eng^o Mesquita Guimarães.

Esperando que esta edição da revista “Neutro à Terra” satisfaça novamente as expectativas dos nossos leitores, e desejando a todos um Bom Ano de 2014, apresento os meus cordiais cumprimentos.

Porto, dezembro de 2013

José António Beleza Carvalho

DIAGNÓSTICO REMOTO DE DEFEITOS EM CARGAS ACOPLADAS A UM MOTOR DE INDUÇÃO.

Resumo

A variação do binário de uma carga acoplada ao motor de indução desencadeia uma série de fenómenos internos conducentes a um novo ponto de funcionamento. No caso de um dente partido numa roda dentada de um redutor de velocidade, quando acionada, este tipo de defeito produz um aumento de binário sempre que a zona de defeito é sujeita à ação de engrenamento. Assim, pode afirmar-se que este tipo de defeito produz uma interferência periódica com frequência igual à frequência de rotação da roda dentada que possui o dente partido. Neste artigo apresenta-se uma abordagem teórica dos fenómenos internos do motor de indução na presença de uma interferência periódica da carga mecânica revelando a presença de frequências características na corrente absorvida.

Uma metodologia de diagnóstico remoto, baseada nos parâmetros de alimentação de um motor, que possibilite monitorizar o funcionamento sem uso de sensores dedicados, tem necessariamente de se apoiar nas grandezas elétricas de alimentação da máquina que, direta ou indiretamente, fornecem informação que poderá ser analisada utilizando software de aquisição e processamento de sinal.

Dado que a tensão de alimentação do motor é imposta pela rede, pode aceitar-se que esta não contém informação útil ao diagnóstico, embora o seu valor possa sofrer influência da variação da corrente absorvida pelo motor, através das quedas de tensão que esta produz. Considerando a tensão de alimentação trifásica equilibrada e constante, a corrente elétrica absorvida é, de facto, a única variável direta disponível para análise, mas o seu conhecimento permite determinar um conjunto de variáveis que podem fornecer indicações úteis sobre o estado de funcionamento do próprio motor e da carga associada.

O facto de se tratar de uma máquina trifásica permite dispor de três valores de corrente elétrica de alimentação que contêm informação resultante dos desequilíbrios das indutâncias dos enrolamentos da máquina que são provocados tipicamente por excentricidade ou desalinhamento do rotor ou por avarias, quer nos enrolamentos do estator quer do rotor que podem ser detetados com recurso a diversas técnicas: pela análise da representação do vetor de Park [1], por aplicação da técnica das componentes simétricas [2] e pela análise espectral das correntes [3] com posterior identificação de variações anormais de determinadas componentes espectrais associadas ao funcionamento normal da máquina. O conhecimento das tensões e correntes da máquina permite obter novas variáveis de funcionamento associadas à potência ativa, reativa, fator de potência e ângulo de fase que podem ser analisadas globalmente ou para cada fase e, além disso, também podem ser analisadas a nível bidimensional convertendo as grandezas trifásicas em coordenadas dq por transformação de variáveis. Os defeitos de engrenamento resultantes de dentes partidos nas rodas dentadas de redutores acoplados ao motor de indução produzem variações instantâneas periódicas de binário aplicado ao veio do motor. Quando estas variações correspondem a um aumento de binário da carga a consequência imediata é uma diminuição instantânea da velocidade do rotor, ou seja, um aumento do deslizamento que origina um aumento de corrente elétrica absorvida da rede.

Baseado nos trabalhos desenvolvidos por [4], ir-se-á seguidamente apresentar a análise teórica que revela a presença de frequências características na corrente absorvida por um motor, relativas a um dado defeito mecânico a diagnosticar. Como defeito da carga acionada pelo motor consideremos a situação de engrenamento de um redutor com um dente partido numa roda dentada.

A interferência cíclica resultante deste defeito produz um binário de defeito, T_d , constituído por um sinal periódico que pode ser decomposto numa série de sinusóides (Fourier) (1).

$$T_d(t) = \sum_k T_k \cos(\omega_k t) \quad (1)$$

sendo T_k a amplitude do termo de ordem k e ω_k a respetiva frequência. Considerando apenas o termo fundamental com a frequência característica do defeito, ω_d , resultante de um dente partido, pode obter-se uma expressão para o binário da carga total aplicada ao veio do motor (2).

$$T_{carga}(t) = T_{const} + T_d \cos(\omega_d t) \quad (2)$$

Assim, o binário aplicado ao veio do motor é constituído pela soma de um valor constante T_{const} associado à carga propriamente dita e de um termo correspondente a uma oscilação de binário $T_d \cos(\omega_d t)$ relativa ao defeito. Seguidamente analisar-se-á teoricamente qual é a sua influência na intensidade de corrente absorvida pelo motor. A equação (3) representa o equilíbrio dinâmico da máquina que é uma função da diferença entre os binários eletromagnético e da carga, da qual resulta uma aceleração no caso de existir um diferencial positivo e consequente alteração da velocidade do veio (3).

$$J \frac{d\omega_r}{dt} = T_{em}(t) - T_{carga}(t) = T_{em}(t) - T_{const} - T_d \cos(\omega_d t) \quad (3)$$

sendo J a constante de inércia global do motor e carga, ω_r a velocidade do rotor e T_{em} o binário eletromagnético gerado pelo motor.

Se se considerar que, em regime permanente, num período de tempo suficientemente curto, o binário eletromagnético do motor é constante e com o mesmo valor da componente constante da carga, estas anulam-se, contribuindo apenas a componente das oscilações da carga para introduzir variações da velocidade do rotor (4):

$$\omega_r(t) = -\frac{1}{J} \int T_d \cos(\omega_d t) dt = \omega_{r0} - \frac{T_d}{J\omega_d} \sin(\omega_d t) \quad (4)$$

A leitura da equação (4) confirma que um aumento do binário de defeito T_d conduz a uma diminuição de velocidade do rotor ω_r relativamente à sua velocidade em regime estacionário ω_{r0} .

Qualquer interferência na velocidade de rotação do rotor tem uma influência direta na frequência e no valor das tensões induzidas neste, as quais originam as correntes nos próprios enrolamentos e, conseqüentemente, estas correntes ao circularem produzem a força magnetomotriz do rotor que gira relativamente ao próprio rotor a uma velocidade dependente da frequência das correntes induzidas. Em rigor, a variação de velocidade do rotor produz variação na frequência das correntes induzidas e por conseguinte variação do valor da reatância ωL dos enrolamentos do rotor, variando o atraso da corrente relativamente à tensão induzida e conseqüentemente alterando também o ângulo de fase da força magnetomotriz do rotor FMM. Como os enrolamentos do rotor têm um número reduzido de espiras, o seu coeficiente de autoindução é pequeno e, por conseguinte, a variação da frequência das correntes no rotor produz uma variação do desfasamento desprezável. Tendo isso em atenção e dado se considerar ser pequena a amplitude de variação de velocidade do rotor, desprezar-se-á a variação de desfasamento entre a corrente e a tensão induzida do rotor e, assim, considerar-se-á constante o desfasamento da FMM do rotor que resulta da soma dos campos magnéticos produzidos no rotor que estão em quadratura com as respetivas correntes.

Quando o movimento de oscilação do rotor se dá em sentido contrário ao da rotação deste, produz-se uma diminuição da velocidade, ou seja, um atraso do rotor, logo surge um aumento de tensão induzida nos enrolamentos do rotor, dado aumentar a taxa de variação do fluxo nas respetivas espiras, produzindo um aumento de corrente e conseqüente aumento da FMM do rotor. Do mesmo modo, quando a oscilação conduz a um aumento de velocidade do rotor, a tensão induzida neste diminui, diminuindo a corrente e respetiva FMM.

Sintetizando, oscilações do binário da carga produzem variações de velocidade das quais resultam variações de amplitude da FMM produzida pelos enrolamentos do rotor.

A força magnetomotriz do rotor, F_r' , em situação normal pode ser expressa em função do número de pares de polos e da frequência das correntes do rotor pela equação (5) relativa ao referencial do rotor.

$$F_r'(\theta', t) = F_r \cos(s\omega_s t - p\theta') \quad (5)$$

em que s representa o deslizamento, p o número de pares de pólos, θ' o ângulo de rotação do vetor força magnetomotriz relativamente ao rotor e F_r o valor máximo da FMM do rotor. Os harmónicos de baixa amplitude resultantes da imperfeição do sistema não serão considerados nesta análise.

A força magnetomotriz do rotor, F_r , referida ao estator (6) pode ser obtida a partir da expressão (5) por substituição das variáveis $\theta = \theta' + \theta_r$, em que θ_r representa o ângulo de desfasamento do rotor relativamente ao estator e θ a posição angular do campo magnético girante produzido pelos enrolamentos do estator (6).

$$F_r(\theta, t) = F_r \cos(\omega_s t - p\theta) \quad (6)$$

Como se referiu anteriormente, quando o rotor sofre uma diminuição de velocidade, as tensões nele induzidas aumentam, aumentando as próprias correntes que por sua vez conduzem a um aumento da força magnetomotriz produzida por estes enrolamentos. No caso de um aumento de velocidade verifica-se o caso inverso.

Esta variação de amplitude da FMM do rotor, resultante da oscilação do binário de defeito de frequência ω_d , pode ser incorporada na equação (6) obtendo-se uma nova expressão para a força magnetomotriz do rotor (7).

$$F_r(\theta, t) = F_r [1 + k \cos(\omega_d t - \varphi_d)] \cdot \cos(\omega_s t - p\theta) \quad (7)$$

sendo k uma constante que representa a influência da oscilação de velocidade na variação de amplitude da força magnetomotriz do rotor e φ_d o desfasamento do defeito relativamente à origem angular.

Assim, esta expressão inclui o efeito da variação de binário aplicado ao rotor que se reflete numa modulação em amplitude da força magnetomotriz deste. Considerando a simplificação teórica de que pequenas oscilações do rotor não produzem efeito significativo na FFM do estator, esta última, em regime estacionário, pode representar-se pela equação seguinte (8).

$$F_s(\theta, t) = F_s \cos(\omega_s t - p\theta - \varphi_s) \quad (8)$$

sendo φ_s o desfasamento entre as FMM do estator e do rotor que se assumiu ser constante. Também neste caso, para simplificação, não se consideraram os harmónicos de tempo e espaço resultantes de imperfeições do sistema.

Supondo a relutância do circuito magnético \mathcal{R} constante e desprezando a influência das ranhuras e da não linearidade do entreferro, pode calcular-se a densidade do campo magnético B em função das FMM do rotor e do estator (9).

$$B(\theta, t) = \frac{F_s(\theta, t) + F_r(\theta, t)}{\mathcal{R}} \quad (9)$$

$$= B_s \cos(\omega_s t - p\theta - \varphi_s) + B_r [1 + k \cos(\omega_d t - \varphi_d)] \cdot \cos(\omega_s t - p\theta)$$

$$= B_s \cos(\omega_s t - p\theta - \varphi_s) + B_r \cos(\omega_s t - p\theta) + kB_r \cos(\omega_d t - \varphi_d) \cdot \cos(\omega_s t - p\theta)$$

$$= B_s \cos(\omega_s t - p\theta - \varphi_s) + B_r \cos(\omega_s t - p\theta) + \frac{kB_r}{2} \cos((\omega_s - \omega_d)t - \varphi_d - p\theta) + \frac{kB_r}{2} \cos((\omega_s + \omega_d)t - \varphi_d - p\theta)$$

sendo B_s , B_r os valores máximos da densidade do campo magnético do estator e do rotor.

A expressão anterior pode simplificar-se, se se tiver em conta que as componentes fundamentais dos campos magnéticos do estator e do rotor giram à mesma velocidade

e se somam vectorialmente resultando a expressão (10) em que B_{s1} representa o valor máximo correspondente e φ_{s1} o desfasamento resultante.

$$B(\theta, t) = B_{s1} \cos(\omega_s t - p\theta - \varphi_{s1}) + \frac{kB_r}{2} \cos((\omega_s - \omega_d)t - \varphi_d + p\theta) + \frac{kB_r}{2} \cos((\omega_s + \omega_d)t - \varphi_d - p\theta) \quad (10)$$

O fluxo de ligação pode ser obtido pelo integral da densidade do campo magnético $B(\theta, t)$ pela superfície do circuito magnético dos enrolamentos do motor. A estrutura dos enrolamentos tem apenas influência direta na amplitude

das componentes harmónicas e não altera o valor das próprias frequências. Tendo isso em consideração, partindo da expressão (10) pode obter-se uma expressão genérica (11) para o fluxo de ligação de uma dada fase.

$$\Phi(t) = \Phi_s \cos(\omega_s t - \varphi_s) + \frac{\Phi_r}{2} \cos((\omega_s - \omega_d)t + \varphi_d) + \frac{\Phi_r}{2} \cos((\omega_s + \omega_d)t - \varphi_d) \quad (11)$$

em que Φ_s e Φ_r são constantes.

A corrente absorvida pelo motor está relacionada com o fluxo de ligação através da expressão (12).

Calculando a derivada da equação (11) relativa ao fluxo de ligação obtém-se a equação (13).

$$v(t) - R_s i_s(t) = \frac{d\Phi(t)}{dt} \quad (12)$$

$$\frac{d\Phi(t)}{dt} = -\omega_s \Phi_s \operatorname{sen}(\omega_s t - \varphi_s) - (\omega_s - \omega_d) \frac{\Phi_r}{2} \operatorname{sen}((\omega_s - \omega_d)t + \varphi_d) - (\omega_s + \omega_d) \frac{\Phi_r}{2} \operatorname{sen}((\omega_s + \omega_d)t - \varphi_d) \quad (13)$$

Considerando a tensão da fonte $v(t)$ constante na equação (12), verifica-se existir uma relação linear entre a derivada do fluxo de ligação e a corrente absorvida pelo motor $i_s(t)$ conservando-se o respetivo conteúdo harmónico. Tendo isso em atenção, a partir da expressão (13) obtém-se a equação genérica para a corrente absorvida pelo motor (14).

sendo φ_s o desfasamento entre a componente fundamental da corrente I_s e as componentes de defeito I_d que se podem considerar constantes durante um período de tempo suficientemente curto em que a carga média se pode considerar invariável.

$$i_s(t) = I_s \operatorname{sen}(\omega_s t - \varphi_s) + \frac{I_d}{2} \operatorname{sen}((\omega_s - \omega_d)t + \varphi_d) + \frac{I_d}{2} \operatorname{sen}((\omega_s + \omega_d)t - \varphi_d) \quad (14)$$

Dado que φ_s representa o desfasamento na origem entre a componente fundamental e as bandas laterais correspondentes à existência de defeito, se se considerar a

origem das fases coincidente com a componente fundamental, este desfasamento passará para as bandas laterais (15) em que $\varphi_{d1} = \varphi_d + \varphi_s$.

$$i_s(t) = I_s \operatorname{sen}(\omega_s t) + \frac{I_d}{2} \operatorname{sen}((\omega_s - \omega_d)t + \varphi_{d1}) + \frac{I_d}{2} \operatorname{sen}((\omega_s + \omega_d)t - \varphi_{d1}) \quad (15)$$

Tendo em atenção que, em corrente alternada, a origem das fases é normalmente atribuída à tensão da fonte, a corrente absorvida pelo motor de indução está atrasada,

relativamente à tensão, de um ângulo φ correspondente ao fator de potência, resultando uma nova expressão para a corrente em que $\varphi_{d2} = \varphi_{d1} + \varphi$ (16).

$$i_s(t) = I_s \text{sen}(\omega_s t - \varphi) + \frac{I_d}{2} \text{sen}((\omega_s - \omega_d)t + \varphi_{d2}) + \frac{I_d}{2} \text{sen}((\omega_s + \omega_d)t - \varphi_{d2}) \quad (16)$$

Obtém-se, assim, uma expressão para a corrente elétrica composta por três componentes: uma é relativa à componente fundamental correspondente ao regime estacionário e as outras duas são consequência da oscilação de binário da carga. Estas duas componentes surgem no espectro das frequências como duas bandas laterais igualmente espaçadas de f_d da componente fundamental de frequência f_s .

Pode então concluir-se que, de facto, a análise espectral da intensidade de corrente absorvida pelo motor de indução permite identificar a presença de frequências que podem ter origem em defeitos provenientes da carga mecânica acionada por um motor de indução.

Referências

- [1] Cardoso, A. J. M., "Diagnóstico e análise da ocorrência de excentricidade estática em motores de indução trifásicos, através da aplicação da Transformada Complexa Espacial (Vetor de Park)", Dissertação de Doutoramento, Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, 1995.
- [2] Wu, L., "Separating load torque oscillations and rotor faults in stator current based-induction motor condition monitoring," Ph.D. Thesis, School of Electrical and Computer Engineering, Georgia Institute of Technology, U. S. A., 2007.
- [3] Attia, H. B., "Detection et localisation de defaults mécaniques d'un entrainement électrique à vitesse variable", Ph.D. dissertation, Institut National Polytechnique de Toulouse, France, 2003.

- [4] Flores, A. Q., "Utilização do Motor de Indução no Diagnóstico de Avarias em Cargas Acopladas", Dissertação de Doutoramento, Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, 2013.



Cursos de Pós-Graduações de Curta Duração

O Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, disponibiliza um conjunto de cursos de especialização de curta-duração destinados fundamentalmente aos alunos de cursos de engenharia, bacharéis, licenciados e mestres recém-formados na área da Engenharia Eletrotécnica e/ou Engenharia Eletrónica, assim como quadros no ativo que pretendam atualizar conhecimentos ou adquirirem competências em áreas transversais da Engenharia Eletrotécnica.

Os cursos terão uma duração variável entre as 8 e as 16 horas, funcionarão à sexta-feira em horário pós-laboral, ou preferencialmente ao sábado de manhã. O requisito mínimo para frequentar estes cursos será o 12º ano completo, sendo recomendada a frequência de uma licenciatura ou mestrado em Engenharia Eletrotécnica e/ou Engenharia Eletrónica.

- Dispositivos Lógicos Programáveis (FPGAs)
- Máquinas Elétricas Assíncronas de Indução
- Eficiência Energética na Iluminação Pública
- Máquinas Elétricas Síncronas de Corrente Alternada
- Instrumentação e Medidas Elétricas
- Projeto ITED de uma Moradia Unifamiliar
- Máquinas Elétricas - Transformadores
- Projeto de Redes de Terra em Instalações de Baixa Tensão
- Máquinas Elétricas de Corrente Contínua
- Verificação, Manutenção e Exploração Instalações Elétricas de Baixa Tensão

Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 471, 4200 - 072 Porto
Telefone: +351 228340500 Fax: +351 228321159

www.dee.isep.ipp.pt



A TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA DE PELÍCULA FINA.

AFINAL COMO ESTAMOS?

1. Introdução

Todos nós estamos familiarizados com os painéis fotovoltaicos comuns, os *silicon wafer-based* (“bolacha/pastilha” de silício), que possuem atualmente uma quota superior a 80% [1-3] no mercado solar fotovoltaico.

Desde o seu “aparecimento” em 1950, foram realizados avanços em diferentes vertentes, como a eficiência, durabilidade, custos e tecnologias de produção [2, 4, 5], sendo que no início deste século se começaram a desenvolver e a criar expectativas positivas crescentes acerca do que se designa de células fotovoltaicas de película fina ou TFPC (*thin film photovoltaic cells*). Certamente, já todos ouvimos notícias nos últimos anos do seu desenvolvimento e de aplicações variadas (vestuário, fachadas, etc), pelo que este artigo visa elucidar o leitor acerca do que são, do seu grau de investigação e desenvolvimento (I&D) e da posição no mercado atual e futura.

2. Células fotovoltaicas de película fina

Atualmente estamos perante o início da era dos *plastic electronics*, onde os componentes eletrónicos são concebidos para serem cada vez mais flexíveis, sendo ainda possível imprimir diversos circuitos e dispositivos em substratos flexíveis [5]. Partindo deste ponto, na área da energia têm-se destacado a evolução de diversas tecnologias de TFPC (Figura 1), que apresentam em relação à tecnologia tradicional baseada em silício, as seguintes vantagens principais gerais [1, 5, 6]:

- menor consumo de matéria-prima, energia embebida e menor pegada ecológica;
- redução e automatização das etapas de fabrico, incluindo a impressão direta das células no painel durante o fabrico, com redução dos custos de produção associados;

- módulos leves, finos e flexíveis, o que permite a sua integração e aplicação numa grande variedade de superfícies.

Em relação à última vantagem apresentada, ilustram-se dois exemplos de aplicação das TFPC – Figuras 2 e 3.

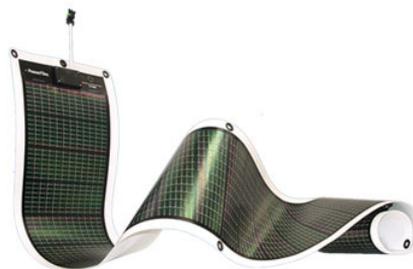


Figura 1 - Painel de TFPC (inorgânico), em cima, em contraponto com o tradicional *wafer based*, em baixo [5]



Figura 2 - Integração de painéis de TFPC (inorgânico) em edifícios, nomeadamente nas janelas - Edifício *Schott Iberica*, Barcelona [5]



Figura 3 - Integração de painéis de TFPC (orgânico) num barco à vela em Itália [5]

As TFPC, embora possam assumir aspetos visualmente semelhantes, podem-se dividir nos seguintes três tipos de células, de acordo com a sua natureza construtiva [1, 5, 6]:

- inorgânicas;
- orgânicas;
- híbridas.

2.1 Células inorgânicas

As TFPC inorgânicas, em termos práticos as únicas TFPC no mercado comercial atual, têm a particularidade de todas as suas camadas serem constituídas por materiais inorgânicos (Figura 4) [2, 5].

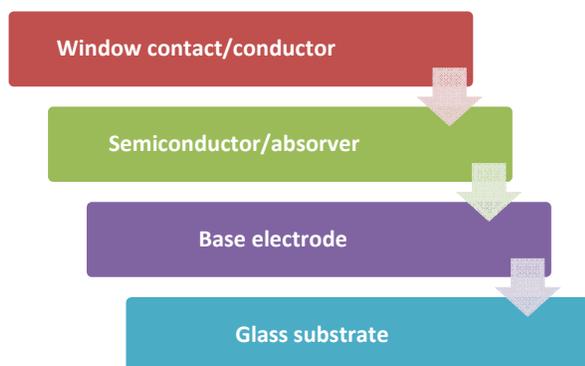


Figura 4 - Estrutura básica de uma célula de película fina [5]

Atualmente, no mercado das TFPC inorgânicas existem quatro tipos de tecnologias principais, apresentadas na Figura 5 por ordem crescente de eficiência de conversão (em laboratório) registada na bibliografia (dados de 2013).



Figura 5 - Ranking de eficiência das tecnologias inorgânicas (laboratório) [1, 7, 8]

O principal desafio para as células a-Si (Silício Amorfo) de película fina assenta no custo/Wp, devido ao seu processo construtivo dispendioso e a uma eficiência média relativamente baixa [2, 5].

A TFPC de CIS consiste num semi-condutor de Cobre-Índio-Selénio e mostra-se como uma alternativa ao uso do silício das células fotovoltaicas habituais [5, 7]. Tem a vantagem em relação ao TFPC de a-Si, de ser bastante mais simples de fabricar e possuir um rendimento de conversão superior [5, 7]. Neste momento o processo produtivo inclui o método de *roll-to-roll* (um tipo de impressão eletrónica direta) tornando o processo mais eficiente e dando mais um passo para a hipótese de produção em série [5].

As células de CIGS são constituídas pelos mesmos elementos das CIS mas com a particularidade de o índio formar uma liga com o gálio o que permite obter melhores desempenhos [5]. De facto, as células CIGS (Cobre-Índio-Gálio-Selénio) de película fina bem como as de CdTe (Cádmio-Telúrio) assumem-se como as tecnologias de TFPC com melhores desempenhos a nível de eficiência e de conceção [1, 7, 8]. Em 2007, a Nanosolar desenvolveu uma tinta nano-estruturada, permitindo a produção em série utilizando o método de impressão *roll-to-roll* [7]. A principal desvantagem continua a ser o uso de elementos não abundantes (Índio, Gálio ou Telúrio) ou tóxicos no processo construtivo (no caso do Cádmio, embora o risco de contaminação seja mínimo durante o tempo de vida útil, a eliminação e reciclagem do painel é perigosa e dispendiosa) [1, 2, 9].

A vida útil destas células é habitualmente estimada em pelo menos 10 anos, sendo a sua reciclagem posterior dependente do tipo de semiconductor utilizado – se inclui elementos tóxicos ou não [1, 9].

2.2 Células orgânicas

As células solares fotovoltaicas orgânicas (OPV) usam materiais que minimizam o processo de fotossíntese, utilizando moléculas de dimensão elevada, à base de carbono (polímeros) para “colher” a luz solar - processo muito diferente do utilizado nos semicondutores [10].

As OPV, que têm ganho relevo nos campos de I&D (Figura 6), visam reduzir drasticamente o problema geral da afetação da eficiência pela temperatura nas células solares, bem como permitir a fabricação por impressão, que quando em larga escala, permitirão um preço/Wp inferior às TFPC inorgânicas [10, 11].

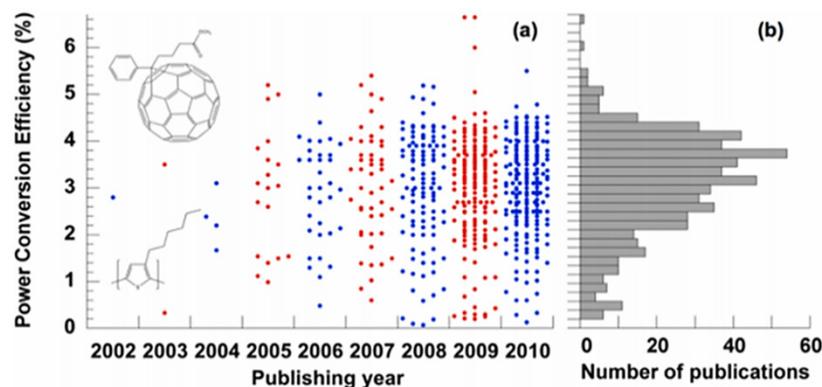


Figura 6 - Distribuição das publicações até 2010 sobre células OPV e a eficiência de conversão reportada. Adaptado de [11]

Contudo, os OPV apresentam limitações e/ou desvantagens técnicas atuais que se podem considerar significativas, embora como ilustrado anteriormente se tenha verificado uma evolução geral, fruto da aposta na I&D [10, 11]:

- ao contrário dos outros tipos de TFPC, as OPVs são estruturas mais complexas, pela exigência de ter vários materiais e camadas que devem ser integrados para permitir a função da célula;

- as eficiências situam-se geralmente abaixo dos 8%, tendo no entanto a *Heliatek* relatado em 2013 [12] o alcance em laboratório de 12% e Gan et al. e Gélinas et al. [13] publicado resultados promissores (eficiência) através da manipulação do spin dos átomos de carbono e introdução de nanoestruturas.
- aliada à baixa eficiência de conversão, o desempenho cai drasticamente após a exposição à humidade e oxigénio (baixa estabilidade). Assim, o dispositivo necessita de ser completamente selado em embalagens de vidro sólido para um prolongamento da vida útil de 2 a 3 anos para aproximadamente 10 anos (o que implica a adição de custos e a perda de flexibilidade – uma vantagem essencial) [14].

2.3 Células Híbridas

As células solares híbridas, ainda numa fase relativamente precoce de I&D, surgem com intuito de aproveitar e combinar as vantagens dos semicondutores inorgânicos e orgânicos [5]. Ou seja, aproveitar a facilidade de absorção de luz e o potencial baixo custo dos materiais orgânicos, bem como a capacidade de transporte de eletrões e a estabilidade dos materiais inorgânicos.

Embora as células híbridas pertençam a um grupo de tecnologias emergentes, começam já a mostrar provas das expectativas criadas sobre elas, tendo já sido desenvolvida células híbridas com uma eficiência superior a 15% (laboratório), com base no semiconductor *perovskites*, como revela um estudo publicado na revista *Nature* [15].

Ainda revelam no entanto problemas graves a resolver, como a baixa estabilidade, a relativa baixa eficiência e o elevado custo dos polímeros a utilizar (o custo global atual é maior que o das células inorgânicas e orgânicas) [5, 15].

3. Posição e Evolução no Mercado

No que diz respeito à capacidade de produção de TFPC, a Europa tem desempenhado um papel importante (20%), realçando-se a contribuição da Alemanha, principalmente nas tecnologias CIGS e CdTe [3]. Segue-se os EUA com uma quota de 12%, enquanto a China mantém um perfil relativamente discreto, com uma baixa capacidade de produção e vendas [3]. A região APAC, muito devido ao Japão e Malásia, assumem-se como a maior região produtora - 60% do total em 2012 (Figura 7) [3].

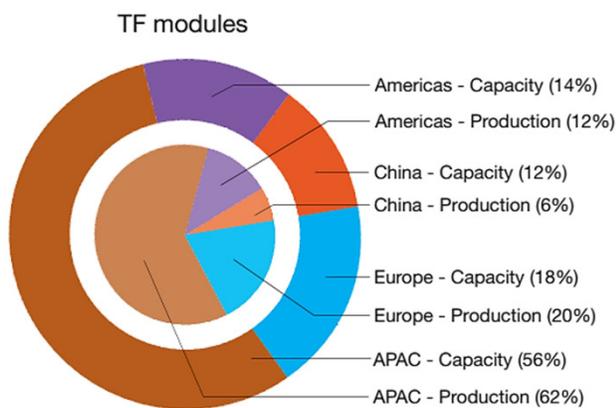


Figura 7 - Capacidade de e produção a nível mundial de TFPC em 2012 [3]. APAC - Asia Pacific Region

De acordo com a IHS Solar, o nível de capacidade de produção fotovoltaica mundial atingiu os 56,5 GW em 2012, esperando-se atingir em 2017 os 75 GW [3]. Prevê-se que a tecnologia predominante c-Si (*silicon wafer-based*) mantenha a sua quota de mercado em níveis de cerca de 80% (linha azul na Figura 8) [1-3], principalmente devido à maturidade da tecnologia, bem como à grande capacidade de produção (a custos cada vez mais reduzidos) existente e crescente na China e países da APAC que favorecem este tipo de tecnologia na produção e no mercado.

De facto, depois das enormes expectativas de crescimento das tecnologias de TFPC de alguns anos atrás, o custo de produção do c-Si diminuiu [16], competindo neste aspeto com as TFPC.

A melhoria de eficiência de conversão nas tradicionais *silicon wafer-based* tem aumentado o fosso neste aspeto relativamente às TFPC, limitando fortemente a taxa de penetração no mercado destas últimas.

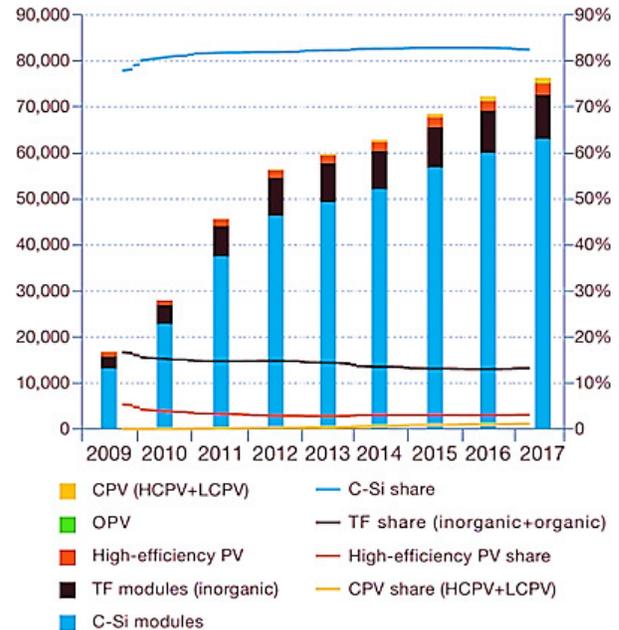


Figura 8 - Evolução do mercado até 2012 e previsão de evolução até 2017 ao nível das diferentes tecnologias fotovoltaicas [3]

Têm surgido algumas preocupações relativas ao futuro próximo dos TFPC, sendo disso exemplos as aquisições a preço de saldo e falências de empresas, algumas delas *start-ups* e pioneiras na área. Por exemplo a Miasole, baseada em Silicon Valley, foi comprada em 2012 pela chinesa Hanergy por 10 vezes menos do que o valor aplicado por capitais de risco, tendo a falência de empresas pioneiras no ramo atingindo a Solyndra (baseada na Califórnia) – empresa já de média dimensão [16, 17].

As justificações, segundo analistas, relacionam-se com a produção em grande escala dos painéis tradicionais (*waffer-based*), que permitem baixar os custos de produção (fabricantes chineses indicam o alcance do custo de €0.5/Wp já em 2013 [11, 17], devido a novas técnicas de corte a diamante, aumento da automatização dos processos e produção em massa), e dificultam ao mesmo tempo a taxa de penetração no mercado dos filmes solares finos.

Segundo Jenny Chase [17], administradora da *Solar Insight Team da Bloomberg New Energy Finance*, as tecnologias de TFPC estão a demorar muito tempo a serem produzidas em maior escala e a reduzir os custos de produção por Wp, limitando-se assim a nichos de mercado específicos [17]. Realça-se ainda, segundo Chase, também a incapacidade de marketing, distribuição e comercialização efetiva mundial a nível do mercado principal onde os painéis *wafer-based* dominam e já são produzidos em excesso face à procura atual [17].

Mesmo assim, as TFPC apresentam-se como promissoras, e segundo Travis Bradford, o facto de até em termos de investimento de uma central de produção em massa (1GWp) de filmes solares finos custar entre €258M a €332M [11], metade da convencional de produção dos *silicon wafer-based*, pode ajudar, aliado ao facto de agora muitas das *start-ups* estarem integradas em empresas de grande dimensão económica e alcance global, ao reaparecimento em força destas tecnologias de filmes solares finos, nomeadamente aquando da melhoria dos mercados [18].

Realça-se ainda, que apesar das desvantagens dos OPV, algumas empresas, como a IDTechEX, acreditam no futuro da tecnologia, principalmente no que respeita ao uso em nichos de mercado num futuro próximo [17, 18].

Reforçando esta ideia, a Mitsubishi, numa parceria com o *National Institute of Advanced Industrial Science & Technology* e a *Tokki Corporation*, espera o lançamento do seu módulo OPV em 2014, apresentando-o desde já como um produto expectavelmente viável do ponto de vista ambiental e financeiro [19].

4. Conclusão

O facto de os custos atuais de produção de painéis tradicionais atingirem mínimos históricos, nomeadamente no que diz respeito aos fabricantes chineses, aliado à saturação do mercado, minoram a taxa de crescimento no mercado dos painéis solares de filmes finos.

Na opinião dos autores, a não ser que as grandes empresas produtoras de tecnologia fotovoltaica encarem com preferência progressiva as tecnologias respeitantes às TFPC face à tradicional, estas últimas não irão conseguir aumentar nos próximos anos a quota de mercado de forma significativa, restringindo-se a aplicações específicas em que se requer flexibilidade ou aplicação em superfícies não possíveis para os tradicionais *wafer-based*.

5. Bibliografia

1. SERIS. Solar cell technologies – present and future. 2011 10-10-2013]; Available from:

http://www.seris.sg/Upload/Item/Presentation/Presentation%202011/pdf_Lu_Japan_photonic_oct2010-data.pdf.
2. Hoffmann, W. and T. Pellkofer, Thin films in photovoltaics: Technologies and perspectives. *Thin Solid Films*, 2012. 520(12): p. 4094-4100.
3. Masson, G., et al., *Global Market Outlook*, 2013.
4. Green, M.A., Third generation photovoltaics: solar cells for 2020 and beyond. *Physica E-Low-Dimensional Systems & Nanostructures*, 2002. 14(1-2): p. 65-70.
5. Pagliaro, M., G. Palmisano, and R. Ciriminna, *Flexible Solar Cells*. 2008: Wiley.
6. GIFFORD, J. A thin film frontier. 2011 14-09-2013]; Available from:

http://www.pvmagazine.com/archive/articles/beitrag/a-thinfilmmfrontier_100004102/86/?tx_ttnews%5BbackCat%5D=174&cHash=dd2884118f39454bcf75d0044489cdcf#a xzz2gmV4eTDc.
7. GIFFORD, J. Solar Frontier achieves CIGS "cells" at 19.7%. 2013 26-10-2013]; Available from:

http://www.pvmagazine.com/news/details/beitrag/solar-frontier-achieves-cigs-cells-at-197_100009746/#axzz2HZvLPps2.

8. NREL. Best Research-Cell Efficiencies. 2012 13-10-2013]; Available from:

http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg.
9. Eisenberg, D.A., et al., Comparative alternative materials assessment to screen toxicity hazards in the life cycle of CIGS thin film photovoltaics. *Journal of Hazardous Materials*, 2013. 260(0): p. 534-542.
10. Kim, M.-S., Understanding Organic Photovoltaic Cells: Electrode, Nanostructure, Reliability, and Performance, in *Materials Science and Engineering 2009*, University of Michigan. p. 130.
11. Leber, J. A Solar Startup that Isn't Afraid of Solyndra's Ghost. 2012; Available from:

<http://www.technologyreview.com/news/429347/a-solar-startup-that-isnt-afraid-of-solyndras-ghost/>.
12. Heliatek. Heliatek consolidates its technology leadership by establishing a new world record for organic solar technology with a cell efficiency of 12%. 2013 24-10-2013]; Available from:

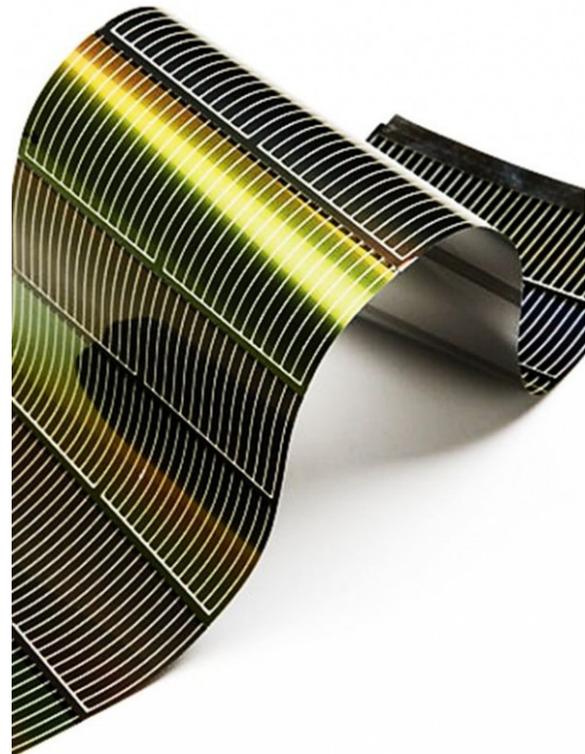
http://www.heliatek.com/newscenter/latest_news/neuer-weltrekord-fur-organische-solarzellen-heliatek-behauptet-sich-mit-12-zelleffizienz-als-technologiefuehrer/?lang=en.
13. Fusion, D. Organic Solar Cells: Electron Spin Control Shows Promise. 2013 08-10-2013]; Available from:

<http://www.solarfeeds.com/organic-solar-cells-electron-spin-control-shows-promise/>
14. Luber, E.J. and J.M. Buriak, Reporting Performance in Organic Photovoltaic Devices. *ACS Nano*, 2013. 7(6): p. 4708-4714.
15. Liu, M., M. Johnston, and H. Snath, Efficient planar heterojunction perovskite solar cells by vapour deposition. *Nature*, 2013. 501(7467).
16. Rinaldi, N. Solar PV Module Costs to Fall to 36 Cents per Watt by 2017. 2013 12-09-13]; Available from:

<http://www.greentechmedia.com/articles/read/solar-pv-module-costs-to-fall-to-36-cents-per-watt>.
17. Bullis, K. Is Thin-Film Solar Dead? 2012 08-10-2013]; Available from:

<http://www.technologyreview.com/news/429497/is-thin-film-solar-dead/>
18. Mints, P. The commercialization of thin film technologies: Past, present and future. in *Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 2010 35th IEEE*. 2010.
19. Whytock, P. Organic Photovoltaics: A Bright Idea That Needs More Blue-Sky Thinking. 2013 14-10-2013]; Available from:

<http://electronicdesign.com/blog/organic-photovoltaics-bright-idea-needs-more-blue-sky-thinking>.



ENERGY STORAGE SYSTEMS

(SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA)

1. Sistemas de Armazenamento de Energia

O armazenamento de energia pode ser efetuado sobre cinco categorias, designadamente, elétrica, eletromecânica, mecânica, térmica e química. Contudo, o assunto aqui debatido é sobre meios de armazenamento de energia elétrica, sendo que o armazenamento de eletricidade é usualmente efetuado recorrendo a outros géneros de energia, tais como, química, mecânica, térmica ou, até, em energia potencial. [1].

Há nos dias de hoje uma crescente preocupação na forma como é gerido o setor elétrico, uma vez que este implica um elevado impacto ambiental. Neste sentido tem havido algumas alterações, nomeadamente, no que diz respeito à produção de energia elétrica. A utilização de energias renováveis estão cada vez mais presentes na produção de eletricidade (Figura 1), pois permitem diminuir de forma indireta a utilização dos combustíveis fósseis, sendo esta a principal vantagem face às centrais de produção convencionais.

Em contrapartida, as energias renováveis conduzem a problemas de imprevisibilidade, devido ao facto de este tipo de produção estar dependente das condições climáticas, época do ano e da hora do dia, por exemplo, a geração de energia eólica está condicionada pela presença ou não do vento com determinadas características [1] [2].

No setor elétrico é muito importante manter o equilíbrio entre a produção e o consumo, como tal, os sistemas de armazenamento de energia elétrica, designado por *energy storage systems* (ESS) na literatura anglo-saxónica, podem ser usados para contribuir para esse equilíbrio. Como tal, estes sistemas permitem atenuar o problema da intermitência de produção, que é uma lacuna das energias renováveis [1] [3].

Deste modo, o uso dos ESS's permitem uma maior racionalidade tanto nos recursos energéticos como a nível económico, pois a produção de energia elétrica traduzem custos avultados. Assim, reforça-se a necessidade de incorporar os ESS's na rede elétrica de energia.

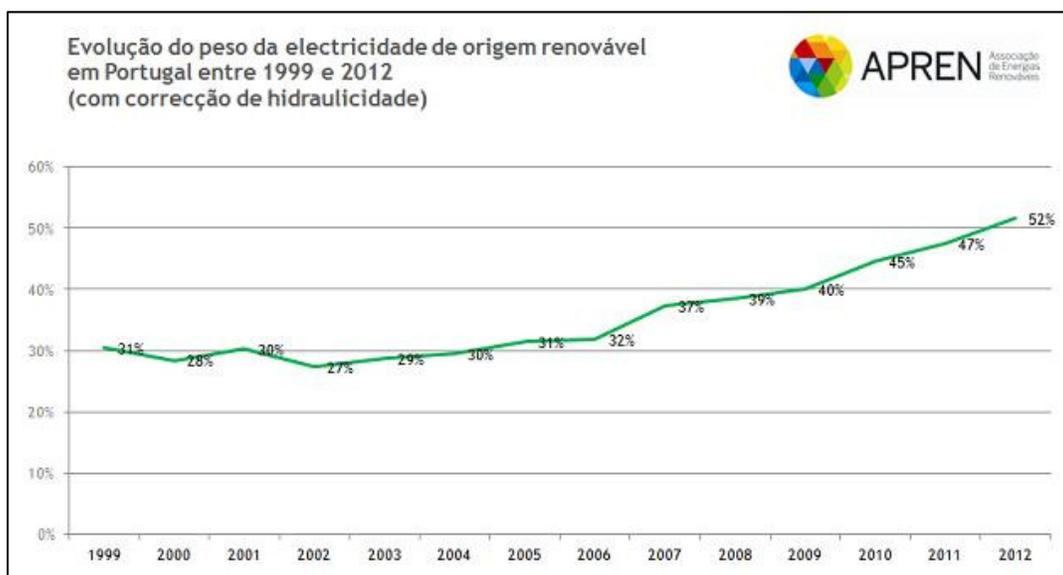


Figura 1 - Evolução do peso da eletricidade de origem renovável em Portugal entre 1999 e 2012 [2]

Os ESS's, quando integrados num sistema elétrico, são unidades cuja utilização é destinada a duas funções, ou seja, podem funcionar como “carga”, caso estejam a armazenar energia elétrica, ou podem funcionar como “gerador” nos períodos em que estes estão a descarregar energia elétrica para a rede.

Essencialmente, um ESS armazena energia quando há excesso de produção em relação à procura num determinado momento, permitindo assim, diminuir o desperdício de energia elétrica. Com a possibilidade de reserva de energia consegue-se diminuir o dispêndio de recursos naturais na geração da mesma, nomeadamente, redução de combustíveis fósseis [2] [3].

Este artigo pretende salienta a importância dos ESS's em aproveitar a energia produzida em excesso, e assim ter a possibilidade de a utilizar numa fase posterior de maior necessidade energética ou, caso seja mais vantajoso, vendê-la.

2. Características dos ESS's

Segundo [4], um ESS é constituído por quatro principais componentes como pode ser observado na Figura 2.

Verifica-se, portanto, que os quatro componentes correspondem aos sistemas de carregamento e de descarregamento, ao processo de monitorização e controlo, e claro, aos próprios mecanismos de armazenamento.

Posteriormente, o ESS deve-se encontrar interligado com a rede elétrica de modo a ocorrer as devidas trocas de energia.

O elemento designado por “Mecanismo de Armazenamento” corresponde ao próprio meio de armazenamento, e como tal, estabelece os limites da capacidade de armazenar energia do sistema. Como já foi referido anteriormente, existem diversas tecnologias de armazenamento, que posteriormente serão descritas no ponto 4.

Outro elemento presente no sistema de armazenamento é o “Sistema de Carregamento”, que tem a função de converter a energia proveniente do sistema num outro tipo de energia (caso necessário), de modo a que esta possa ser armazenada. Para além deste equipamento, no ESS está também presente o “Sistema de Descarregamento”, com funções contrárias às do anterior, ou seja, este equipamento permite pegar na energia armazenada e convertê-la de forma a poder ser utilizada na rede.

Por exemplo, na Figura 3 pode-se ver um processo de armazenagem de energia térmica, que quando necessária pode ser transformada em energia elétrica.

Por último, há o “Sistema de Controlo”, que por sua vez, consiste em dois subsistemas. O primeiro corresponde à fase de monitorizar e controlar o equipamento em si e o segundo diz respeito ao sistema de controlo do sistema de armazenamento.

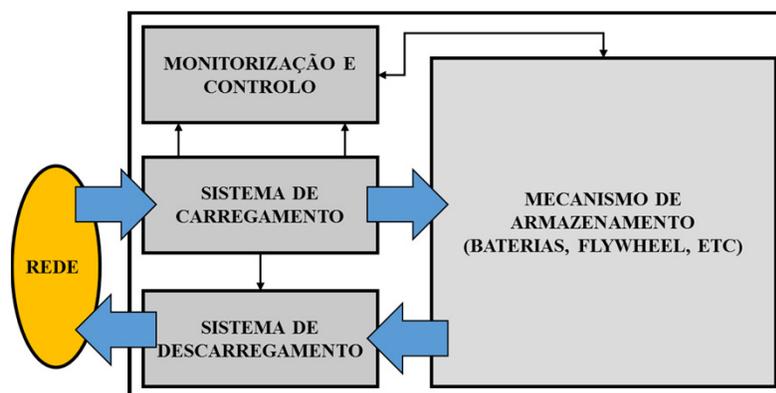


Figura 2 - Princípio básico do funcionamento de um ESS – adaptado de [4]

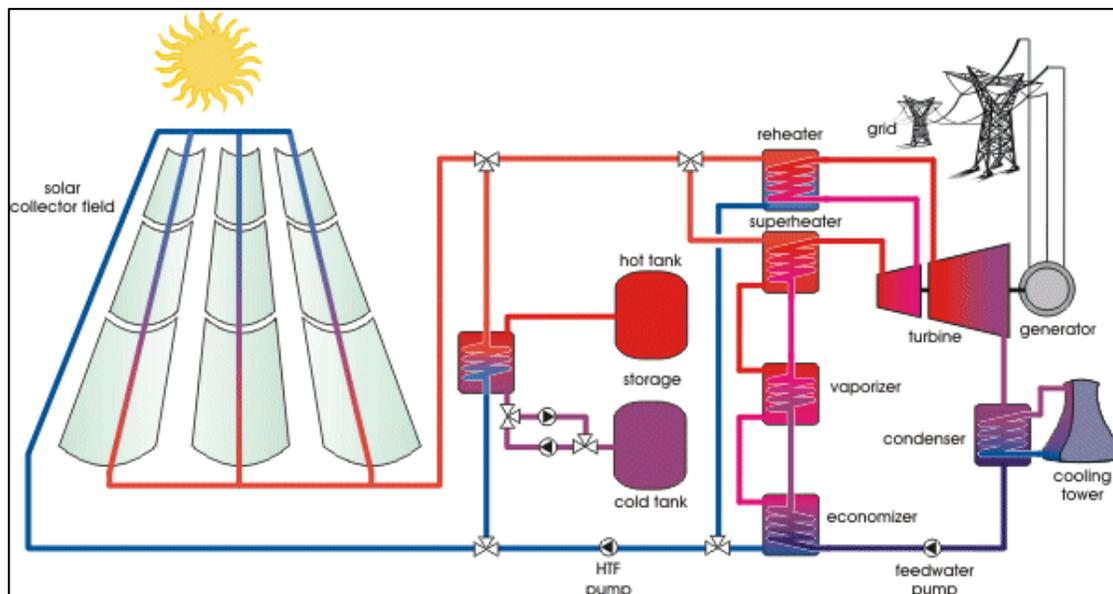


Figura 3 – Esquema de um armazenamento de energia térmica através do uso da energia solar [5]

Isto é, por exemplo, de uma forma geral a tecnologia de armazenamento *flywheels*, armazena energia utilizando um aceleração no rotor (*flywheel*) atingindo velocidades muito altas, o que permite conservar energia no sistema como energia rotacional. Em suma, quando a *flywheel* está descarregar energia o motor inverte o seu campo, passando a funcionar como gerador. Nesta situação a velocidade de rotação do *flywheel* do motor é reduzida por consequência do princípio da conservação da energia, em situações de carregamento de energia existe um aumento na velocidade do *flywheel*.

Portanto, neste sistema a primeira fase de controlo, corresponde, por exemplo, aos sinais que devem ser enviados ao equipamento para ser ativado e assim, mudar o funcionamento de gerador para motor, permitindo a passagem de fluxo de energia para o motor, de modo a acelerar o *flywheel* do mesmo (fase de armazenamento de energia).

Da mesma forma deve-se controlar o ciclo de descarga. Isto é, esta fase, não é nada mais do que efetuar um diagnóstico do sistema e dar “ordens” de modo a que o sistema possa funcionar corretamente, sendo também responsável pela ativação das proteções, em caso de necessidade.

A segunda fase de controlo consiste em determinar fatores como definição do preço a que deve ser vendida a energia, verificação da quantidade de energia necessária a descarregar para a rede, de modo a satisfazer a procura num determinado momento, entre outros fatores.

3. Vantagens Técnicas e Económicas dos ESS's

A implementação dos ESS's acarretam diversas vantagens, nomeadamente, técnicas e económicas, que serão descritas de seguida.

3.1. Vantagens Técnicas

Como já foi referido no ponto 1, os ESS's conduzem a vantagens relacionadas com a possibilidade de diminuir o desperdício da energia.

Atualmente, existem dois modos de produção de energia para o qual o armazenamento é claramente importante:

- Produção de energia convencional:

Neste caso o armazenamento de energia poderá compensar uma perda temporária da produção de uma das unidades geradoras.

Visto que, existe uma obrigação contratual com a demanda por parte das concessionárias, se ocorrer alguma falha de abastecimento de eletricidade, estas poderão incorrer de penalidades, tais como, multas avultadas. Com a possibilidade de armazenar a energia esta situação pode ser precavida.

Portanto, o nível de energia é comparável ao estipulado e a quantidade de energia armazenada deve ser um compromisso entre a duração desejável da reserva de energia e as possíveis penalidades [3].

- Produção de energia renovável:

Em relação a este tipo de produção, o armazenamento tem o intuito de armazenar em horas em que a procura é baixa e utilizar esta energia durante o período de horas de pico. O objetivo desta situação é, uma vez mais, garantir o compromisso contratual. No entanto, nesta situação o custo de armazenamento deve ser considerado. Além disso, a energia armazenada somente poderá satisfazer uma parte da capacidade nominal de produção [3].

3.2. Vantagens Económicas

Atualmente, e cada vez mais, existe um grande número de consumidores com necessidades de energia de grande alcance.

O consumo diário dos utilizadores caracteriza-se pela forte instabilidade, isto é, ao longo das 24 horas do dia, o consumo diário não é constante, como se pode observar na Figura 4. Nesta verifica-se que a energia necessária para satisfazer o consumo nas horas de pico é, praticamente, o dobro do valor necessário para satisfazer a procura nas horas de menor consumo [6].

Sabendo que o dimensionamento dos componentes da rede elétrica correspondem ao momento de maior procura, constata-se que na grande maioria do tempo esses componentes encontram-se sobredimensionados. Portanto, existe a possibilidade de nivelar a energia produzida considerando o valor médio da procura ao longo do dia ao invés do que é efetuado atualmente. Pode-se, então, produzir energia a um nível mais reduzido do que o valor de pico, permitindo a diminuição do dimensionamento dos componentes da rede. Assim, ter-se-ia uma situação de produção praticamente constante, onde a introdução dos ESS's na rede elétrica era necessária. Ou seja, apesar de constante o valor produzido, a energia total produzida teria de satisfazer de igual modo a demanda, cujos ESS's teriam a função de armazenar a energia quando era em excesso e entregá-la à rede quando existisse falta dela.

Esta situação permitiria poupar nos gastos obtidos com o sobredimensionamento dos componentes da rede elétrica, contudo, para esta situação ser viável as tecnologias de armazenamento de energia elétrica teriam de estar num patamar mais evoluído [3].

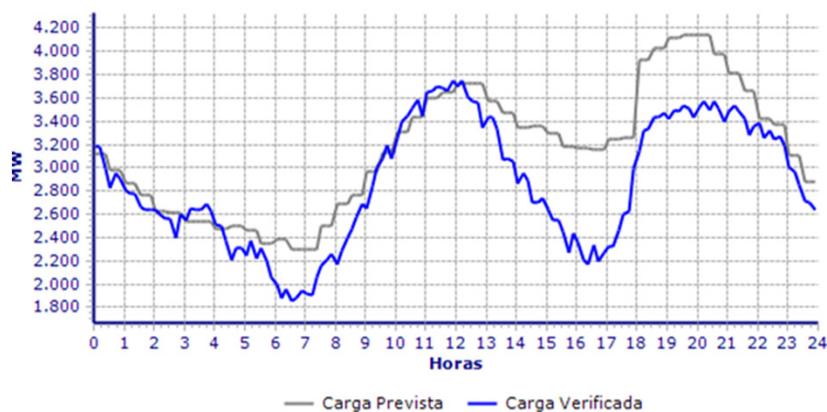


Figura 4 - Diagrama de cargas verificados no dia 04/11/2012 [6]

4. Comparação entre as Tecnologias de Armazenamento de Energia

Presentemente existem diversas tecnologias para o armazenamento de energia elétrica, que podem ser agrupadas conforme a Figura 5. Como se pode verificar, e anteriormente já referido, pode-se dividir as tecnologias em 5 grandes categorias, nomeadamente [7]:

- elétrica;
- eletroquímica;
- química;
- mecânica;
- térmica.

As tecnologias de armazenamento de energia podem ser classificadas consoante a sua capacidade [8]:

- Grande escala (GW):

Armazenamento térmico, armazenamento de energia por bombeamento de água (*pumped hydro energy storage* – PHEs), armazenamento de energia por ar comprimido (*compressed air energy storage* – CAES), armazenamento químico (por exemplo, hidrogénio em larga escala > 100MW, até semanas e meses);

- Média escala (MW):

- Potência:
 - supercondensadores, armazenamento de energia por supercondutores magnéticos (*superconducting magnetic energy storage* – SMES), flywheels;
- Energia:
 - Baterias, tais como, chumbo ácido (lead-acid – LA), iões de lítio (Li-ion), baterias de fluxo e NaS (enxofre de sódio);
- Energia e potência:
 - baterias de LA e Li-ion;
- Armazenamento de energia de hidrogénio, CAES, PHES. (pequena escala, 10MW <P> 100MW, horas ou dias).

- Micro escala (kW):

- Potência:
 - supercondensadores, flywheels;
- Energia:
 - baterias, tais como, chumbo ácido e Li-ion;
- Energia e Potência:
 - baterias de Li-ion.

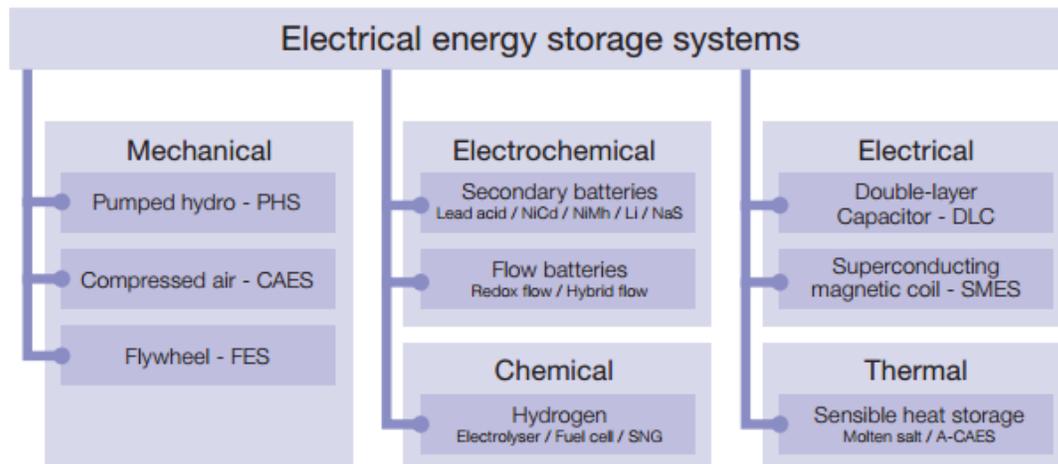


Figura 5 - Tecnologias de armazenamento de energia elétrica [7]

4.1. Unidades de Armazenamento Elétricas

Dentro das unidades de armazenamento com características elétricas tem-se: camada dupla de condensadores (*double-layer capacitors – DLC*) e armazenamento de energia por supercondutores magnéticos (*superconducting magnetic energy storage – SMES*).

Camada dupla de condensadores (DLC):

Esta tecnologia é também conhecida por supercondensadores [7], sendo os mais recentes dispositivos inovadores na área de armazenamento de energia elétrica. Pois, em comparação com a bateria ou o condensador tradicional, o supercondensador possui uma estabilidade no ciclo quase ilimitada, bem como uma capacidade de potência extremamente elevada, uma baixa densidade de energia e custos de investimento elevados [9].

As duas principais características são os valores extremamente altos da sua capacitância, da ordem de muitos milhares de faradays, para além da possibilidade de carga e descarga muito rápido devido à baixa resistência interna, recursos que as baterias convencionais não possuem [7].

Geralmente, os supercondensadores usufruem uma vida útil entre 8-10 anos, tendo uma eficiência de 95%. São bastantes confiáveis, sem manutenção e podem trabalhar em diversos ambientes e temperaturas. Estas unidades são “amigas” do ambiente e facilmente podem ser recicladas ou neutralizadas [3] [7].

Tal como sistemas de baterias, os condensadores podem trabalhar em corrente contínua. Este facto impõe a utilização de sistemas eletrónicos de potência, tal como é apresentado na Figura 6.

Ao longo dos últimos anos têm vindo a ser aplicados em produtos eletrónicos, usados como UPS's em caso de falha momentânea de tensão e aplicados em veículos elétricos, onde podem ser utilizados nos processos de aceleração e travagem regenerativa [7].

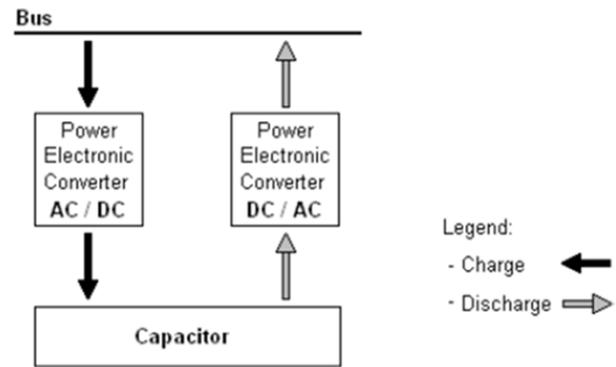


Figura 6 – Diagrama de operação de um dispositivo supercondensador [9]

Supercondutores magnéticos (SMES):

Os SMES funciona de acordo com o princípio da eletrodinâmica. Isto é, armazena energia sob a forma de um campo magnético que é criado através de um fluxo de corrente contínua por uma bobina supercondutora. Para armazenar energia proveniente de um barramento de energia, precedentemente a corrente alternada deve ser convertida em corrente contínua e, assim, possa ser injetada na bobina. O processo contrário também é aplicável, sendo que a corrente contínua armazenada tem de ser convertida em alternada, de modo a ser possível injetá-la na rede elétrica. Para tal, entre o barramento e a bobina terá de haver conversores eletrónicos de potência. O diagrama de operação do dispositivo SMES é apresentado na Figura 7 [9].

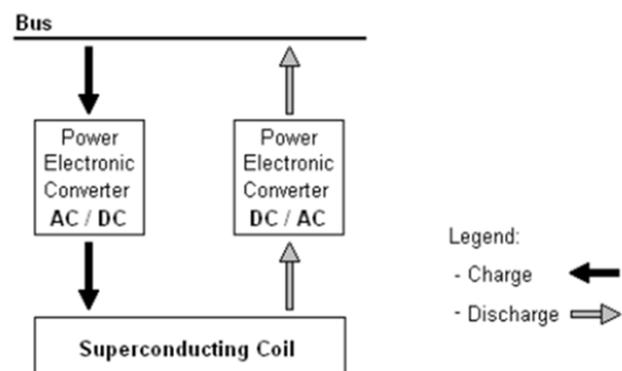


Figura 7 – Diagrama de operação de um dispositivo SMES [9]

Portanto, o componente principal deste sistema de armazenamento é feito de uma bobina de material supercondutor, sendo que os restantes componentes incluem equipamentos de condicionamento de energia e um sistema de refrigeração criogênica resfriada [7].

A principal vantagem dos SMES é o tempo de resposta, ou seja, se uma determinada potência é requerida, esta fica disponível quase instantaneamente. Além disso, o sistema é caracterizado pela sua elevada eficiência, perto de 95% para um ciclo de carga e descarga [3]. Contudo, a confiabilidade global depende crucialmente do sistema de refrigeração [7].

Além disso, estes sistemas são capazes de descarregar quase a totalidade da energia armazenada, ao contrário das baterias. Estas unidades de armazenamento são muito úteis para aplicações que requerem operação contínua com um grande número de ciclos completos carga-descarga. O tempo de resposta rápido (inferior a 100ms) destes sistemas torna-os ideais para regular a estabilidade da rede (nivelamento de carga). A sua principal desvantagem é o sistema de refrigeração que é muito caro e faz operações mais complexas.

4.2. Unidades de Armazenamento Eletroquímicas

As baterias armazenam energia sob a forma eletroquímica através da criação de iões eletricamente carregados. Isto é, quando a bateria está a carregar a corrente contínua é convertida em energia química, quando a bateria descarrega, a energia é novamente convertida num fluxo de eletrões sob a forma de corrente contínua [9].

A Figura 8 apresenta a operação entre uma bateria e a rede elétrica de energia.

Deste modo, a utilização de baterias implicam o uso de conversores eletrónicos de potência, a fim de converter a corrente alternada em corrente contínua nos períodos de carregamento e, vice-versa, no processo de descarga. [9]

A tecnologia das baterias está subdividida em dois conceitos: baterias secundárias e baterias de fluxo (Figura 5) [7].

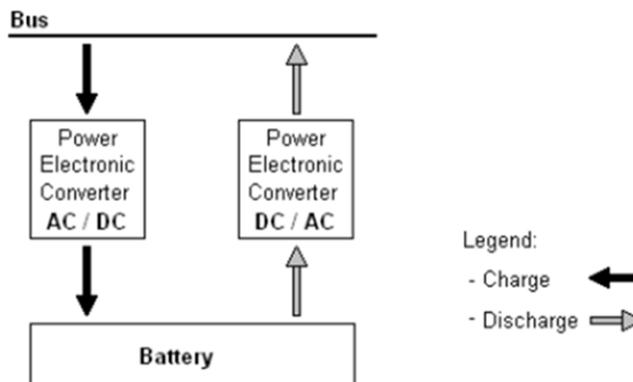


Figura 8 – Diagrama de operação de uma bateria [9]

As baterias secundárias usam elétrodos para ambas as situações, tanto para o processo de transferência de eletrões como para armazenar os produtos ou reagentes provenientes das reações em estado sólido do elétrodo [9].

Deste grupo fazem parte as baterias: chumbo-ácido (lead-acid – LA), níquel-cádmio (NiCd), hidreto metálico de níquel (NiMH), iões lítio (Li-ion), enxofre de sódio (NaS), entre outras [7].

Características gerais:

- LA:

São aplicadas em sistemas de alimentação de emergência, como base dos sistemas fotovoltaicos, sistemas de baterias para a mitigação das flutuações de energia eólica e como baterias de arranque de veículos.

Possuem uma vida útil típica entre 6 a 15 anos, normalmente com uma vida de 1500 ciclos. Com eficiência entre 80% a 90%, tendo um custo relativamente baixo [7].

- NiCd e NiMH:

Atualmente, não são muito usadas devido ao perigo da toxicidade do cádmio, sendo substituídas pelas NiMH. Contudo, este tipo de baterias comparando com as LA, possuem um ligeiro aumento da densidade de energia e o número de ciclos é mais elevado [7].

- Li-ion:

As suas aplicações hoje em dia são muito importantes, para computadores portáteis, telemóveis, bicicletas elétricas, veículos elétricos, entre outras.

Possuem uma elevada densidade de energia e têm custos relativamente baixos devido à sua produção em massa. A sua eficiência ronda os 95% e os 98% [7].

- NaS:

Os ciclos de vida típicos é de cerca de 4 500 ciclos e têm um tempo de descarga entre 6,0 horas para 7,2 horas. Tem uma eficiência cerca de 75% e permitem resposta rápida. A principal desvantagem é o facto que para manter a temperatura de operação é necessária uma fonte de calor, sendo que reduz parcialmente o desempenho da bateria [7].

Dentro das baterias de fluxo fazem parte as de fluxo redox e as de fluxo híbrido. As primeiras são dispositivos de armazenamento que convertem energia elétrica em energia potencial química através do uso de duas soluções de eletrólitos líquidos e, posteriormente, liberando a energia armazenada durante a descarga. Os dois eletrólitos são separados por uma membrana semipermeável. Esta membrana permite o fluxo de iões, mas impede a mistura dos líquidos. O contacto elétrico é feito através de condutores inertes nos líquidos. Como os iões fluem através da membrana, uma corrente elétrica é induzida nos condutores. [9]

Estes tipos são baterias redox de vanádio (VRB) (Figura 9), as baterias de brometo de polisulfureto (PSB) e do zinco bromo (ZnBr) [9].

Nas baterias de fluxo híbrido uma das massas ativas é armazenada internamente no interior da célula eletroquímica, enquanto o outro permanece no

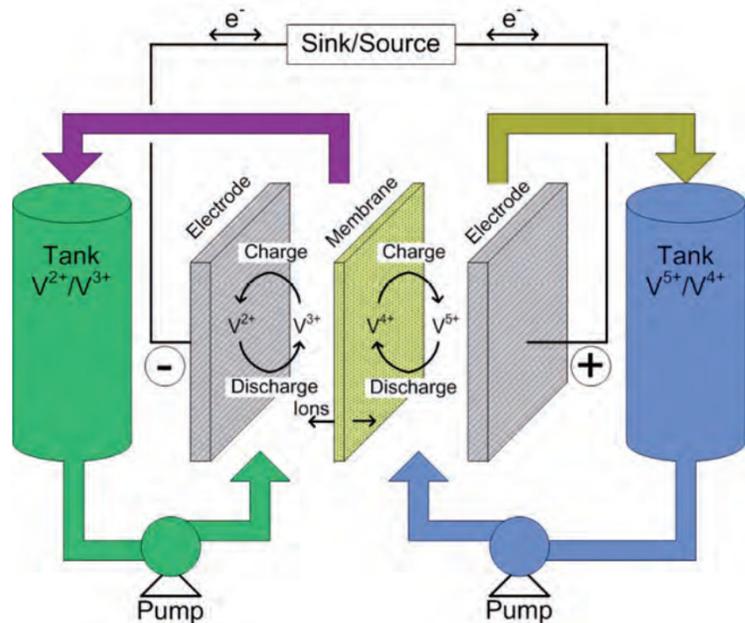


Figura 9 – Esquema de uma bateria de VRB [7]

eletrólito líquido, que são armazenadas externamente num reservatório. Portanto, as células de fluxo híbrido combinam características de baterias secundárias convencionais e baterias de fluxo redox. A capacidade da bateria depende do tamanho da célula eletroquímica [7]. Exemplo típico é o sistema de ZnBr híbridos [9].

4.3. Unidades de Armazenamento Químicas

Algumas das tecnologias presentes nesta categoria são as células de combustível de hidrogénio e o gás natural sintético (*synthetic natural gas* – SNG) [3] [7].

O principal objetivo do sistema de armazenamento de energia química é usar o "excesso" de energia elétrica para a produção de hidrogénio via eletrólise da água. Neste caso é possível usar o hidrogénio como um portador de energia, seja como hidrogénio puro ou como SNG [7].

Embora a eficiência global do hidrogénio e do SNG seja baixa quando comparado a outras tecnologias de armazenamento, como PHS e Li-ion, o armazenamento de energia química é a única que permite o armazenamento de grandes quantidades de energia, até à faixa TWh, e por maiores períodos de tempo [7].

Esta tecnologia também pode ser aplicada a sectores, como o transporte, aquecimento e a indústria química.

Células de combustível de hidrogénio:

O sistema de armazenamento de hidrogénio consiste em três componentes principais: eletrólise, que consome eletricidade nas horas de menor consumo para produzir hidrogénio; a célula de combustível, que utiliza o hidrogénio e o oxigénio do ar para gerar eletricidade; e um reservatório de hidrogénio para garantir os recursos adequados quando são necessários [3].

Existem muitos tipos de células de combustível, sendo a mais conhecida a pilha alcalina de combustível entre as demais.

As diferenças básicas entre estes tipos de baterias são os eletrólitos utilizados, temperatura de funcionamento, o design e o seu campo de aplicação. Além disso, cada tipo tem necessidades de combustível específico [3] [7].

Esta tecnologia pode ser usada na produção descentralizada (particularmente de baixas potências, de emergências, entre outras), fornecimento espontâneo relacionado ou não à rede, potência média [3].

4.4. Unidades de Armazenamento Mecânicas

Existem três tipos de tecnologias dentro desta categoria:

Armazenamento de energia pelo bombeamento de água (pumped-hydro – PH):

Esta tecnologia utiliza a energia com origem numa fonte renovável nas horas de pouco consumo, para bombear a água de uma albufeira a jusante de uma barragem para uma albufeira a montante. Assim, a PH permite que a água possa ser mais do que uma vez turbinada, e como a água é um recurso que é gratuito, esta situação só trás vantagens ao setor de produção elétrica, como se pode comprovar pela Figura 10. Atualmente é mais utilizada para aplicações de alta potência (algumas dezenas de GWh ou 100 de MW).

A principal desvantagem desta tecnologia é a necessidade de um sítio com diferentes elevações para poder bombear a água e, esta possa ser utilizada num sistema hidroelétrico para produzir eletricidade [3] [7] [9].

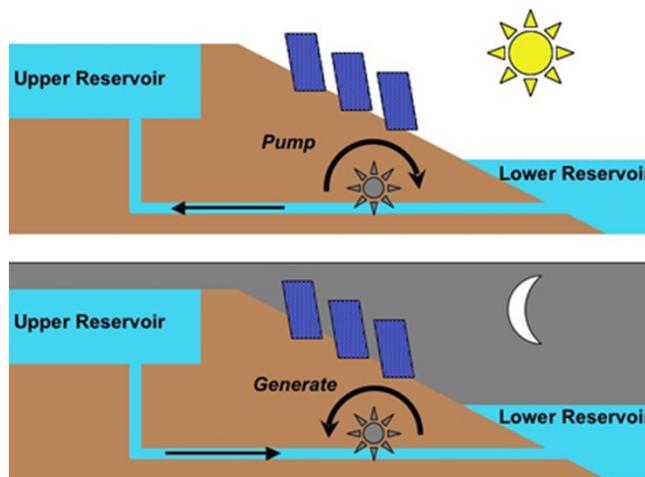


Figura 10 – Exemplo de um sistema de bombagem [10]

Flywheel:

Esta tecnologia utiliza dois tipos de acumuladores de energia, ou são constituídas por um *flywheel* (volante) maciço ou composto, para além de um motor/gerador e suportes especiais (muitas vezes magnéticos). Uma das características das *flywheels* é a capacidade de fazer inúmeros ciclos (entre 10.000 e 100.000 ciclos) [3] [7].

Este sistema permite armazenar energia elétrica sob a forma de energia cinética, daí os *flywheels* terem elevados requisitos, de modo a poderem atingir elevadas velocidades [7].

O armazenamento de energia cinética pode ser usado na distribuição de eletricidade em meios urbanos através de baterias de grande capacidade, comparáveis aos reservatórios de água, com o objetivo de maximizar a eficiência das unidades de produção. Por exemplo, em grandes instalações com cerca de 40 unidades (25kW–25kWh), estes são capazes de armazenar 1MW que pode ser libertado em menos de 1 hora [3].

Armazenamento de energia a ar comprimido (CAES):

É um dispositivo com base numa turbina a gás, onde os processos de compressão e combustão estão divididos. Durante a carga, o compressor é acoplado à máquina elétrica, que trabalha como motor, comprimindo o ar. Após a compressão, o ar é armazenado em cavernas subterrâneas seladas. A descarga do dispositivo consiste em gerar energia através do acoplamento de uma turbina a gás com uma máquina elétrica, funcionando como gerador, e fornecendo o ar comprimido armazenado para o processo de combustão [3] [9].

Um diagrama de operação de um sistema de armazenamento de energia a ar comprimido é apresentado na Figura 11 [9].

O ar pode ser comprimido e armazenado no subsolo, com tubagem de alta pressão (20-100 bar).

A densidade de energia neste tipo de sistemas é na ordem de 12 kWh/m³, enquanto a eficiência estimada é de cerca de 70% [3].

4.5. Unidades de Armazenamento Térmicas

Existem dois tipos de sistemas de armazenamento térmico, dependendo se eles usam o calor sensível ou latente. As transferências de calor entre o acumulador térmico e o ambiente exterior são feitas através de um fluido de transferência de calor, isto é tem de haver diferença de temperaturas [3].

O armazenamento de calor latente corresponde há mudança do estado sólido para o líquido. Este tipo de armazenamento tem como vantagem armazenar grandes quantidades de energia num pequeno volume, o que permite uma maior eficiência na transferência de calor [7].

O armazenamento térmico de calor sensível é conseguido pelo aquecimento de um material em massa (sódio, sal fundido, água pressurizada, etc.) que não muda de estado durante a fase de acumulação. Assim, o calor é recuperado para produzir vapor de água, que conduz a um sistema de turboalternador [3].

Os sistemas de armazenamento térmico são implantados para superar o descompasso entre a procura e a oferta de energia térmica e, portanto, são importantes para a integração de fontes de energias renováveis [7].

5. Considerações gerais

Como se verificou existem diversas tecnologias de armazenamento de energia, que também podem ser classificadas consoante o tempo de descarga de energia, como se pode observar na Figura 12.

Portanto, esta classificação divide-se em: curto e longo prazo de capacidade de descarga de energia. No primeiro grupo destacam-se as *flywheels*, supercondensadores e os supercondutores magnéticos. A longo prazo destacam-se as tecnologias de armazenamento de energia por bombeamento de água (*pumped hydro*), por ar comprimido, por baterias e por células de combustível de hidrogénio [9].

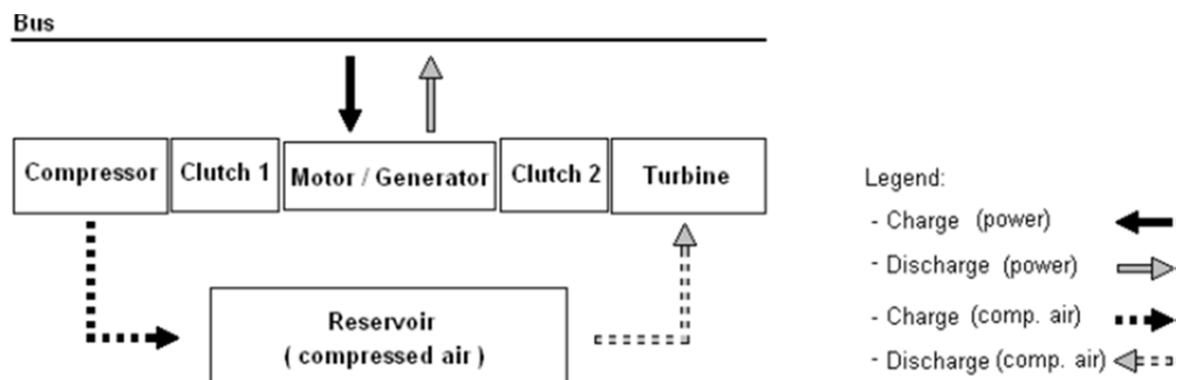


Figura 11 - Diagrama de operação de um armazenamento por compressão do ar [9]

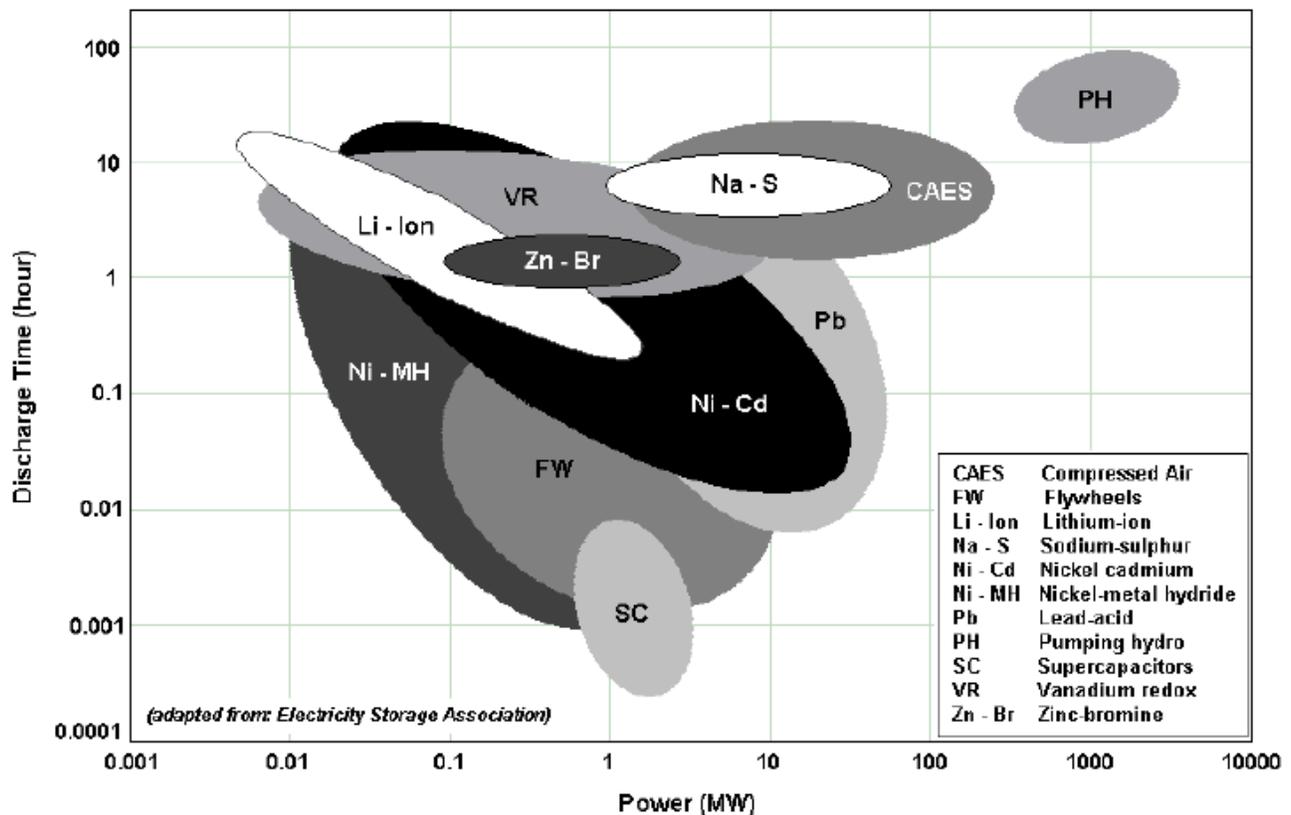


Figura 12 - Comparação entre as diversas tecnologias de armazenamento tendo em conta o tempo de descarga e a potência [9]

Posto isto, é de salientar que as diversas técnicas de armazenamento de energia disponíveis podem ser aplicadas a sistemas de energia elétrica.

Sendo que, estas acarretam custos associados ao armazenamento de energia, mas podem ser soluções rentáveis. Pois, permitem gerir a rede, garantindo o nivelamento da carga em tempo real, bem como uma melhor utilização de recursos renováveis evitando o corte de carga em tempos de menor produção [3].

Contudo, ainda existe a necessidade de melhorar as técnicas de armazenamento, de modo a que estas possam ser cada vez mais úteis e aplicadas no setor de energia elétrica.

Referências

- [1] APREN, “Evolução da produção de eletricidade em Portugal entre 1999 e 2012 (c/correção de hidraulicidade)”, 2013.
(<http://www.apren.pt/dadostecnicos/index.php?id=272&cat=266>)
- [2] Rudell A. “Storage and Fuel Cells. EPSRC SuperGen Workshop: Future Technologies for a Sustainable Electricity System”. University of Cambridge; 2003.
- [3] H. Ibrahim, A. Ilinca, J. Perron, “Energy storage systems—Characteristics and comparisons, Renewable and Sustainable Energy Reviews”, Volume 12, Issue 5, June 2008, Pages 1221-1250, ISSN 1364-0321.

- [4] Quanta-technology, “Electric Energy Storage Systems”, 2013.
(http://www.quanta-technology.com/sites/default/files/doc-files/Energy_Storage-12-01-13.pdf)
- [5] Volker.quasching, “Solar thermal power plants”, 2013.
(<http://www.volker-quaschnig.de/articles/fundamentals2/index.php>)
- [6] REN, “Diagrama de Carga da RNT”, 2012.
(<http://www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/Informacao/Exploracao/Paginas/DiagramadeCargadaRNT.aspx>)
- [7] IEC, “Electric Energy Storage”, 2011.
(<http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-energystorage-LR-en.pdf>)
- [8] Comissão Europeia, “The future role and challenges of Energy Storage”, DG ENER Working Paper, 2013.
(http://ec.europa.eu/energy/infrastructure/doc/energy-storage/2013/energy_storage.pdf)
- [9] Sergio Faias, Jorge Sousa and Rui Castro (2009). “Embedded Energy Storage Systems in the Power Grid for Renewable Energy Sources Integration, Renewable Energy, T J Hammons (Ed.), ISBN: 978-953-7619-52-7, InTech.
(<http://www.intechopen.com/books/renewable-energy/embedded-energy-storage-systems-in-the-power-grid-for-renewable-energy-sources-integration>)
- [10] Creighton, “Storing energy”, 2013.
(http://www.creighton.edu/green/energytutorials/forms_ofenergy/storingenergy/index.php)

Divulgação:	Título:	Instalações Elétricas de Baixa Tensão	ISBN:	9789897230264
	Autor:	António Augusto Araújo Gomes	Nº Páginas:	150
	Editora:	Publindústria	Encadernação:	Capa mole
	Data:	Fevereiro 2013		

António Augusto Araújo Gomes

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

CANALIZAÇÕES ELÉTRICAS

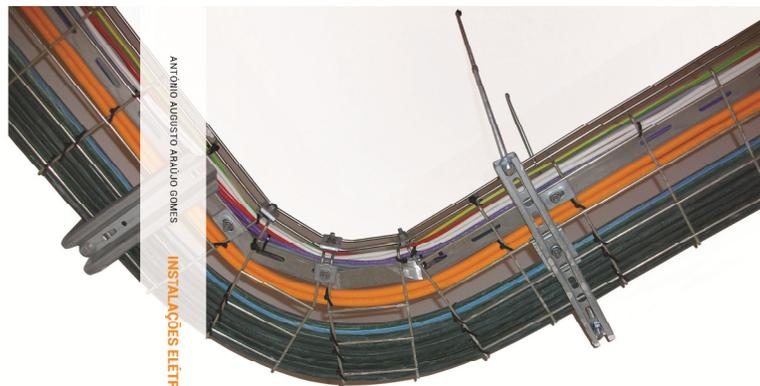
Sobre o livro

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia elétrica, 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 eletrónicos, tornando-os capazes de, para cada instalação nos 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 o autor

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. Mestre (gratuita) em Engenharia Eletrotécnica e Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Assistente no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999. Investigador do GECAD – Grupo de Investigação em Engenharia do Condicionamento e Apoio à Unidade do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde esse mesmo ano.

Coordenador de Obras na CERBERUS – Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999. Sócio da empresa Neutro & Saneamento de Engenharia Lda, entre 2002 e 2006. Realização de serviços de formação e/ou projetos e/ou assessoria e/ou consultoria no âmbito das instalações elétricas, telecomunicações, segurança, gestão de energia, eficiência energética a diversas entidades, nomeadamente NORMA – Consultores de Engenharia, S.A.; Schmal – Engenharia e Serviços, Lda; ENERGO – Consultores de Engenharia Lda; TSQ – Instituto de Sêdabaria e Qualidade Químico – Sêdabaria de Quadros Elétricos, S.A.; EP – Instituto Eletrotécnico Português; CERBERUS – Centro de Energia e Tecnologia ANACOM – Autoridade Nacional das Telecomunicações; IET – Instituto para o Desenvolvimento Tecnológico; EDV – Agência de Energia Entre Douro e Vouga.



António Augusto Araújo Gomes

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

CANALIZAÇÕES ELÉTRICAS

SEGUNDO AS REGRAS TÉCNICAS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

Tem também disponível em formato digital

www.ensgedook.com



ISBN 978-989-723-026-4

Publindústria



Publindústria

SECÇÃO ÓTIMA



1. Introdução

Nem sempre a secção definida ou tabelada como “mínima” para uma determinada corrente de serviço é a secção ótima para executar um circuito. Esta secção dependerá do valor da carga e da quantidade de tempo a que está sujeita, podendo compensar economicamente executar o circuito com uma secção superior, obtendo-se o retorno do investimento com a redução das perdas por efeito de Joule.

2. Secção ótima de um circuito monofásico

Ponderar se compensa executar um circuito com uma secção superior à estipulada ou à mínima tabelada, passa por relacionar o investimento acrescido numa secção superior com o eventual ganho em eficiência que se alcançará. Para tal, ter-se-á que contar com o custo dos condutores e sobretudo estimar a eficiência do circuito a alimentar considerando as duas secções em ponderação. Esta relação de custo com eficiência irá permitir calcular o retorno do investimento em número de anos, ou seja, o tempo que levará a pagar o investimento acrescido realizado.

O retorno do investimento para um circuito monofásico, o chamado *Payback*, é dado pela expressão seguinte:

$$Payback_{anos} = \frac{\text{Investimento adicional em condutores}}{\text{Poupança adicional em Perdas}}$$

Em que:

- O “Investimento adicional em condutores” representa o encargo acrescido para se executar o circuito com uma secção superior;
- A “Poupança adicional em perdas” representa a poupança em perdas por efeito de Joule por ano, valorizadas ao preço do kWh, por se optar por condutores de secção superior, logo com menos perdas”.

Assim, o *Payback* em anos poderá ser obtido da seguinte forma:

$$Payback_{anos} = \frac{\text{Custo Circuito}_2 - \text{Custo Circuito}_1}{(\text{Perdas}_{\text{circuito1/ano}} - \text{Perdas}_{\text{circuito2/ano}}) * \text{Preço kWh}}$$

Considerando que as perdas por efeito de Joule são dadas pela expressão:

$$P = R * I^2 \quad \text{sendo} \quad R = \frac{\rho * L}{S}$$

A expressão do *Payback* poderá ser obtida da seguinte forma:

$$Payback_{anos} = \frac{Custo_{Circuito2} - Custo_{Circuito1}}{2 * I^2 * \rho * L * \left(\frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_2}\right) * \frac{1}{1000} * h * 365 * Preço_{kWh}}$$

Em que, relativamente ao numerador:

- O custo do circuito X contempla o custo dos 3 condutores: fase, neutro e terra, para as secções em comparação (S_1 é a secção mínima e S_2 a secção a ponderar).

Relativamente ao denominador:

- O primeiro “2” refere-se às perdas em 2 condutores, de fase e neutro;
- “ I^2 ” representa a corrente que percorre o circuito ao quadrado;
- “ ρ ” a resistividade à temperatura de serviço;
- “L” o comprimento do circuito;
- “ S_1 ” e “ S_2 ” são as secções dos condutores em comparação;
- “h” as horas de utilização diárias, ou as horas em carga.

Veja-se, a título de exemplo, um circuito monofásico com uma carga resistiva pura:

$$\cos\phi \approx 1 \Rightarrow S \approx P = 2000W ; U = 230V ; L = 15m$$

A potência do circuito é uma variável importante, pois é esta que irá definir a corrente que percorrerá os condutores, estando diretamente relacionada com as perdas por efeito de Joule.

$$I = \frac{P}{U} = \frac{2000}{230} = 8,7A$$

Para a corrente e comprimento em causa e de acordo com as tabelas da corrente máxima admissível dos condutores nos vários modos de instalação (RTIEBT), a secção de 2,5mm² será suficiente para alimentar uma carga de 2000W.

A questão é:

Será que compensará, economicamente, optar por um condutor de 4mm², ou apenas em algumas condições se torna vantajoso optar por esta secção?

$$Resistência\ do\ condutor\ 2,5\ mm^2 \Rightarrow R = \frac{\rho L}{S} = 0,135\Omega$$

$$Resistência\ do\ condutor\ 4\ mm^2 \Rightarrow R = \frac{\rho L}{S} = 0,084\Omega$$

As perdas por efeito de Joule instantâneas serão, por condutor:

$$Perdas_{Condutor1} = R_{C1} * I^2 = 10,22W$$

$$Perdas_{Condutor2} = R_{C2} * I^2 = 6,36W$$

Sendo o circuito monofásico, a corrente no condutor neutro é igual à corrente no condutor de fase, ou seja, as perdas por efeito de Joule são iguais em ambos os condutores, conseqüentemente o conjunto das perdas no circuito será o dobro das verificadas no condutor de fase:

$$Perdas_{C1} = 2 * R_{C1} * I^2 = 20,44W$$

$$Perdas_{C2} = 2 * R_{C2} * I^2 = 12,72W$$

A tabela 1 faz um resumo do anteriormente referido.

Tabela 1 – Resumo das perdas nos condutores

	Resistência do condutor	Perdas no condutor	Perdas no circuito
Circuito 1 Condutor 2,5mm ²	0,135 Ω	10,22 W	20,44 W
Circuito 2 Condutor 4mm ²	0,084 Ω	6,36 W	12,72 W

Por cada período de 1 hora de utilização do circuito, as perdas por efeito de Joule serão:

$$Perdas_{C1} = 2 * R_{C1} * I^2 = 20,44Wh$$

$$Perdas_{C2} = 2 * R_{C2} * I^2 = 12,72Wh$$

Se se considerar uma utilização de uma hora diária, durante um ano (365 horas) as perdas acumuladas serão respetivamente de:

$$Perdas_{C1} = 20,44Wh * 365dias = 7,77kWh$$

$$Perdas_{C2} = 12,72Wh * 365dias = 4,64kWh$$

Supondo que a utilização é intensiva, por exemplo, num comércio ou numa indústria em que a utilização é muito superior podendo atingir 8 horas por dia em carga, as perdas acumuladas anualmente serão nesta situação:

$$Perdas_{C1} = 20,44Wh * 365dias * 8horas = 62,16kWh$$

$$Perdas_{C2} = 12,72Wh * 365dias * 8horas = 37,12kWh$$

A tabela 2 faz um resumo do anteriormente referido.

Tabela 2 – Perdas nos condutores para as diversas situações de utilização dos circuitos

	1 Hora	8 Horas	1 Hora por dia por ano	8 Horas por dia por ano
Perdas C1	20,44Wh	163,52Wh	7,77kWh	62,16kWh
Perdas C2	12,72Wh	101,76Wh	4,64kWh	37,12kWh

Considerando o preço por kWh da tarifa regulada em 2013 de 0,14€/kWh (sem IVA) o custo em perdas é, para as várias situações, o indicado na tabela 3:

Tabela 3 – Custos das perdas nos condutores para as diversas situações de utilização dos circuitos

	1 Hora por dia por ano	8 Horas por dia por ano	1 Hora por dia durante 10 anos	8 Horas por dia durante 10 anos
Perdas C1	1,04€	8,35€	10,43€	83,46€
Perdas C2	0,62€	5,22€	4,35€	52,16€

Então, do ponto de vista económico, em que situações compensará executar o circuito com condutores de 2,5mm² ou de 4mm² de secção?

Considerando um custo médio dos condutores (sem IVA), conforme indicado na tabela 4:

Tabela 4 – Custo médio dos condutores (sem IVA)

	1 metro de condutor	15 metros de condutor	15 metros 3 condutores
Condutor 2,5 mm ²	0,36€	5,4€	16,2€
Condutor 4 mm ²	0,56€	8,4€	25,2€

O “custo dos condutores” deverá ser o custo para o cliente final, pois é este que terá de compensar o investimento adicional com a poupança nas perdas por efeito de Joule.

Sendo o cálculo do *Payback* dado pela expressão:

$$Payback_{anos} = \frac{Custo\ Circuito_2 - Custo\ Circuito_1}{(Perdas_{circuito1ano} - Perdas_{circuito2ano}) * Preço\ kWh}$$

Aplicado ao exemplo em análise, executar o circuito com condutores de 2,5mm² terá um custo inicial de 16,2€ e executar o circuito com condutores de 4mm² terá um custo de 25,2€.

$$Payback_{1h\ dia} = \frac{Investimento\ adicional\ em\ condutores}{Poupança\ adicional\ em\ Perdas} = \frac{25,2 - 16,2}{1,04 - 0,62} = 21,43\ Anos$$

$$Payback_{8h\ dia} = \frac{Investimento\ adicional\ em\ condutores}{Poupança\ adicional\ em\ Perdas} = \frac{25,2 - 16,2}{8,35 - 5,22} = 2,88\ Anos$$

Conclui-se assim que, se se considerar uma utilização diária de uma hora durante 365 dias, a secção ótima será a secção mínima tabelada 2,5mm²; no entanto, se o circuito tiver uma utilização intensiva, tomando por exemplo as 8 horas por dia, a secção ótima é 4mm² e não a mínima regulamentar.

Payback em anos

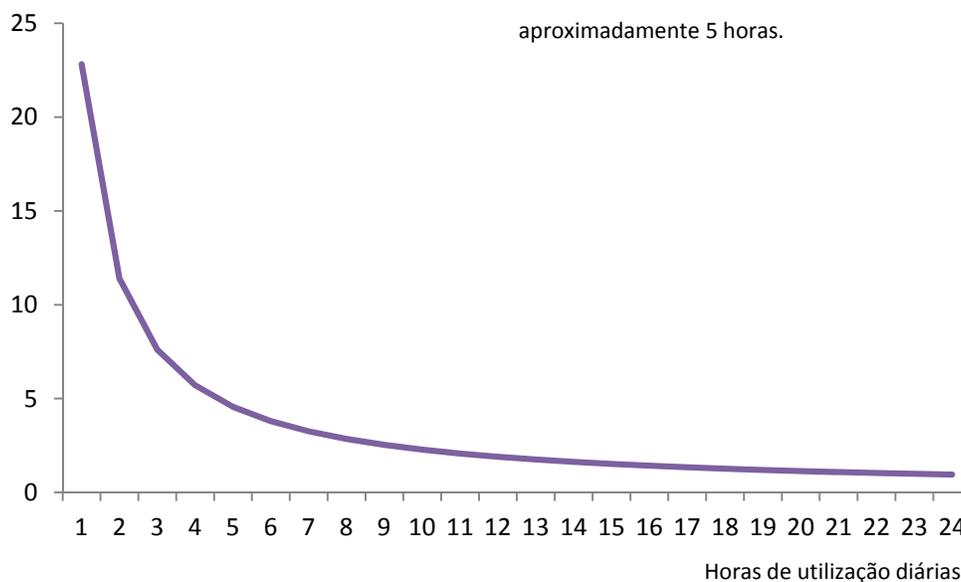


Gráfico 1 – *Payback* do investimento em função da utilização diária

Nota: Duas das variáveis dependem de “custos”, o Custo do Circuito e o Custo do kWh, se ambas forem variando anualmente com base na inflação, não terá impacto no *Payback* do investimento.

No entanto, se se verificar o que tem acontecido nos últimos anos, ou seja, o preço da energia tem tido uma subida superior à inflação, significa que a energia vai ficando mais cara relativamente ao custo dos condutores, existindo assim uma grande probabilidade do *Payback* em anos vir a ser menor do que o inicialmente estimado.

O gráfico 1 mostra o *Payback* do investimento em função da utilização diária.

Analisando o gráfico, considerando uma carga com uma potência de 2000W, se se pretender “oferecer” um *Payback* de 10 anos, seria necessária uma utilização de aproximadamente 2 horas e meia diárias. Já para um *Payback* de 5 anos, implicaria uma utilização diária de aproximadamente 5 horas.

Se se pretender “oferecer” um *Payback* em função das horas de utilização diárias necessárias e da potência do circuito, estas poderão ser calculadas da seguinte forma:

$$horas / dia = \frac{Custo Circuito_2 - Custo Circuito_1}{Payback_{anos} * \left(\frac{P}{U}\right)^2 * 2 * \rho * L * \left(\frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_2}\right) * \frac{1}{1000} * 365 * Preço kWh}$$

Se o resultado da quantidade de horas de utilização diárias necessária for:

- Superior a 24 horas diárias, significa que será impossível alcançar o *Payback* desejado;
- Inferior a 24 horas diárias, mas superior à utilização expectável, o *Payback* desejado não será alcançado;
- Igual às horas de utilização expectáveis, o *Payback* desejado será alcançado no tempo desejado;
- Inferior a 24 horas diárias e inferior à utilização expectável, o *Payback* desejado será alcançado antes do tempo desejado.

Relativamente à influência que as restantes variáveis têm sobre o *Payback* do investimento:

- Quanto mais baixo for o custo dos condutores, menor será a quantidades de horas de utilização diária necessária;
- Quanto maior for a Potência P do circuito, menos horas de utilização diária serão necessárias;
- Quanto maior for o comprimento L, maiores serão as perdas nos condutores, pelo que serão necessárias menos horas de utilização diária;
- Quanto maior for o preço do kWh, menos horas de utilização diária serão necessárias.

A tabela 5 faz um resumo do anteriormente referido.

Tabela 5– *Payback* em função das horas de utilização

Horas de utilização h	h > 24	24 > h > 0 e h > expectável	24 > h > 0 e h = expectável	24 > h > 0 e h < expectável
O <i>Payback</i> será	Impossível	Impossível	Alcançado	Superado

A título de exemplo, se se considerar uma utilização diária de 8 horas, o *Payback* em função da potência do circuito é o indicado no gráfico 2.

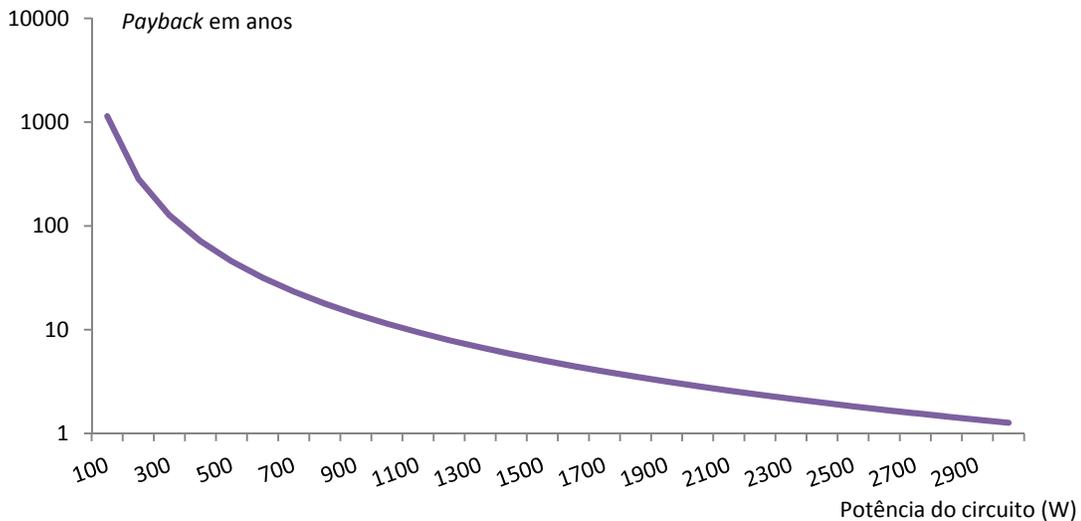


Gráfico 2 – *Payback* do investimento em função da potência do circuito

Ou seja, se se considerar 10 anos como um *Payback* aceitável, só a partir de uma potência de 1200W é que compensaria executar o circuito com uma secção superior.

combinações “Horas de utilização Vs Potência do circuito” que justificariam o investimento e a área a vermelho, as combinações que não compensariam o investimento.

Por fim, se se considerar o *Payback* de 10 anos como “aceitável”, a área a verde, da figura 1, representa as

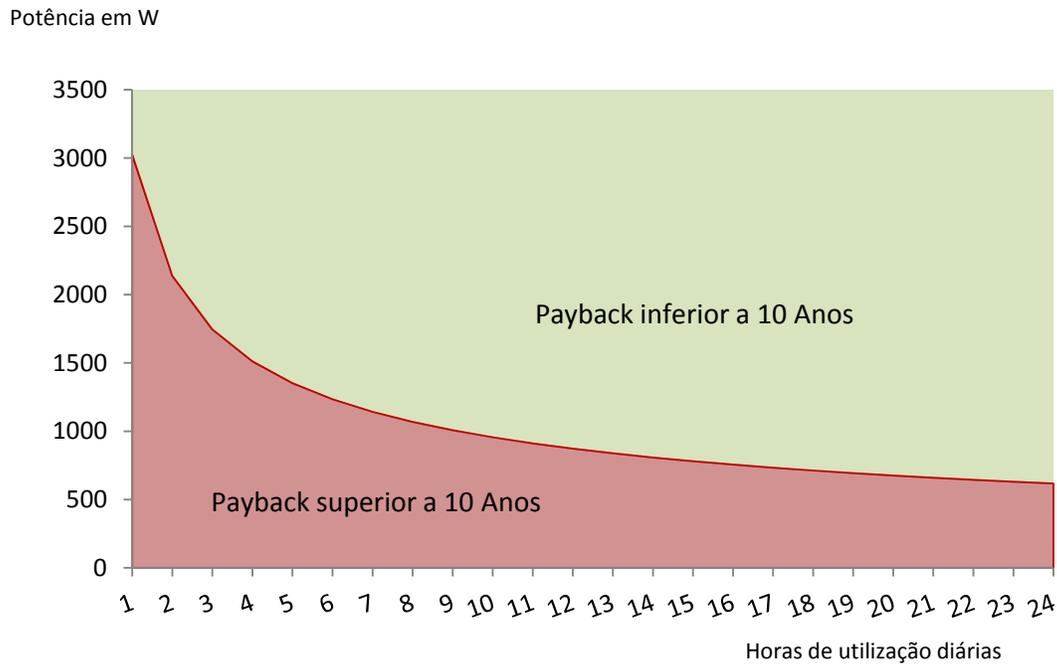


Figura 1 – *Payback* do investimento em função da potência e das horas diárias de utilização

Simplificação do cálculo:

$$Payback_{anos} = \frac{Custo\ Circuito_2 - Custo\ Circuito_1}{2 * \left(\frac{P}{U}\right)^2 * \rho * L * \left(\frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_2}\right) * \frac{1}{1000} * h * ds * 52 * Preço\ kWh} \Leftrightarrow$$

$$Payback_{anos} = \frac{3 * L * (Custo\ por\ metro_2 - Custo\ por\ metro_1)}{2 * (I)^2 * L * (R_{1/metro} - R_{2/metro}) * \frac{52}{1000} * h * ds * Preço\ kWh} \Leftrightarrow$$

$$Payback_{anos} = \frac{3 * (Custo\ por\ metro_2 - Custo\ por\ metro_1)}{2 * (I)^2 * (R_{1/metro} - R_{2/metro}) * \frac{52}{1000} * h * ds * Preço\ kWh} \Leftrightarrow$$

A fórmula simplificada para o cálculo do *Payback* em monofásico será então:

$$Payback_{anos} = \frac{28,85 * (Custo\ por\ metro_2 - Custo\ por\ metro_1)}{(I)^2 * (R_{1/metro} - R_{2/metro}) * h * ds * Preço\ kWh}$$

Para se obter o *Payback* em anos, dever-se-á inserir o “Custo por metro” de cada um dos condutores (onde o índice 1 é a secção mínima e o índice 2 a secção a ponderar), a corrente “I” (em função da potência da carga a alimentar), as horas de utilização diárias previsíveis “h”, os dias de utilização semanais “ds” (de 1 a 7) e o “Preço por kWh”.

A resistência por metro de condutor a utilizar na expressão anterior é a indicada na tabela 5, tendo sido considerada a resistividade à temperatura de serviço.

3. Conclusões

A secção ótima de um circuito dependerá não só da corrente de serviço desse circuito e da corrente máxima admissível dos condutores, mas também da utilização em horas que lhe será dada.

Em situações onde existe uma “utilização intensiva” de um circuito, a opção por uma secção “ótima” em vez da secção “mínima tabelada” permite, não só um retorno rápido do investimento, mas também, após esse retorno, uma receita contínua através da poupança em perdas por efeito de Joule.

Tabela 5 – Resistência por metro de condutor

Secção em mm ²	Resistência por metro em Cobre	Resistência por metro em Alumínio
1,5	0,01500	-
2,5	0,00900	-
4	0,00563	-
6	0,00375	-
10	0,00225	-
16	0,00141	0,00225
25	0,00090	0,00144
35	0,00064	0,00103
50	0,00045	0,00072
70	0,00032	0,00051
95	0,00024	0,00038
120	0,00019	0,00030
150	0,00015	0,00024
185	0,00012	0,00019
240	0,00009	0,00015
300	0,00008	0,00012
400	0,00006	0,00009
	$\rho_{cobre} = 0,0225 \Omega mm^2 / m$	$\rho_{alumínio} = 0,036 \Omega mm^2 / m$

LABORATÓRIO DE ELETROMAGNETISMO - ENG.º MESQUITA GUIMARÃES

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO - DEPARTAMENTO ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

O laboratório de eletromagnetismo inicialmente localizado no 2.º piso do edifício I, após a realização de obras de remodelação foi transferido para o 3.º piso do mesmo edifício, onde atualmente se encontra. No ano de 2009, o seu nome sofreu uma alteração, passando a designar-se “Laboratório de Electromagnetismo – Eng.º. Mesquita Guimarães”, em homenagem a um docente deste departamento que dedicou com grande mérito 30 anos da sua carreira profissional. Este docente, desenvolveu diversas atividades no DEE e no ISEP, nomeadamente a docência, presidência do DEE, direção dos cursos de Sistemas Elétricos de Energia e dos CESE de Comandos e Proteções, membro de órgãos de gestão da escola, entre várias outras tarefas.

Este laboratório é fundamentalmente utilizado para a lecionação da unidade curricular de Eletromagnetismo das licenciaturas de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores e Engenharia Eletrotécnica - Sistemas de Elétricos de Energia. Sendo esta unidade curricular uma das primeiras a ser lecionada nestes cursos, tem por finalidade fornecer aos alunos conhecimentos no domínio dos campos elétricos e magnéticos, que serão posteriormente utilizados noutras unidades curriculares de ambos os cursos.

O laboratório de eletromagnetismo possui vários equipamentos de relevante importância para a temática do eletromagnetismo, estando disponíveis máquinas electrostáticas como o gerador de Van der Graaf ou a máquina de Wimshurst, e vários outros materiais e equipamentos de medida que permitem aos alunos efetuarem experiências relacionadas com os campos elétricos e magnéticos, indução eletromagnética, leis de Maxwell e materiais e circuitos magnéticos. Algumas experiências aqui realizadas visam detetar a presença de cargas elétricas, deteção de campos magnéticos, verificação da existência de fem induzidas, forças magnéticas, materiais magnéticos e ciclo histerético.

Estas experiências permitem aos alunos, entre outros conceitos, obter uma visão da relação entre a carga elétrica e o magnetismo. É com base nestas relações que se compreendem os princípios de funcionamento de dois componentes elétricos essenciais, os condensadores e as bobinas e das máquinas elétricas, transformadores, motores, etc.



PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE SOFTWARE COMERCIAL DESTINADO AO PROJETO DE ENGENHARIA DA CONSTRUÇÃO



1. Introdução

A partir da década de noventa do século passado, começaram a surgir no mercado ferramentas de cálculo com o objetivo de agilizar a conceção do projeto de engenharia da construção.

Até ao final da década de setenta os computadores existentes eram enormes, apenas entidades de grande poder económico os podiam adquirir. Na década de oitenta surgiu no mercado o PC, *Personal Computer*, estas pequenas máquinas começaram a ser adquiridas pela generalidade das empresas e em Portugal no final desta década era possível encontrar indivíduos que já possuíam o seu PC.

Na década de noventa, a saída de recém-formados das instituições de ensino superior, fomentou no mercado o aparecimento de empresas de informática dedicadas à conceção de software de acordo com as necessidades do próprio mercado, daí resultando software comercial à medida e software comercial de prateleira (COTS, *Commercial Off-The-Shelf*)^[1].

O software comercial, ao ser utilizado por um grande número de pessoas, atingindo facilmente, no caso do COTS, os milhares, tem condições para evoluir de acordo com as

exigências sistemáticas do próprio mercado, atingindo elevados patamares no cumprimento de requisitos de qualidade, nomeadamente no que concerne à funcionalidade, fiabilidade, usabilidade, manutenibilidade, eficiência, portabilidade e qualidade na utilização.

A utilização de software comercial na área do projeto de engenharia da construção é hoje em dia uma prática absolutamente generalizada. A seleção do software pode tornar-se um processo complexo especialmente naquelas áreas em que existe grande oferta. A utilização de critérios de avaliação bem definidos poderá agilizar o processo e dar maiores garantias no momento da decisão final. Neste documento apresenta-se uma proposta de metodologia para avaliação e comparação de softwares.

2. A evolução da utilização do software, apresentação de um caso

A empresa Top Informática, está no mercado desde 1988, dedica-se à conceção, validação e comercialização de software para o projeto de engenharia da construção. Apresenta-se como líder de mercado desde os anos noventa, tendo iniciado a comercialização do software CYPE desde 1991.

Com base nos seus registos, relativos a vendas, apresentam-se dois gráficos, figura 1 e figura 2, que permitem observar a evolução da utilização do software como ferramenta para o projeto de engenharia da construção, bem como a importância que os softwares específicos de cada especialidade têm adquirido ao longo dos anos.

As instituições de ensino superior estão também cada vez mais empenhadas em disponibilizar para os seus alunos *softwares* comerciais, como meio de preparação para o mercado de trabalho. A análise do gráfico da figura 3 permite observar a evolução da utilização do *software* pelas instituições de ensino superior, no âmbito dos protocolos estabelecidos com a Top Informática.

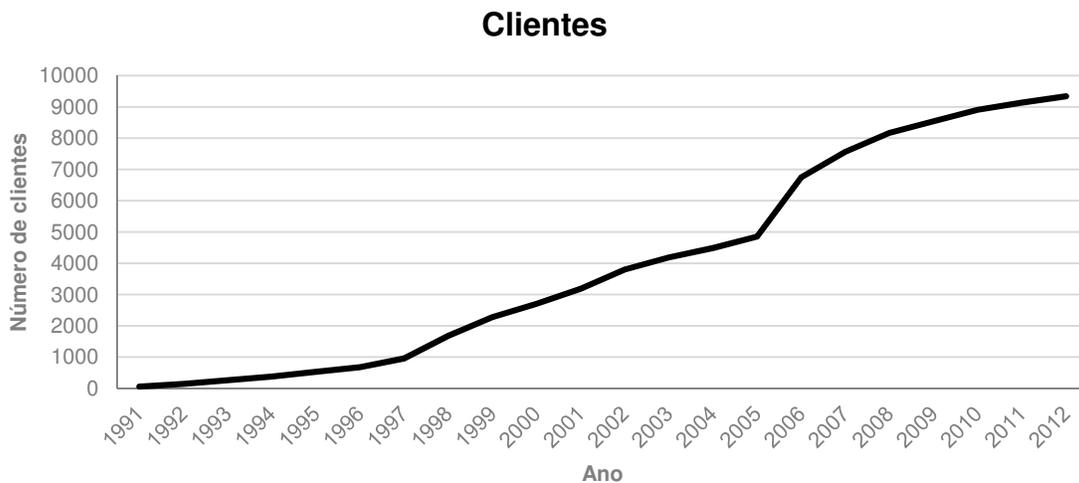


Figura 1 – Evolução do número de clientes CYPE

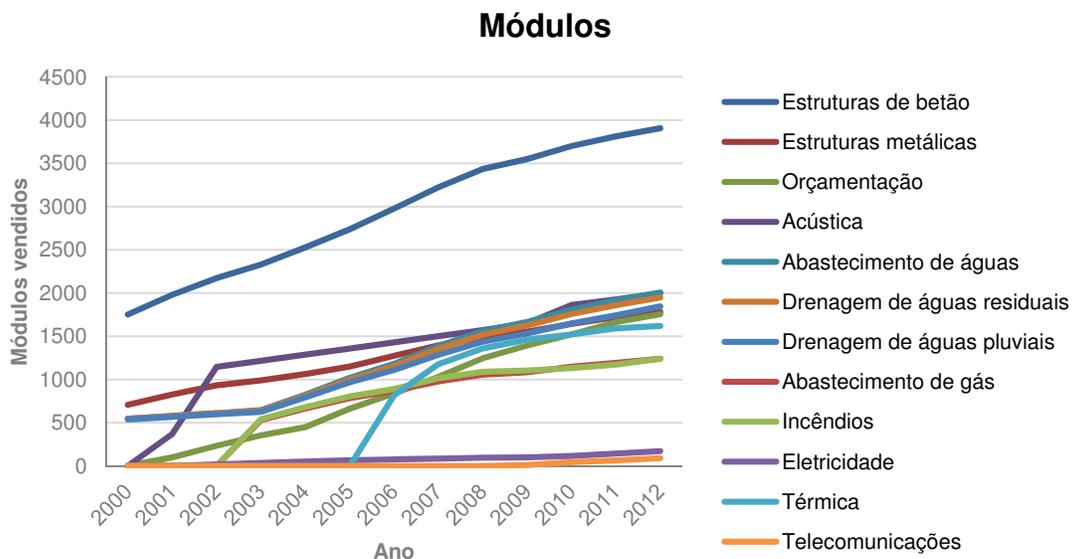


Figura 2 – Evolução do número de módulo vendidos por especialidade

Contactos protocolos

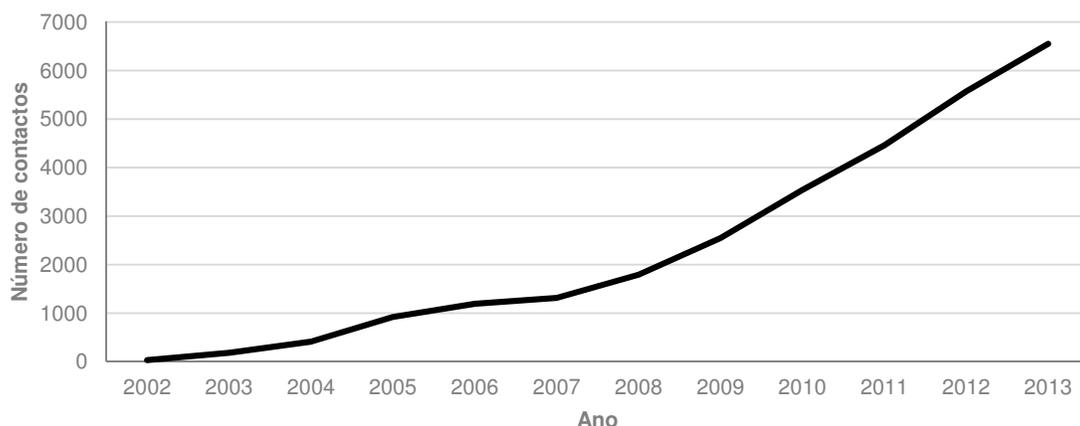


Figura 3 – Evolução do número de contactos de protocolos

Neste gráfico o número de contactos corresponde ao número total de alunos e professores inscritos nos protocolos celebrados entre as várias instituições de ensino superior e a Top Informática. No caso desta empresa o protocolo permite a utilização gratuita do software, bem como o acesso a serviços como assistência técnica, formação, atualizações, entre outros.

3. Certificação de software

O software não poderá em caso algum substituir o engenheiro projetista, independentemente da especialidade de engenharia.

O controlo dos dados e a análise de resultados é da responsabilidade do projetista, no entanto, o software pode ser mais ou menos amigável, ou seja, pode possuir características que facilitam a sua utilização e consequentemente pode permitir uma maior produtividade. Para que tal aconteça o software deve possuir requisitos de qualidade, preferencialmente reconhecidos por entidades competentes.

Pode-se afirmar que a prática da certificação de software não existe a nível mundial. Apesar de existirem normas internacionais disponíveis e entidades internacionais para

certificação, o número de softwares certificado é muitíssimo reduzido. Pode facilmente comprovar-se esta afirmação através da realização de uma pesquisa na Internet.

Em Portugal, de acordo com informação recolhida junto das entidades de certificação de produto, apenas é possível encontrar um software, o *Cypeterm*, certificado de 1 de setembro de 2010 a 30 de novembro de 2013 segundo os requisitos ISO/IEC 25051:2006 + ADENE + CERTIF, Figura 4.



Figura 4 – Marca de certificação ISO/IEC25051:2006 + ADENE + CERTIF

A CERTIF foi, em Portugal, a única entidade que apresentou no seu catálogo o serviço de certificação do produto *software*, com padrão de medição da responsabilidade de entidade reguladora, no entanto, apenas para *software* destinado ao projeto térmico de edifícios. Isto significa que atualmente em Portugal de acordo com os catálogos de serviços disponíveis, não é possível proceder à certificação de nenhum *software* com padrão de medição.

4. Requisitos de qualidade do software

Já foram referidos anteriormente alguns requisitos de qualidade aos quais deve obedecer o software, estes podem ser encontrados em normas de certificação de software como é o caso da ISO/IEC 25051:2006.

Especificam-se seguidamente os requisitos que se consideram de importância relevante para o software de projeto de engenharia da construção, de acordo com a norma referida.

- Funcionalidade

O software deve cumprir a legislação em vigor, relativa à área a que diz respeito, nomeadamente através das suas funções de cálculo descritas em catálogo.

O software deve, dentro da medida do possível, ser constituído por módulos de acordo com as necessidades específicas dos utilizadores.

O software deve ser testado exaustivamente para assegurar aos utilizadores a exatidão dos cálculos efetuados de acordo com as metodologias de cálculo de engenharia aplicáveis.

A arquitetura do software deve permitir a comunicação com outros softwares e, atendendo ao atual estado da arte, deve aplicar tecnologia BIM.

O software deve descrever claramente se possui sistema de proteção, uma vez que a utilização sem o referido sistema constitui crime punível por lei.

- Fiabilidade

O software deve permitir ao utilizador realizar, a qualquer instante, a gravação dos dados. Adicionalmente o software deve efetuar gravações automáticas dos dados. Sempre que se efetue uma nova gravação de dados a anterior deverá ser mantida, sendo possível o seu restauro, em caso de eventual falha.

Ocorrendo uma falha nos recursos do sistema ou rede o software deve permitir recuperar a anterior cópia de segurança da obra e continuar a operar.

- Usabilidade

A introdução de dados deve ser de um modo geral gráfica. Este tipo de interface simplifica o processo da realização de projeto, porque diminui o tempo necessário para a introdução dos dados, bem como o risco de introdução de dados errados.

A partir de dados básicos, o software deve realizar automaticamente cálculos cujos resultados devem servir de inputs para cálculos mais complexos. Este processo diminui a possibilidade de erro humano na introdução de dados.

A interface deve ser intuitiva e conferir ao produto um elevado grau de inteligibilidade, tornando ao mesmo tempo o software prático e de fácil aprendizagem e utilização.

Sempre que necessário o software deve conter ajudas que esclareçam o dado pretendido ou o resultado obtido.

O *software* deve permitir a configuração de menus. Deve também, por exemplo, permitir configurar bibliotecas de materiais e elementos construtivos, entre outras, através de comandos simples de cópia e edição.

O *software* deve conter documentação do utilizador, como manuais, tutoriais, vídeos, etc., com exemplos práticos de aplicação.

O *software* deve ser disponibilizado a utilizadores específicos (investigadores, professores, estudantes e formadores), preferencialmente de forma gratuita. Deve também fornecer versões de avaliação gratuitas para que o software possa ser devidamente analisado pelos potenciais utilizadores.

A usabilidade do *software* deve ser reconhecida publicamente pelos utilizadores, através de estudos de satisfação.

- Eficiência

Devem ser definidos claramente os requisitos mínimos, de hardware e sistema, especialmente os requisitos recomendáveis para o correto funcionamento do software. Estes devem corresponder aos existentes correntemente no mercado.

Os recursos não devem condicionar o desempenho do software. O cálculo deve ser rápido, quando operado num sistema que possua os requisitos mínimos necessários.

- Manutenibilidade

O software deve ter um preço inicial adequado às suas potencialidades.

O software deve ser permanentemente atualizado, através da introdução de sucessivas melhorias ao longo da vida de cada versão.

Deve assegurar também que são contempladas todas as alterações decorrentes de alterações à regulamentação, sistemas operativos, arquiteturas de hardware ou programas interatuantes.

As sucessivas versões do software devem ser submetidas a um rigoroso plano de testes para identificação de eventuais falhas, face às versões anteriores.

O preço das atualizações deve ser tabelado, ou caso tal não seja possível devem ser definidos valores limite.

Deve ser previsto um sistema que reporte à Assistência Técnica eventuais anomalias.

Deve ser assegurada a Assistência Técnica ao software mediante condições claramente definidas.

Deve estar definido o processo de substituição em caso de avaria ou roubo do software e/ou proteção física, caso exista.

- Portabilidade

O software deve poder ser instalado de acordo com os diferentes sistemas operativos previstos. Deve estar definido o processo de instalação do software.

Devem estar definidas as condições de instalação de acordo com as licenças adquiridas para monopoio ou rede.

A reinstalação do software, no caso de atualização, deve permitir manter configurações, como por exemplo barra de ferramentas, periféricos para impressão e bibliotecas.

Deve ser possível copiar as obras com todos os seus dados e também resultados de cálculo de um computador para outro. A cópia deve poder ser feita através da rede ou utilizando um dispositivo de armazenamento. A pasta das obras deve poder estar em qualquer parte do disco ou na rede.

O software deve manter a sua aptidão funcional quando instalado em sistemas com outros softwares.

O software deve cumprir os padrões vigentes no que se refere à portabilidade.

- Qualidade na utilização

O plano de testes relativo a cada versão e atualização do software deve permitir concluir da capacidade do software para a realização do projeto da especialidade em questão, com resultados corretos e completos, por forma a dar resposta à legislação em vigor e práticas construtivas.

Para os modos de falha existentes no software, este deve dispor de avisos que alertem o utilizador para os erros de operação.

As consequências negativas das falhas do software não deverão ser relevantes.

A generalidade dos utilizadores deve declarar-se satisfeita ou muito satisfeita com o desempenho global do software.

5. Metodologia de avaliação de *software*

A presente metodologia é uma proposta para avaliação de *software* de acordo com os requisitos de qualidade especificados no ponto 4. É possível definir requisitos adicionais, para os quais se poderá aplicar esta mesma metodologia.

Considere-se o requisito “Funcionalidade” definido no ponto 4. Designe-se por F_c .

Considerem-se para este requisito as seguintes características:

F_{c1} O *software* cumpre a legislação em vigor, para a área a que diz respeito

F_{c2} O *software* é constituído por módulos de acordo com as necessidades do utilizador

F_{c3} Existem evidências dos testes realizados que comprovem a exatidão dos cálculos

F_{c4} O *software* permite a comunicação com outros softwares

F_{c5} O *software* aplica a tecnologia BIM

Para este requisito definiram-se 5 características. Igual procedimento pode ser aplicado a cada um dos restantes requisitos, podendo o número de características de cada requisito tomar o valor de “n”.

Deste modo podem-se estabelecer as seguintes expressões:

$$F_c = \sum_{i=1}^n \alpha_i F_{c_i} \quad (1)$$

Em que:

α_i Coeficiente de ponderação da característica F_{c_i}

$$0 < \alpha_i \leq 1, \quad \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$$

F_{c_i} Pontuação atribuída à característica “i” do requisito “Funcionalidade”

$$F_b = \sum_{i=1}^n \beta_i F_{b_i} \quad (2)$$

Em que:

β_i Coeficiente de ponderação da característica F_{b_i}

$$0 < \beta_i \leq 1, \quad \sum_{i=1}^n \beta_i = 1$$

F_{b_i} Pontuação atribuída à característica “i” do requisito “Fiabilidade”

$$U_s = \sum_{i=1}^n \gamma_i U_{s_i} \quad (3)$$

Em que:

γ_i Coeficiente de ponderação da característica U_{s_i}

$$0 < \gamma_i \leq 1, \quad \sum_{i=1}^n \gamma_i = 1$$

U_{s_i} Pontuação atribuída à característica “i” do requisito “Usabilidade”

$$E_f = \sum_{i=1}^n \delta_i E_{f_i} \quad (4)$$

Em que:

δ_i Coeficiente de ponderação da característica E_{f_i}

$$0 < \delta_i \leq 1, \quad \sum_{i=1}^n \delta_i = 1$$

E_{f_i} Pontuação atribuída à característica “i” do requisito “Eficiência”

$$M_n = \sum_{i=1}^n \rho_i M_{n_i} \quad (5)$$

Em que:

ρ_i , coeficiente de ponderação da característica M_{n_i}

$$0 < \rho_i \leq 1, \quad \sum_{i=1}^n \rho_i = 1$$

M_{n_i} , pontuação atribuída à característica “i” do requisito “Manutenibilidade”

$$P_r = \sum_{i=1}^n \mu_i P_{r,i} \quad (6)$$

Em que:

μ_i Coeficiente de ponderação da característica $P_{r,i}$

$$0 < \mu_i \leq 1, \quad \sum_{i=1}^n \mu_i = 1$$

$P_{r,i}$ Pontuação atribuída à característica “i” do requisito “Portabilidade”

$$Q_u = \sum_{i=1}^n v_i Q_{u,i} \quad (7)$$

Em que:

v_i Coeficiente de ponderação da característica $Q_{u,i}$

$$0 < v_i \leq 1, \quad \sum_{i=1}^n v_i = 1$$

$Q_{u,i}$ Pontuação atribuída à característica “i” do requisito “Qualidade na utilização”

A pontuação a atribuir a cada característica poderá obedecer ao seguinte critério:

mau = 1; razoável = 2; bom = 3; excelente = 4.

A pontuação, p , obtida pelo *software* será dada pela expressão:

$$p = (F_c + F_b + U_s + E_f + M_n + P_r + Q_u) / 7 \quad (8)$$

Na expressão (8), o somatório das pontuações ponderadas obtidas para cada requisito é dividido por 7, sendo este o número de requisitos especificados no ponto 4, no entanto, outros requisitos poderão ser definidos, aplicando esta mesma metodologia. Também pode ser criada a hipótese de atribuir pesos a cada requisito, uma vez que estes podem ter entre si distinta importância.

6. Conclusão

A utilização de *software* comercial para o projeto de engenharia da construção tem sofrido uma enorme evolução desde a década de noventa até à atualidade, conseqüentemente tem também surgido no mercado uma enorme oferta para cada especialidade do projeto. A seleção de *software* pode tornar-se num processo complexo, especialmente por ser difícil ao utilizador identificar claramente quais os requisitos de qualidade que este deve cumprir. A certificação do *software* como meio de reconhecimento do cumprimento de requisitos facilitaria o processo de seleção, no entanto, o *software* certificado é praticamente inexistente no mercado. Este documento orienta o utilizador para a identificação de requisitos e apresenta uma proposta de metodologia de avaliação do *software*. A aplicação desta metodologia a vários *softwares* permite obter a respetiva pontuação, servindo esta de termo de comparação entre eles, podendo, assim, o utilizador selecionar o *software* mais eficiente para a sua atividade.

7. Referências bibliográficas

- (1) ISO/IEC 25051:2006. Software engineering — Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Requirements for quality of Commercial Off-The-Shelf (COTS) software product and instructions for testing.
- (2) ISO/IEC 9126-1:2001. Software engineering — Product quality — Part 1: Quality model.
- (3) ISO/IEC TR 9126-2:2003. Software engineering — Product quality — Part 2: External metrics.
- (4) ISO/IEC TR 9126-4:2004. Software engineering — Product quality — Part 4: Quality in use metrics.
- (5) ISO 9127 1988. Information processing systems — User documentation and cover information for consumer software packages.
- (6) ISO/IEC 90003:2004. Software engineering — Guidelines for the application of ISO 9001:2000 to computer software.

**S+****SCHMITT+SOHN
ELEVADORES**

ELEVADORES

O elevador modificou a arquitectura. E a arquitectura por sua vez inspirou-nos a criar um design inovador. Claro na forma e na função. Qualidade máxima para uma arquitectura exigente.



www.schmitt-elevadores.com



POWER OVER ETHERNET

A SOLUÇÃO DE VANGUARDA NAS COMUNICAÇÕES BASEADAS EM IP

1. Introdução

Mal sabia o Italiano Antonio Santi Giuseppe Meucci na segunda metade do século XIX (1870-1876), que a sua invenção iria alcançar um êxito sem precedente e que mudaria por completo o estilo de vida das gerações vindouras: o “*Teletrofono*” (telégrafo falante). Porém, e por necessidade, acabou por vender o protótipo e seus respetivos direitos, a Alexander Graham Bell, o qual ficou historicamente conhecido como o inventor do telefone.

Com efeito, o telefone quase que dispensa apresentação. É um dispositivo de telecomunicações que entrou paulatinamente nas vidas das pessoas, seja no lazer, no exercício das suas profissões, em situações de emergência, em teatro de guerra, num infindável número de situações, e que foi simplesmente planeado para transmitir sons por meio de sinais elétricos em condutores próprios para o efeito (vias telefónicas).

Por definição, é um aparelho eletroacústico que permite a transformação, no ponto emissor, de energia acústica em energia elétrica e, no ponto receptor, a transformação da energia elétrica em acústica, permitindo assim a troca de informações (falada e ouvida) entre dois ou mais assinantes.

Ora, a ideia de *Power over Ethernet* (PoE) teve, forçosamente, seu marco nos finais do século XIX, quando Alexander Bell (“*Bell Telephone Company*”) teve de refletir/decidir se o telefone a instalar em cada residência, seria alimentado localmente por uma bateria (fonte de energia local), ou se deveria alimentar cada dispositivo telefónico remotamente através de fios condutores. Esta é a noção de *Power over Ethernet* na sua vanguarda de aplicação no início do século XXI, e objeto de uma breve apresentação, à qual o convido à leitura das restantes secções.

2. Tecnologia *Power Over Ethernet* – PoE

A tecnologia PoE permite que os equipamento e dispositivos que se baseiam em IP (“*Internet Protocol*”), os quais comunicam na internet, tais como os telemóveis, telefones fixos IP, pontos de acesso à LAN (“*Local Area Network*”) sem fio, câmaras de sistemas de videovigilância, entre outros, recebam simultaneamente a alimentação de energia elétrica e dados, partilhando a mesma infraestrutura de internet existente diminuindo, assim, os custos com a instalação de uma infraestrutura separada para os cabos de energia elétrica, tomadas elétricas, etc.

Apenas no início deste século XXI a tecnologia PoE foi aceite pela indústria (o IEEE), tendo originado a emissão de uma norma internacional (IEEE 802.3af-2003 - POE) intitulada de: *Data Terminal Equipment (DTE) Power via Media Dependent Interface (MDI)*. A referida norma determinou que apenas dois dos quatro pares de cobre entrançados de fios do cabo internet CAT-5 (embora possam operar em cabos par de cobre CAT-3 se a potência requerida for baixa) sejam utilizados para a transmissão da alimentação de energia elétrica, até a um valor de potência de 15,4W por porta, aos respetivos equipamentos a serem alimentados.

Porém, os equipamentos e dispositivos mais avançados que se baseiam nesta tecnologia requerem cada vez mais, maior valor de potência que a especificada na norma IEEE 802.3af-2003. Para fazer face a esta situação foi desenvolvida uma nova norma com o intuito de melhorar as diretrizes da tecnologia PoE assentes na norma anterior. Assim, recentemente (2009), a publicação da norma IEEE 802.3at-2009 (PoE+) promoveu o aumento da capacidade de alimentação. A norma intitulada “*Data Terminal Equipment (DTE) Power via Media Dependent Interface (MDI) Enhancements*”, definiu o valor máximo de 30W a ser fornecido por porta.

Ainda assim existe uma clara tendência e necessidade do mercado em novas tecnologias que permite a transferência de “high-power” (alta potência) simultaneamente com os sinais de dados, utilizando-se os quatro pares do cabo internet a uma distância máxima de 100 metros. Neste contexto pode-se enunciar as seguintes tecnologias (proprietárias) desenvolvidas, as quais são extensões da norma IEEE 802.3at-2009:

- **UPoE - Universal Power Over Ethernet:** Tecnologia desenvolvida pela Cisco; utilizam-se os quatro pares para transmissão de potência até 60W;

- **PoH - Power over HDBaseT:** Tecnologia desenvolvida pela HDBaseT Alliance; utilizam-se os quatro pares para transmissão de potência até 100W;

- **LTPOE++ - Linear Technology PoE++:** Tecnologia desenvolvida pela Linear Technology que fornece quatro diferentes níveis de alimentação (38,7W; 52,7W; 70W e 90W).

Atualmente, e no contexto do panorama nacional de comunicações eletrónicas, vivemos num período de mudança e atualização de especificações técnicas, que vão ao encontro da realidade social e económica do país. Com efeito, a ANACOM (Autoridade Nacional de Comunicações) apresenta no seu site a proposta da 3ª Edição do Manual ITED que se encontra em consulta e discussão pública até ao próximo dia 23 de Dezembro do corrente ano de 2013 (<http://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=1182017>, disponível online em dezembro de 2013). Esta proposta de Manual, embora não seja um Manual de rutura face ao anterior, tem um maior foco sobre a reabilitação e reformulação das frações existentes, propiciando o aparecimento e adaptação das infraestruturas de telecomunicações a novas tecnologias.

Neste contexto, é com naturalidade que na secção 10.9 do documento de proposta da 3ª Edição do Manual ITED, seja apresentada a tecnologia PoE como solução a ter em conta em sistemas de comunicações que usem dispositivos baseados na tecnologia IP.

3. Arquitetura do sistema PoE

Um sistema *Power Over Ethernet* (PoE e/ou PoE+) consiste de um único equipamento de fornecimento de energia (“*Power Source Equipment*” – PSE), um segmento de *link* (cabo entrançado par de cobre), e um único PD (“*Powered Device*” ou “*Powered End Station*”, ex: IP camaras de vídeo IP, telefone IP, impressora, computador, etc.) sendo sua arquitetura projetada numa topologia em estrela, conforme os exemplos ilustrados na Figura 1.

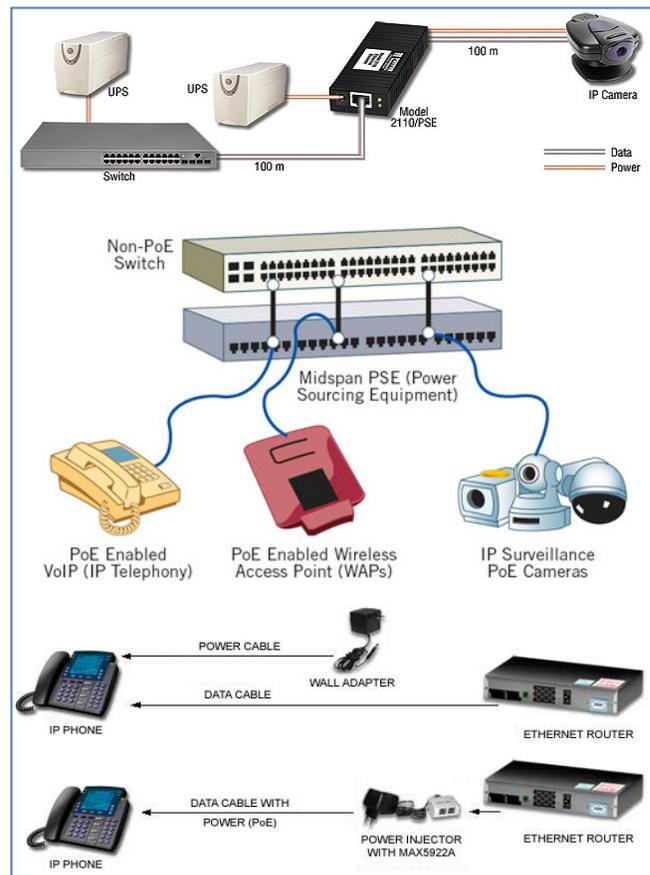


Figura 1 – Exemplos da arquitetura da tecnologia PoE

A especificação IEEE 802.3at-2009 fornece uma rotina denominada de “*handshaking*” entre o PSE e o PD, antes deste começar a ser alimentado por aquele. Isto assegura que o PSE só aplique a energia DC (“*Direct Current*”) em cada par de cobre quando um dispositivo conectado tenha sido detetado como compatível.

Basicamente, e de acordo com a especificação IEEE mencionada, a rotina "handshaking" é composta pelas seguintes funções:

- **Deteção:** Para detetar um equipamento PD, o PSE aplica duas pequenas tensões DC (V^1 e V^2 de 2,8V até 10V) no cabo par de cobre extraíndo o valor de impedância ("Signature Resistance") a fim de determinar se o equipamento se trata de facto de um PD válido (valor típico da "signature resistance" entre 19k Ω –26,5k Ω);

- **Classificação:** O PSE tentará classificar o equipamento PD "questionando-o" com uma outra tensão DC no segmento do link. Ao receber esta tensão DC, o equipamento PD envia uma resposta ao PSE com o valor de DC que corresponde à sua classificação. Ao receber a resposta do PD, o PSE identifica e fornece a alimentação requerida.

- **Transmissão de alimentação:** Dado que alimentação está a ser transmitida, o PSE monitoriza continuamente o consumo DC pelo equipamento PD.

- **Desconexão segura:** A norma IEEE 802.3at-2009 especifica que quando um PSE parar de receber a "assinatura de alimentação" do PD, o PSE deverá interromper a alimentação, evitando, assim, possíveis danos.

Por vezes os equipamentos terminais PoE (PDs) são instalados em locais de difícil acesso e com distância relativamente elevadas. Respeitando a distância limite imposta por norma ao cabeamento em par de cobre, a instalação entre o PSE e o PD não deverá exceder os 100 metros.

Uma vez que neste tipo de tecnologia se elimina a passagem de cabo de alimentação de energia eléctrica aos dispositivos terminais (PD), o grande desafio da aplicação da tecnologia PoE é garantir a alimentação eléctrica a PD remotos, nomeadamente em locais fora do limite de distância do cabeamento par de cobre. Mesmo utilizando-se os "Midspans" estes não aumentam a distância da rede de dados. A Figura seguinte reflete um ambiente padrão onde a limitação do cabeamento de cobre é seguido a rigor (exemplo 1 e 2).

Nos casos em que os PDs se situem em distâncias superiores a 100 metros, uma possível solução é a de integrar o cabeamento par de cobre com o cabo de fibra ótica (FO), utilizando-se para tal Conversores de Mídia PoE, conforme representado no exemplo 3 da Figura 2.

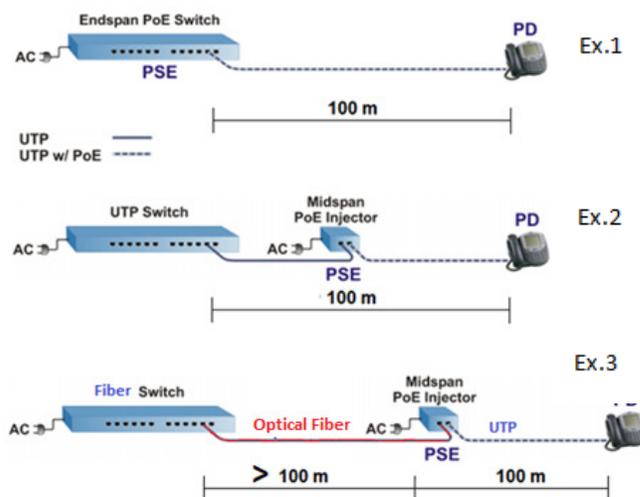


Figura 2 – Representação da distância máxima de alimentação de dispositivos terminais via PoE

Apesar de existirem soluções como Extensores de LAN ("LAN Extenders"), conversores UTP para tecnologia coaxial e tecnologias Wireless, a solução que realmente se apresenta com maior grau de segurança e confiabilidade para assegurar a alimentação aos dispositivos PDs em locais que excedem os 100 metros, é a utilização de Conversores de Mídia PoE, os quais possibilitam a utilização de cabos de fibra ótica.

Conforme representado na Figura 2, os dispositivos PD foram instalados com uma distância onde o limite de 100 metros para o cabeamento UTP foi excedido.

Assim, a gestão dos equipamentos PDs é potenciada com base na implementação de um Conversor de Mídia PoE (PSE) e, conseqüentemente, o uso de cabo de fibra ótica para conectorizar à LAN.

O cabo de fibra ótica utilizado é estabelecido entre um Switch de FO e termina no Conversor de Mídia PoE, localizado perto de uma fonte de alimentação de energia eléctrica, conforme ilustrado na Figura 2, exemplo 3.

Por sua vez, os dispositivos PD – câmara videovigilância IP, telefone IP, *Wireless AP*, etc. – são conectados ao Conversor de Mídia PoE, o qual os alimenta em corrente contínua através da utilização de cablagem de par de cobre.

Sucintamente, as principais vantagens da utilização da tecnologia POE são:

- **O baixo custo:** Com efeito elimina a necessidade de uma infraestrutura de cabeamento para alimentação de cada PD, uma vez que num único cabo é usado para transmissão de energia elétrica e dados;
- **Eficiência energética:** Devido à facilidade de controlo sobre a alimentação de dispositivos ligados remotamente no edifício ou fração;
- **Fiabilidade da instalação:** Permite facilmente suportar através dos cabos de comunicação alimentação elétrica socorrida a sistemas críticos, como por exemplo, câmaras de segurança, telefones IP, etc.;
- **Flexibilidade:** Os equipamentos PDs podem ser localizados independentemente das fontes de energia existentes no edifício ou fração, designadamente em locais de difícil acesso à energia elétrica;

- **Gestão:** Os equipamentos baseados na tecnologia PoE podem ser facilmente geridos via SNMP (*Simple Network Management Protocol*).

Conforme referido na secção 10.9.3 da proposta do Manual ITED 3ª Edição de dezembro 2013, a utilização de PoE nas Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios (ITED) poderá trazer vantagens acrescidas, nomeadamente quando associado a sistemas complementares de sistemas de segurança (videovigilância) ou na alimentação de pontos de acesso WiFi, conforme representado na Figura seguinte adaptado da proposta de Manual referida.

Como a Figura sugere, o equipamento fonte de energia (PSE) poderá/deverá ficar localizado no ponto de distribuição do fogo (PDF), atualmente e à luz da vigente 2ª Edição do Manual ITED, denominado por ATI. Por motivos extra de segurança, poder-se-á instalar uma fonte socorrida para alimentação (UPS) destes equipamentos. Todos os dispositivos ativos terão de ficar instalados no PDF, sendo a energia injetada na ligação permanente em pares de cobre da rede individual. Com efeito, o RC-PC deverá permitir a passagem de corrente requerida pelos dispositivos PoE, conforme evidencia a Figura 3.

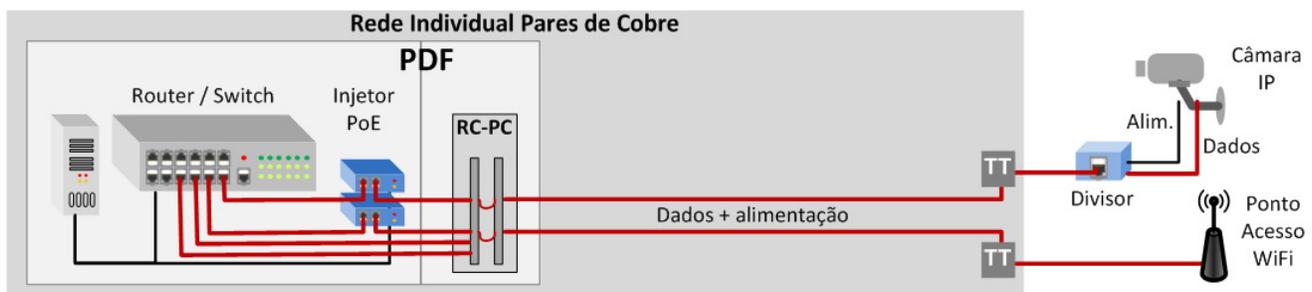


Figura 3 – Aplicação da tecnologia PoE

(Adaptado da proposta de 3ª Ed. Do Manual ITED em consulta pública disponível online em dezembro de 2013:
<http://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=1182017>)

4. Conclusões

A tecnologia Power over *Ethernet* – PoE é uma tecnologia emergente, assente em conceitos idealizados e concebidos há quase 150 anos. A relação custo/benefício é extremamente interessante pelo que se torna cada vez mais numa solução muito atrativa por parte dos fabricantes, aliada à sua extrema comodidade, flexibilidade, recursos avançados de gestão e, não menos importante, segurança.

Esta tecnologia, a par da generalidade das tecnologias de comunicações eletrónicas, está em constante evolução e, conseqüente, vão aparecendo novas inovações de

dispositivos de forma a permitir a transmissão de corrente contínua de maior potência, juntamente com os sinais de dados, sobre a mesma infraestrutura de cablagem.

No entanto, o grande desafio alcançado foi a de permitir alimentar dispositivos PDs através da transmissão de corrente contínua, juntamente com a transmissão de dados, sobre o cabo de par de cobre entrançado, eliminando custos de infraestruturas para o abastecimento de energia elétrica.

De salientar que a tecnologia PoE não tem qualquer influência no desempenho da comunicação de dados existente no mesmo cabo

CURIOSIDADE



CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO PÓS-GRADUADA EM Sistemas de Segurança, Gestão Técnica e Domótica

OBJETIVOS

Promover competências aos pós-graduados no âmbito do projeto, execução e exploração de instalações de segurança.

DESTINATÁRIOS

O curso destina-se a arquitetos, engenheiros e engenheiros técnicos.

As competências conferidas pelo curso são particularmente interessantes para projetistas, responsáveis pela execução e exploração de instalações de segurança, assim como profissionais interessados, em geral na área da segurança e, em particular da segurança contra incêndio em edifícios.

ESTRUTURA DO CURSO

- **Segurança Contra Incêndio em Edifícios**
- **Videovigilância e Controlo de Acessos**
- **Sistemas Automáticos de Detecção de Intrusão**
- **Instalações em Edifícios Inteligentes**

CRENCIAÇÃO

O curso é reconhecido como formação habilitante de técnicos responsáveis pela elaboração de projetos e planos de SCIE da 3ª e 4ª categoria de risco pela Autoridade Nacional de Proteção Civil.

LOCAL

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto

Tel. 228 340 500 – Fax: 228 321 159

Info: jbc@isep.ipp.pt

DETEÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIOS.**DETETORES LINEARES DE CALOR E DE FUMOS.****1 Generalidades**

Existem situações particulares de deteção de incêndio nas quais os tradicionais detetores pontuais de fumo e calor podem não ser a solução mais adequada. São exemplo destas situações, a proteção de grandes áreas e/ou grandes distâncias. Nestas situações, poder-se-á equacionar a utilização de detetores lineares de calor e de fumos.

2. Detetores lineares de calor**2.1. Generalidades**

Os detetores lineares de calor, são uma solução muito interessante, para proteção contra incêndios em locais exteriores e em locais nos quais se possa verificar a presença de agentes químicos, corrosão, níveis de humidade e poeira elevados e altas temperaturas.

Como situações onde podem ser empregues os detetores lineares de temperatura, pode-se referir:

- Túneis;
- Minas;
- Parques de estacionamento;

- Estações ferroviárias, terminais de passageiros, corredores de ligação;
- Depósitos de líquidos e gases combustíveis
- Estações de abastecimento de combustível;
- Locais ATEX;
- Galerias e caminhos de cabos;
- Fábricas químicas, farmacêutica, tintas,...



Os detetores lineares de calor são robustos, de fácil instalação, de manutenção reduzida, têm uma fiabilidade elevada (reduzida probabilidade de ocorrência de falsos alarmes) e promovem uma deteção da situação de alarme muito rápida, além de permitir indicar, na unidade de controlo, qual o ponto de alarme ao longo do seu comprimento o que, num sistema automático de segurança, são aspetos fundamentais.

2. 2. Princípio de funcionamento

Existem diversas tecnologias dos detetores lineares de calor:

- Deteção linear de temperatura por variação de pressão

Uma das tecnologias baseia-se na alteração da resistência de um condutor elétrico causada por uma variação de temperatura.

Num cabo sensor, constituído por quatro condutores, cada um dos seus condutores está rodeado por um material com um coeficiente de temperatura negativo e envolvido numa cobertura externa resistente ao calor. Dois condutores estão ligados à extremidade do cabo do sensor para criar dois *loops*. A extremidade do cabo do sensor encontra-se, assim, hermeticamente selada. Ambos os *loops* são continuamente monitorizados. Em caso de interrupção ou curto-circuito, a unidade de controlo gera uma mensagem de avaria ou alarme. Se a temperatura subir, a resistência elétrica entre os dois *loops* altera-se. A unidade de controlo deteta esta alteração e sinaliza o alarme se a temperatura de resposta definida for excedida.

A figura seguinte mostra uma unidade de controlo do sistema anteriormente descrito.



Detetor Linear de Calor – Bosch - CS LWM 1

- Deteção linear de temperatura por variação de resistência

Consiste na monitorização da expansão volumétrica de um gás sujeito a aquecimento e no aumento correspondente da pressão num sistema pneumaticamente estanque. O detetor de calor é composto, genericamente, por um tubo sensor e uma caixa de deteção (com unidade de controlo).

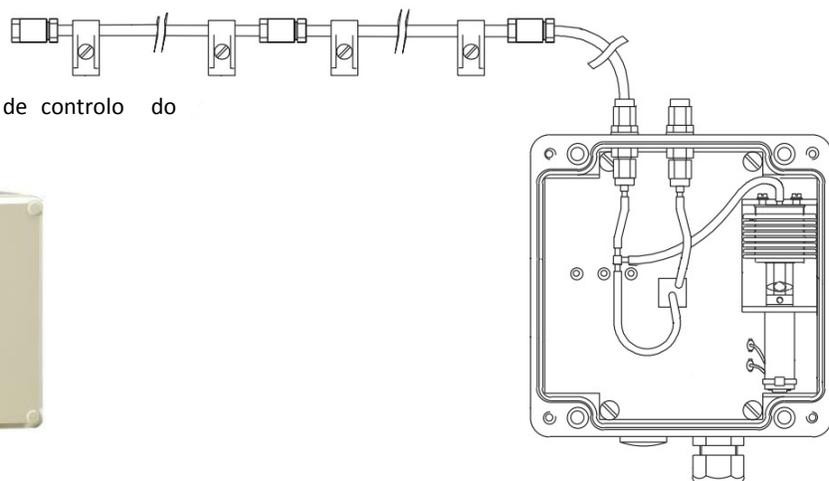
O sensor de pressão mede continuamente a pressão no tubo sensor e envia os sinais para monitorização pela unidade de controlo.

Se a pressão no tubo sensor subir rapidamente, devido a um aumento de temperatura, a unidade de controlo sinaliza o alarme.

A figura seguinte mostra uma unidade de controlo do sistema anteriormente descrito.



Detetor Linear de Calor – Bosch - ADW 511 A



3 Detetores lineares de fumo

3.1. Generalidades

Os detetores lineares de fumo são uma solução muito interessante para proteção contra incêndios em locais interiores, abertos e com elevadas dimensões.

São robustos, de fácil instalação, de manutenção reduzida, têm uma fiabilidade elevada (reduzida probabilidade de ocorrência de falsos alarmes) e, promovem uma deteção da situação de alarme muito rápida, o que num sistema automático de segurança, são aspetos fundamentais.

Como situações onde podem ser empregues os detetores lineares de fumos, podem-se referir:

- Grandes espaços com tetos altos de difícil acesso para manutenção;
- Empresas de reciclagem;
- Edifícios históricos, igrejas, museus;
- Naves industriais, armazéns;
- Centros comerciais;
- Corredores,...



Detetor linear de fumos - SIEMENS - DLA1191A

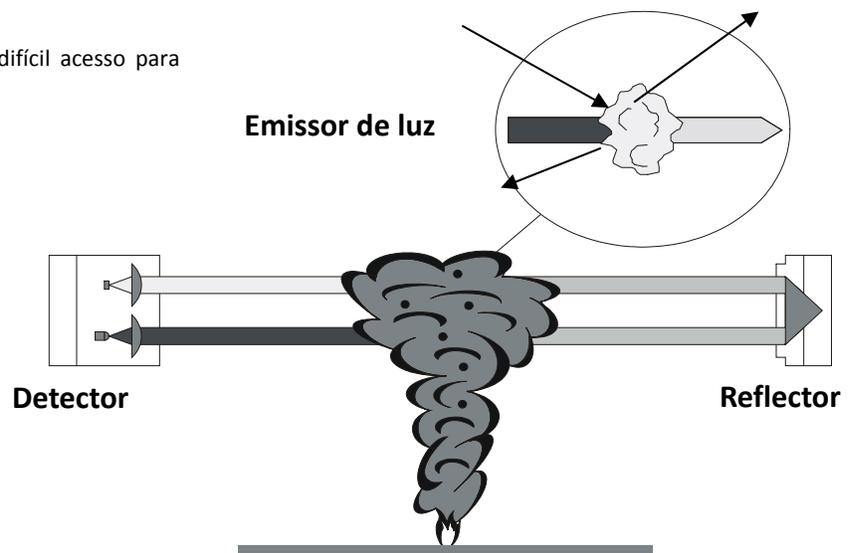
3.2. Princípio de funcionamento

Um detetor linear de fumos consiste fundamentalmente num emissor de fluxo luminoso, visível ou invisível, cuja intensidade é medida por uma célula: o recetor.

O recetor focaliza o fluxo recebido e oferece características de vigilância.

Os fumos emanados de um foco vão atenuar o fluxo do emissor, provocando assim uma modificação das características do fluxo recebido pelo recetor.

A informação de alarme resulta de um valor pré-determinado da atenuação do fluxo luminoso.



Refletor - SIEMENS - DLR1192

CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO PÓS-GRADUADA EM Projeto de Instalações Elétricas Especiais

OBJECTIVOS

Promover competências aos pós-graduados no âmbito do projeto, execução, exploração e utilização de instalações elétricas, que devido à sua especificidade possam ser consideradas instalações especiais e, de uma forma integrada, abordar todos os assuntos relacionados com a conceção de instalações elétricas.

DESTINATÁRIOS

O curso destina-se a bacharéis, licenciados e mestres recém formados na área da Engenharia Eletrotécnica e/ou Engenharia Eletrónica, assim como quadros no ativo que pretendam atualizar conhecimentos ou adquirirem competências no âmbito da conceção e utilização de instalações elétricas que devido à sua especificidade possam ser consideradas instalações especiais.

ESTRUTURA CURRICULAR

- Proteção das Instalações Contra Sobretensões
- Alimentação das Instalações Elétricas
- Instalações em locais com influências externas
- Instalações de Micro-produção

LOCAL

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto
Tel. 228 340 500 – Fax: 228 321 159

Info: jbc@isep.ipp.pt

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

1. Introdução

A iluminação pública é responsável por 3% do consumo de energia elétrica, em Portugal, tendo havido um crescimento no consumo de energia elétrica neste setor, entre 2000 e 2011, de cerca de 55%, com uma taxa média de crescimento anual de cerca de 5,1%. No ano de 2011, os custos com a iluminação pública rondaram os 170 M€, sendo que grande parte foram assegurados pelos Municípios.

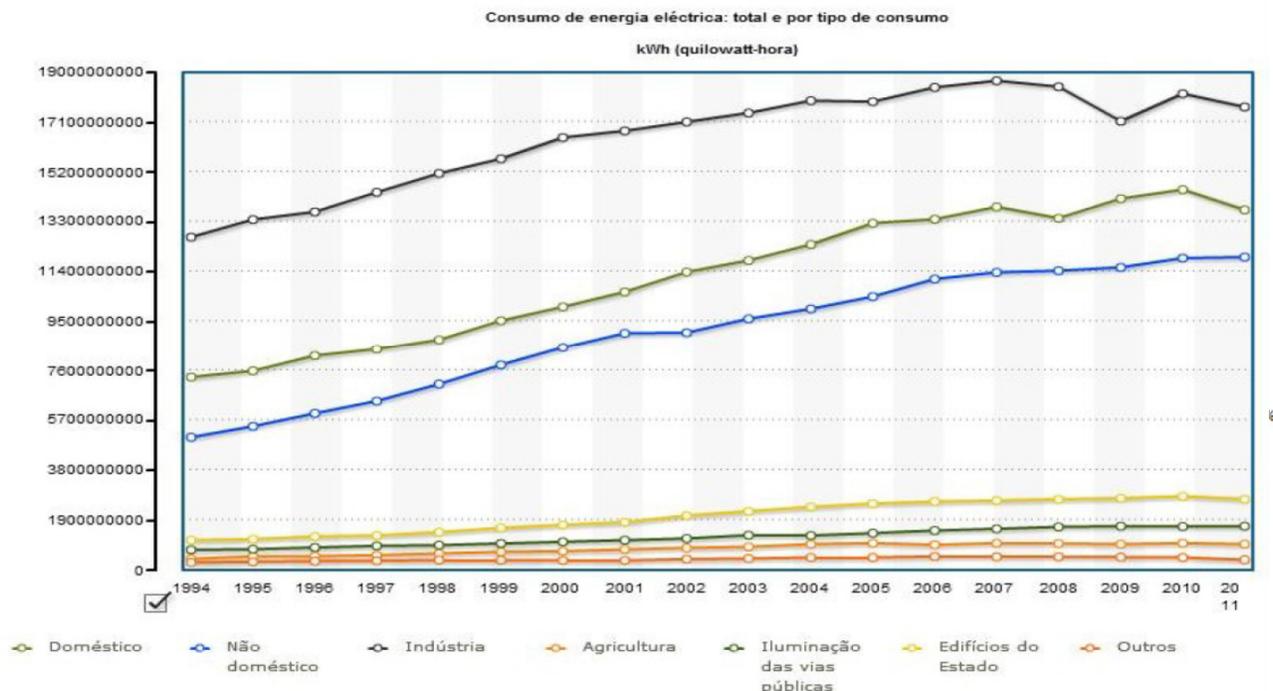
Atendendo ao panorama financeiro delicado de grande parte das autarquias do País, e sabendo que a iluminação pública tem um peso considerável nas despesas anuais de energia, faz sentido que se concentre aqui um esforço para tornar mais eficientes estas instalações.

A nível nacional, a Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE 2020) define estratégias que visam o cumprimento das medidas impostas pela União Europeia no sentido de cumprir objetivos que respeitem a sustentabilidade

A ENE 2020 define uma agenda para a competitividade, o crescimento e a independência energética e financeira do país através da aposta nas energias renováveis e da promoção integrada da eficiência energética, assegurando a segurança de abastecimento e a sustentabilidade económica e ambiental do modelo energético. Um dos eixos em que se divide a ENE 2020 visa diretamente a promoção da eficiência energética na Iluminação Pública (IP), com o objetivo de promover e apoiar projetos inovadores de iluminação pública com prioridade para os centros históricos.

Existem no mercado diversas soluções e tecnologias que permitem melhorar a eficiência energética da IP, facilitando uma gestão mais eficiente.

Estes sistemas podem também permitir economias diretas nos consumos de energia e/ou levar a um aumento da vida útil das lâmpadas, permitindo uma redução dos custos de manutenção das instalações de IP.



2. Panorama atual da IP

A Iluminação Pública é essencial para o desenvolvimento social e económico das sociedades e para o aumento da qualidade de vida das pessoas. A iluminação pública está diretamente ligada à segurança da via pública, sendo uma das características em destaque nas cidades, permitindo o reconhecimento dos espaços públicos e a orientação de trajetos, quando aplicada à iluminação rodoviária. A pesar de nos primórdios da iluminação pública, ela ter uma função muito importante relacionada com a segurança das pessoas, hoje em dia essa função começa a desvanecer-se, embora não haja dúvidas que um local bem iluminado é muito mais confortável que um local escuro.

A Iluminação Pública (Urbana) está diretamente relacionada com a iluminação publicitária, com a iluminação exterior de arquitetura e com a iluminação das vias e espaços públicos.

Não existe documentado o número exato de pontos de luz associados à iluminação pública, mas prevê-se que se situe, em Portugal, entre os 3 e os 4 milhões.

Deixando de fora deste artigo a iluminação publicitária, as soluções habitualmente utilizadas no mercado da iluminação pública são as seguintes:

- Mercúrio
- Sódio de baixa pressão
- Sódio de alta pressão
- Iodetos metálicos
- LED's

Embora ainda possam existir na atual infraestrutura de iluminação pública, as soluções de mercúrio estão proibidas do mercado da UE desde 2010, não podendo ser utilizadas em novas instalações. Este facto deve-se principalmente à sua baixa eficiência energética e elevada toxicidade.

A tecnologia mais utilizada atualmente é a de sódio de alta pressão (HPS – High-Pressure Sodium).

Mais recentemente, e com o desenvolvimento da tecnologia, é possível aplicar a tecnologia LED à iluminação pública, mediante a combinação de um determinado número de díodos, que permitem obter, no final, as características e

requisitos de iluminação adequados a um determinado local.

Lâmpadas de vapor de mercúrio (HPM)

Este tipo de lâmpada tem como princípio de funcionamento a descarga entre dois eletrodos, localizados no interior de um tubo no qual existe uma mistura de mercúrio, sob alta pressão, e árgon. Durante o processo de aquecimento, o mercúrio vaporiza-se gradualmente, sendo emitida uma luz de fraca intensidade. Alguns modelos têm também uma camada de pó fluorescente, com o intuito de produzir radiação vermelha na parte interior do invólucro, cujo objetivo é transformar parte da radiação ultravioleta (UV) emitida em luz visível. Esta prática constitui uma melhoria significativa no aspeto da luz emitida, mas não se traduz numa melhoria expressiva do rendimento luminoso nem do índice de reprodução de cor (IRC). Existem também lâmpadas de luz mista em que o tubo de descarga com o mercúrio se encontra ligado um filamento de lâmpada incandescente, como forma de melhoramento do espectro luminoso. No entanto, para evitar a redução drástica da vida útil da lâmpada, é necessário reduzir a temperatura de funcionamento do filamento, o que leva, inerentemente a uma redução do rendimento luminoso.

Neste tipo de lâmpadas apenas 15% da energia é convertida em radiação visível, sendo os restantes 85% transformados em perdas por convecção e condução e em radiação IV e UV.

Como equipamentos auxiliares é necessário o balastro e o condensador.



Lâmpadas de vapor sódio de baixa pressão

As lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão têm como princípio de funcionamento a descarga num tubo de vidro especial em forma de U, contendo uma atmosfera composta de néon e árgon, além do sódio, onde se forma o arco elétrico, com um eletrodo em cada extremidade, desenhado para refletir a radiação infravermelha (IV), cujo objetivo é garantir uma temperatura suficientemente elevada para que seja possível a vaporização do sódio, permitindo assim a emissão de luz visível.

As LPS constituem a fonte de luz mais eficiente entre todas as lâmpadas, no que respeita a consumos energéticos e iluminação produzida, dado o seu elevado rendimento luminoso e longo período de duração de vida.

Este tipo de lâmpadas possui a capacidade de manter um fluxo luminoso constante ao longo da sua vida útil, aumentando ligeiramente o consumo à medida que se aproxima do fim de vida. Tem um rendimento luminoso muito elevado, no entanto devido a apresentar um espectro monocromático na faixa do amarelo, tem um índice de restituição de cor muito baixo, próximo de zero, e uma temperatura na ordem dos 1800 °K e os 2000 °K. Em termos tempo de vida útil o seu desempenho não é brilhante, situando-se em média, nas 16 000 horas.

Para o seu funcionamento é necessário o arrancador, o balastro e condensador como equipamentos auxiliares.



Lâmpadas de vapor sódio de alta pressão

Neste tipo de lâmpada, uma pequena quantidade de sódio misturada com mercúrio é colocada numa cápsula de vidro contendo xénon no seu interior. Durante o processo de aquecimento da lâmpada, o sódio e mercúrio vaporizam-se gradualmente, fazendo com que a lâmpada emita uma luz

ténue e, à medida que a pressão vai aumentando, a intensidade de luz vai igualmente aumentando, até estabilizar. Quanto maior for a potência da lâmpada, maior será a temperatura no seu interior e quanto maior for a temperatura, maior será a pressão do vapor e menor a resistência elétrica da lâmpada.

Este tipo de lâmpada emite radiação em grande parte do espectro visível, cerca de 30%, e muito pouca radiação na região dos UV. A luz emitida tem cor amarelada, com temperatura de cor entre os 2000 °K e os 3200 °K e com um índice de restituição de cor entre os 20 e os 70.

Tal como as lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão, necessitam de balastro, arrancador e condensador como equipamentos auxiliares.



Lâmpadas de iodetos metálicos

Este tipo de lâmpada tem, essencialmente, a mesma constituição que as lâmpadas de vapor de mercúrio, diferindo na mistura de substâncias contida no tubo de descarga. Nas lâmpadas de iodetos metálicos são adicionadas ao mercúrio misturas com emissores iónicos ou com emissores moleculares, obtendo-se uma emissão de luz com um espectro de riscas ou contínuo, respetivamente.



Este tipo de lâmpada possui um elevado rendimento luminoso, apesar de inferior aos das lâmpadas de vapor de sódio, e apresenta uma excelente restituição cromática. A luz emitida é clara, semelhante à luz do dia, com uma temperatura de cor entre os 3000 e os 6000 °K, podendo em alguns equipamentos possuir temperaturas um pouco superiores. No entanto, a cor é afetada pelas horas de utilização do equipamento, possuindo uma duração média de utilização a rondar as 9000 horas.

Lâmpadas LED

O LED é baseado no díodo semicondutor, que quando polarizado, faz com que os eletrões se recombinem no interior do dispositivo, libertando energia na forma de fótons. A luz é emitida numa banda espectral relativamente estreita e é produzida pelas interações energéticas dos eletrões.

Os leds já são usados há muito tempo e com sucesso nos mais diversos equipamentos eletrónicos. Mais recentemente começaram a ser usados na sinalização viária e agora está-se a evoluir para a sua aplicação na iluminação pública.

Os LED's de cor branca tem vindo a evoluir rapidamente, quer em potência, quer em restituição cromática, de tal forma que, hoje em dia, já conseguem ser uma alternativa à iluminação convencional em todas as suas vertentes.

A quantidade de luz emitida por um LED é conhecida como fluxo luminoso e é medido em lúmen (lm). O fluxo luminoso depende da cor e da densidade de corrente elétrica que alimenta o LED. Quanto mais corrente o chip semicondutor do LED conseguir administrar, mais fluxo luminoso será emitido. No entanto, a eficiência da transformação da corrente em luz é reduzida.

Atualmente os LED's emitem um fluxo luminoso que ronda os 150 lm/W e com potência, por LED, de 1,0 - 5,0 watts, disponíveis em várias cores, responsáveis pelo aumento considerável na substituição de alguns tipos de lâmpadas em várias aplicações de iluminação.

No entanto uma das grandes limitações deste tipo de tecnologia é a temperatura de funcionamento e o calor que é gerado quando em funcionamento, obrigando os fabricantes a ter especial atenção aos dissipadores que associam às luminárias.

Um outro problema é o diminuto angulo de abertura do feixe, problema que é ultrapassado através de refletores.

A manutenção do fluxo luminoso é expresso em horas e é definido da forma $LxBy$, onde x representa a percentagem de luz emitida pelo LED, e y representa o número de LED's que deixaram de cumprir os critérios mínimos. Para os LED's é normal considerar 60000 horas L70B10, isto significa que após 60000 horas de uso a luminária LED vai fornecer 70% do seu fluxo luminoso e que apenas 10% dos LED's não atingirá esse nível.



3. Metodologias para atingir a eficiência

A Estratégia Nacional para a Energia, ENE 2020, sugere a aposta nas energias renováveis e na promoção integrada da eficiência energética como forma de se atingir a competitividade, o crescimento e a independência energética do país.

Também como consequência da aplicação do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e da ENE 2020, o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública — ECO.AP pretende que se obtenha, até 2020, nos serviços públicos e nos organismos da Administração Pública, um nível de eficiência energética na ordem dos 20%.

Para se concretizarem tais objetivos, será necessário utilizar racionalmente a energia, melhorar a eficiência energética das instalações semaforicas e aumentar a eficiência energético-ambiental dos equipamentos de IP.

Cabe aos Municípios, através do seu relacionamento com a entidade distribuidora de energia, a responsabilidade de assegurar o bom funcionamento e avaliar o desempenho da IP. Este último aspeto revela-se particularmente importante no contexto das finanças autárquicas, pelo que as nossas cidades pretendem, atualmente, encontrar soluções para a redução do consumo de energia e custos manutenção associados às instalações de IP.

Como soluções que têm vindo a ser adotadas na IP, como forma de se melhorar a eficiência destacam-se as seguintes:

Substituição das lâmpadas

Substituição das antigas lâmpadas de vapor de mercúrio por lâmpadas mais eficientes. Usualmente a substituição é por lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, no entanto, há situações em que é alterada toda a filosofia de iluminação, podendo ser adotadas soluções mais modernas, que levam à substituição de toda a luminária.

Balastros Eletrónicos/Regulação de fluxo

A regulação de fluxo é também uma forma de se conseguir reduzir os gastos com a energia elétrica associada à iluminação pública, isto porque é conhecido que em muitos casos a iluminação pública está sobre dimensionada e não necessita de estar ligada à potência nominal durante a totalidade do período de funcionamento.



A possibilidade de se reduzir o fluxo luminoso durante determinados períodos noturnos garante economias no consumo de energia elétrica, conservando-se sempre um nível de segurança para os utentes.

Os reguladores de fluxo são equipamentos que permitem fazer a função função *dimming*. Esta poderá ser realizada pela variação por patamares ou de uma forma contínua. De um modo geral, podemos relacionar esta função com a densidade de tráfego, as condições atmosféricas locais, a adaptabilidade aos parâmetros locais do projeto de iluminação, o fator de manutenção do fluxo luminoso da lâmpada e determinada programação horária (pré-definida ou parametrizável).

Uma outra solução que poderá ser adotada é a utilização de balastros eletrónicos de duplo nível. Esta tecnologia tem como vantagens o baixo consumo, o elevado fator de potência e a capacidade de absorver variações de tensão da rede. Consegue reduzir a potência em cerca de 40% e substitui o arrancador e condensador das luminárias tradicionais.

A elevada eficiência, as perdas reduzidas e a elevada capacidade de controlo do fluxo luminoso, são vantagens muito importantes desta tecnologia.

A utilização dos balastros eletrónicos associados a outros dispositivos de poupança de energia, tais como, reguladores de fluxo e sensores de presença e luminosidade, podem levar a poupanças de energia na ordem dos 75%.

LED's

A utilização da tecnologia LED na iluminação pública começa a ser uma alternativa muito interessante, com a evolução da tecnologia associada à diminuição dos preços das luminárias.

Se na iluminação pública não viária esta tecnologia encontra-se já muito implementada, na iluminação viária ela ainda não consegue superar a tradicional utilização do vapor de sódio de alta pressão.



Se a redução efetiva dos consumos, o elevado índice de restituição de cores, a flexibilidade na temperatura da cor, a capacidade de arranque imediato, a robustez e uma vida útil muito superior às restantes tecnologias são os pontos fortes desta tecnologia, o custo das luminárias, a ainda pouca oferta de opções comerciais credíveis e a incerteza da fiabilidade por serem equipamentos com muita eletrónica expostos a condições climatéricas adversas, são os pontos fracos deste tipo de iluminação.

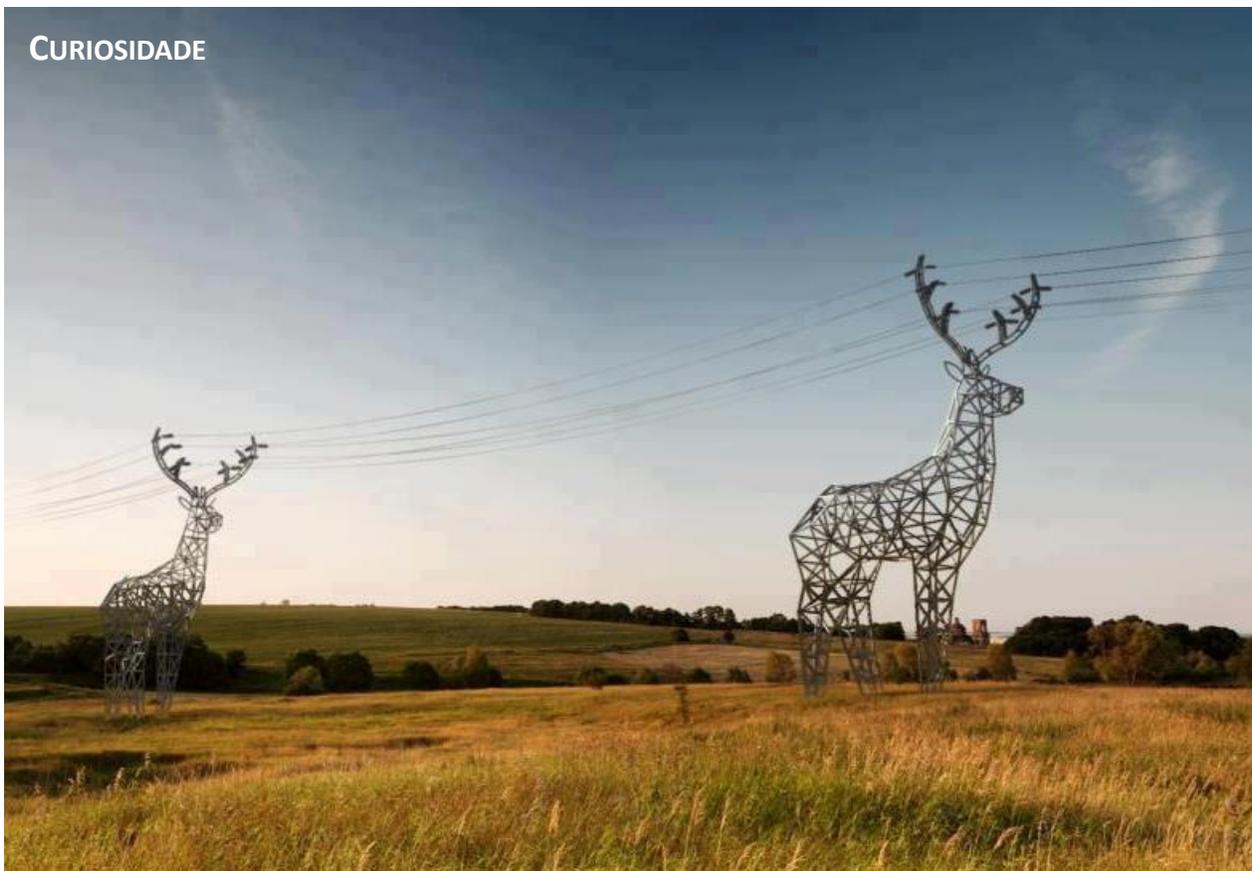
4. Conclusão

Os custos com a energia elétrica associados à iluminação pública são cada vez mais importantes e assumem um peso considerável nas autarquias e outras instituições públicas, que têm obrigatoriedade de a manter como forma de assegurar a qualidade de vida e serviços e a segurança das pessoas e bens.

Existem muitas formas de tornar estas instalações mais eficientes e com isso conseguir poupanças, no entanto, quase todas obrigam a algum investimento.

Acima de tudo é preciso pensar os projetos de iluminação pública na vertente da eficiência sem que com isso se descurem os aspetos técnicos e regulamentares associados a cada tipo de via ou espaço público.

CURIOSIDADE



ISO 50001 NORMA MUNDIAL PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.

PORQUÊ UMA NORMA MUNDIAL?

1. Introdução

Nem sempre são fáceis os desafios ambientais associados ao consumo de energia. Sobretudo devido à forte dependência de combustíveis fósseis, torna-se cada vez mais evidente a inevitabilidade de agentes económicos, políticos, sociedade em geral, assumirem um compromisso focado na melhoria da eficiência energética e no uso racional da energia, decorrente das atividades económicas.

Esta preocupação assume-se também como nacional. A norma NP EN ISO 50001 apresenta-se como uma solução de método transversal e de harmonia internacional. Vetores como gestão eficiente de energia, conseqüente minimização no impacto ambiental e relevantes reduções dos custos de energia, são os pilares desta norma que certifica atividades desde o sector terciário ao industrial.

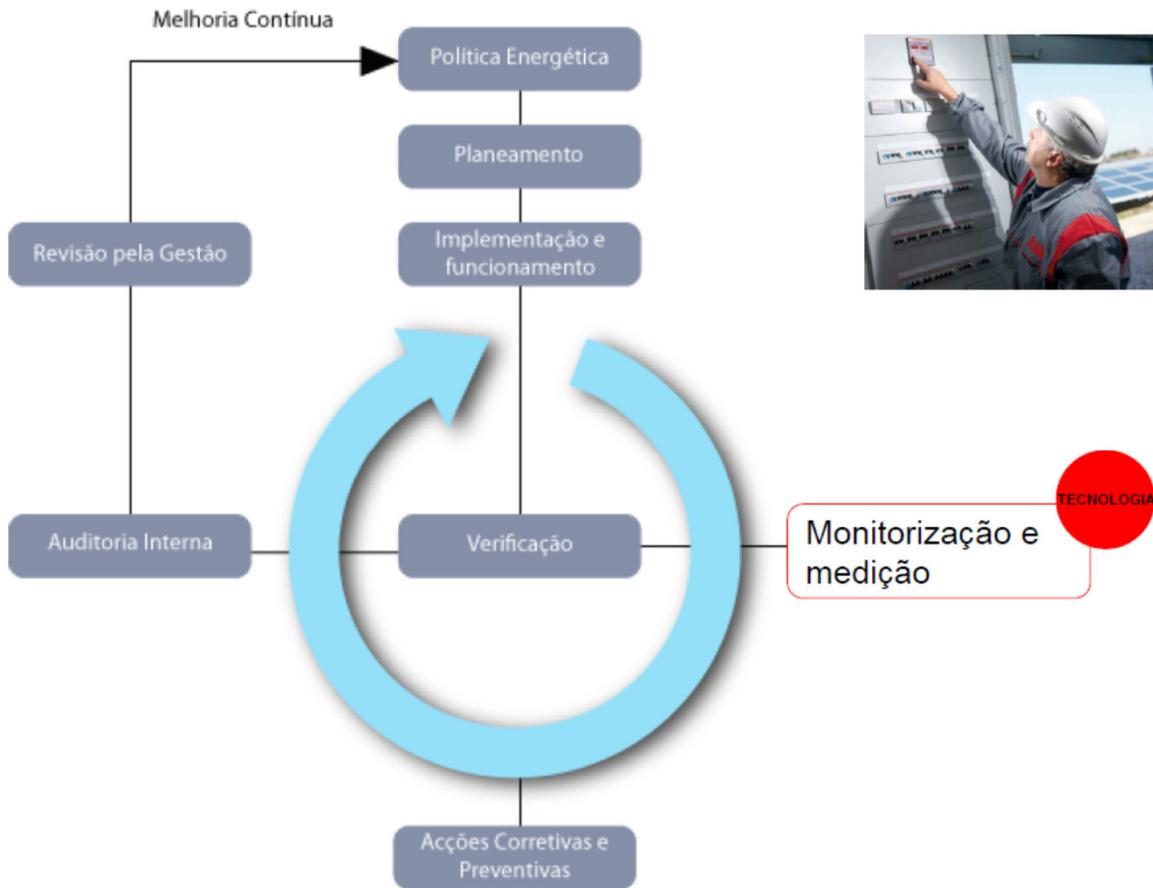
Portugal dispõe de regulamentação diversa neste âmbito, podendo a referida norma ser o “chapéu” que abraça os demais conteúdos relacionados com a energia. Desde normas do CENELEC, em concreto a EN 15232 (Eficiência Energética nos Edifícios – Impacto da Automatização de Edifícios, Controlos e Gestão dos Edifícios), diretivas europeias 2002/91/EC (Eficiência Energética da Diretiva de Edifícios EPBD - Energy Performance of Buildings (www.epbd-ca.eu)) transpostas para o direito nacional através do DL 79/2006, que nos levam à regulamentação RSECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização nos Edifícios), até outras igualmente pertinentes, nomeadamente SCE (Sistema de Certificação de Edifícios (DL 78/2006)), RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (DL 80/2006)), SGCIE (Sistema de Gestão dos Consumos


ABB

Intensivos de Energia (DL 71/2008)), PNAEE (Plano Nacional de Ações para a Eficiência Energética (Resolução Conselho de Ministros 20/2013)) e PNAER (Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (Diretiva 2009/28/CE)).

Mais recentemente, a Portaria 349-D/2013, de 2 de Dezembro, que estabelece os requisitos de conceção para edifícios novos e intervenções no que diz respeito ao desempenho energético no terciário, reforçando, no capítulo 10, a importância da contagem de energia no tema climatização.

A ABB, para além de promover junto dos seus clientes, como valor acrescentado, a Eficiência Energética, disponibiliza um conjunto de ferramentas que contribuem para o cumprimento dos vários passos numa Certificação NP EN ISO 50001. Numa lógica “Plan-Do-Check-Act” (Jornada Técnica ISO 50001 - Norma Mundial para a Eficiência Energética , <http://pt.inside.abb.com>), apresenta-se como fornecedor de soluções, desde a monitorização e medida até à implementação das ações preventivas e corretivas, socorrendo-se de hardware de tecnologia de ponta e de softwares dedicados de algoritmos adaptados ao perfil do cliente.



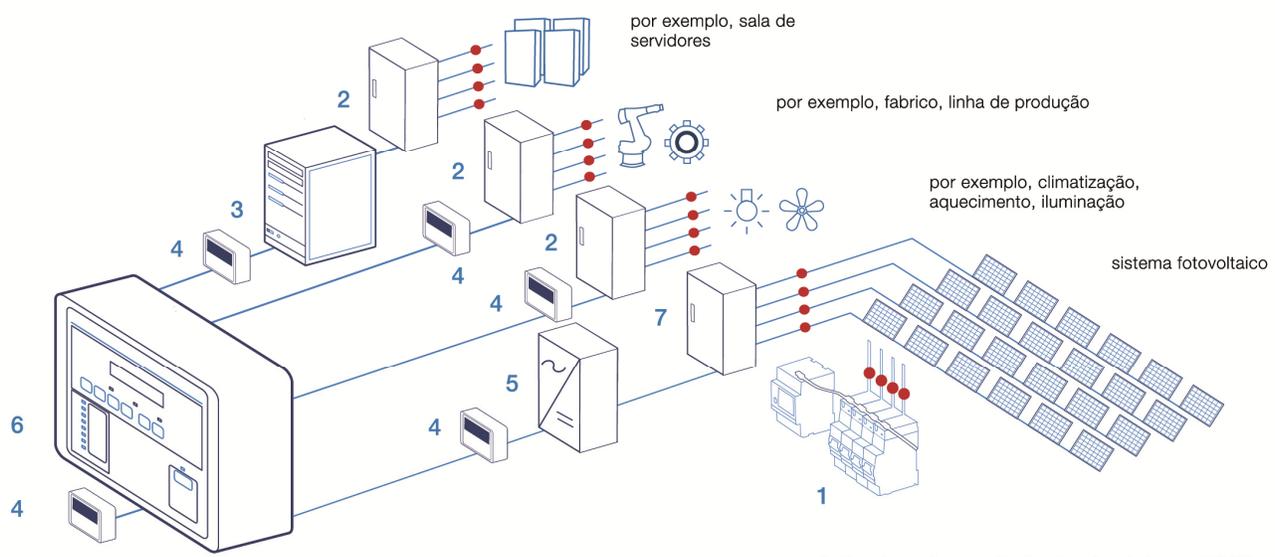
Na presente norma, no capítulo monitorização e medição, a ABB destaca a mais recente solução CMS – “*Current Measurement System*”.

O CMS é um sistema de medição de corrente multicanal para monitorização de secções de corrente AC e DC. Um sistema diferenciador e singular, as duas tensões numa só tecnologia. A medição de correntes em unidades de distribuição de potência (PDUs), muito próximo de cargas elétricas, aumenta a eficiência e a disponibilidade de todas as instalações.

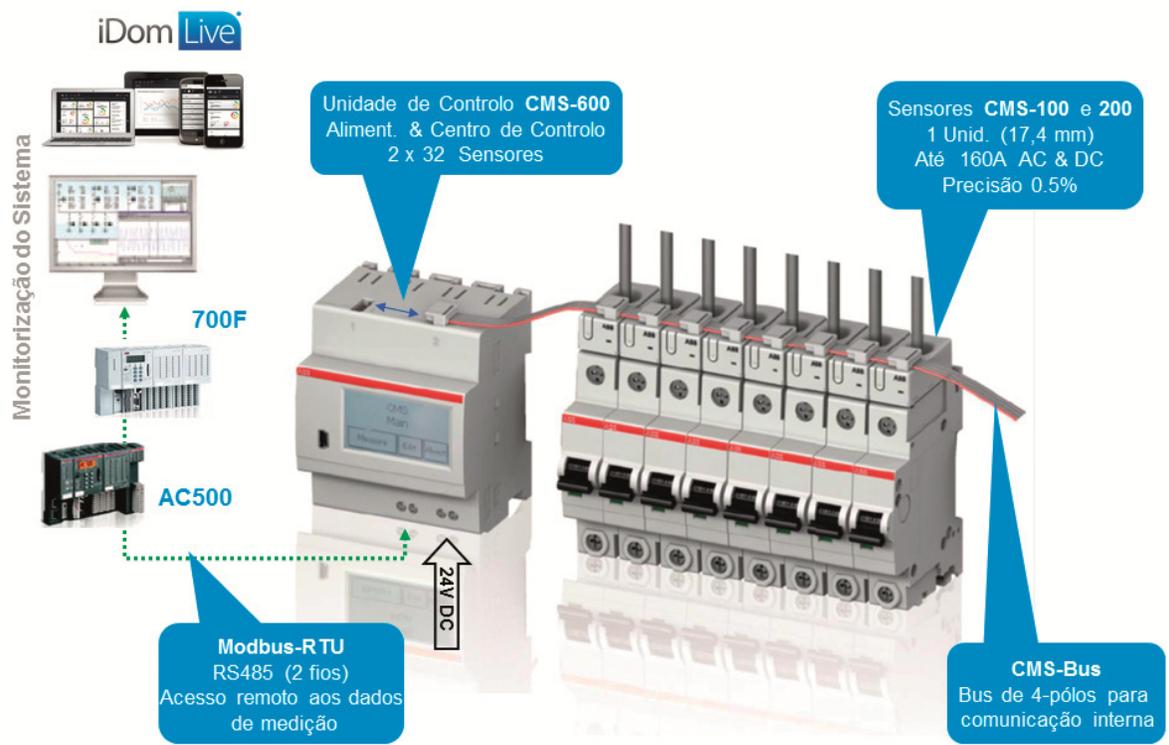
A qualidade do sistema de medição de corrente é determinada pela interação perfeita e pela força de todas as suas partes individuais. É aqui que o sistema CMS da ABB se sobrepõe e se apresenta como uma solução eleita: devido ao seu tamanho compacto, tecnologia, resultados da medição,

facilidade de utilização e flexibilidade – todos os componentes e funcionalidades do CMS estão otimizados em perfeição para a aplicação e funcionamento práticos.





- 1 Pontos de medição** (● do sistema CMS)
- 2 Sub-distribuição**
- 3 Sistema UPS**
- 4 Medidores de energia**
- 5 Inversor de potência**
- 6 Distribuição principal**
- 7 Quadro de Campo (CC)**



O sistema está estruturado com base numa unidade de controlo CMS-600 e sensores CMS-100 e 200, de calibres de 20, 40, 80 e 160^a, tanto em AC como DC (TRMS).

Os sensores estão conectados à unidade CMS-600 em Bus, garantido por “flat cable” CMS-Bus a 4 fios, dedicados à alimentação do sistema (9V) e comunicação entre as unidades de controlo CMS-600 e os sensores CMS-100 e 200.

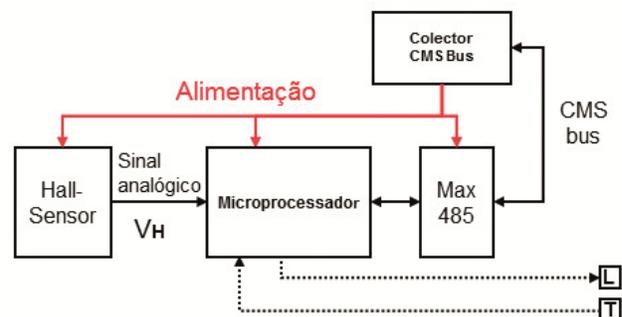
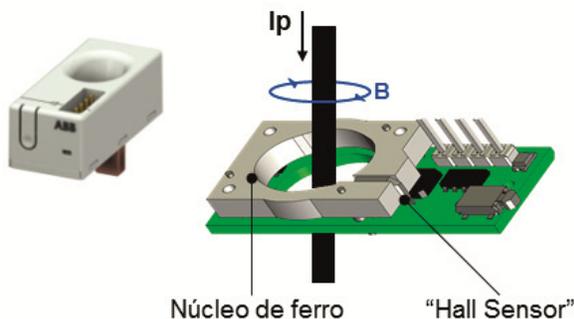
O sistema considera até 64 sensores por Unidade de Controlo, distribuídos 32+32 por 2x CMS-Bus.

A unidade CMS-600 recolhe o valor de corrente dos sensores associados à arquitetura do sistema definido para o projeto, isto é, o número de sensores versus cargas monofásicas e trifásicas. A informação é guardada na eletrónica do sistema. Através da saída RS485 Modbus, as medidas poderão ser disponibilizadas para uma qualquer gestão tipo “BMS - Building management system” (autómato AC500, DCS 700F entre outros hardwares e plataformas de automação ABB) ou ainda outras tecnologias e softwares dedicados conforme a solução iDomLive.



Os sensores CMS baseiam-se no efeito “open loop”, conseguido pela tecnologia oferecida pelo efeito “hall sensor”. Estes permitem medir corrente AC e DC, com a devida separação galvânica entre primário e secundário.

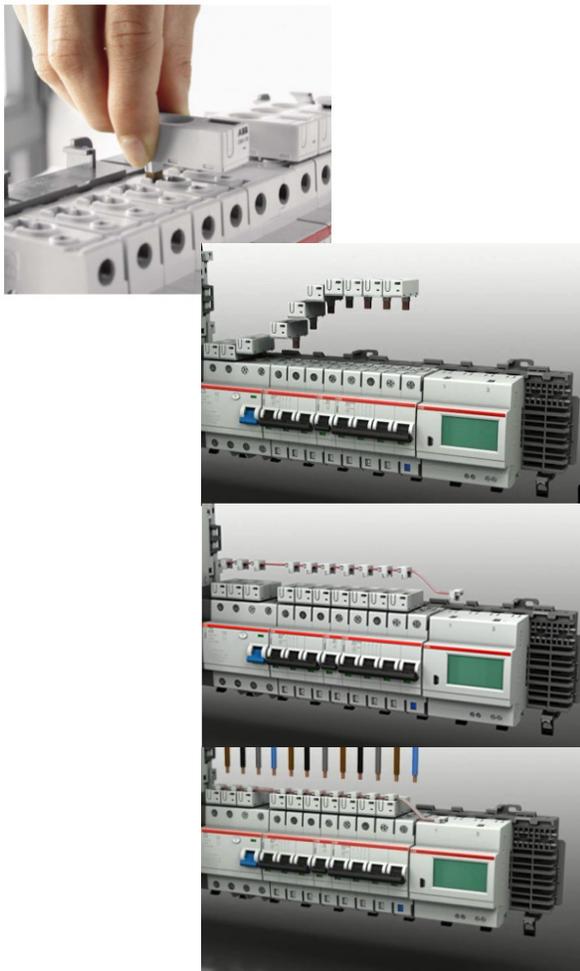
Com as componentes DC cada vez mais presentes nas instalações elétricas, fruto da eletrónica de potência nas cargas não lineares (VEV, UPS, inversores solares, carregamento de VE, etc.), a tecnologia que se apresenta é a resposta à necessidade de medidas reais para as tomadas de decisões coerentes.



A corrente primária (I_p) flui no núcleo do sensor criando um fluxo magnético (B). As lâminas de ferro macio por acoplamento são sensibilizadas pelo fluxo criado. O "hall sensor" colocado no espaço de ar do núcleo de ferro gera uma tensão (V_H) proporcional a esse fluxo, que por sua vez é proporcional à corrente (I_p) a ser medida. O microcontrolador processa o sinal e disponibiliza-o em valor digital no CMS-bus. A Lei de Ampère ajuda-nos a justificar o princípio apresentado, uma vez que se verifica a relação entre uma corrente e o campo magnético que esta corrente produz.

Uso amigável

Da instalação à entrada em serviço, a solução CMS responde com rapidez, fiabilidade e flexibilidade. Medições em poucos minutos de forma local e intuitiva. Reforçada remotamente através *Modbus* RS485.

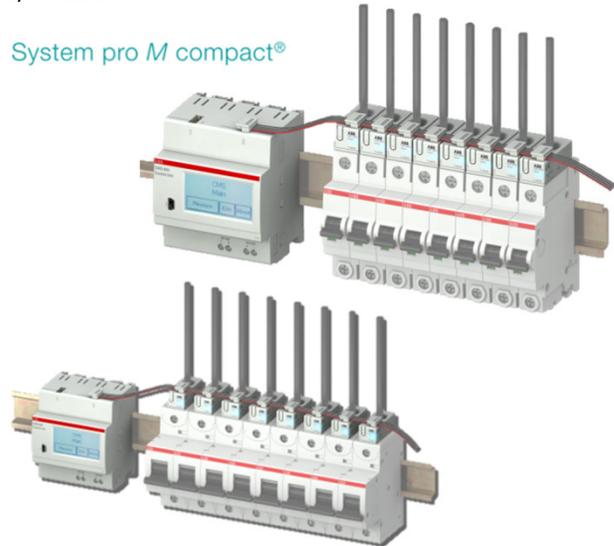


Smisline TP-Touch proof system

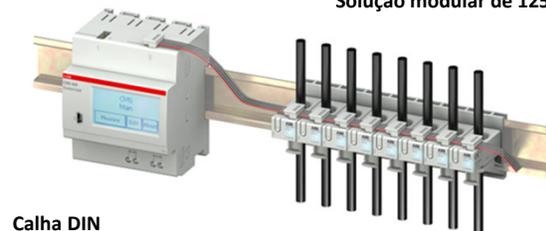
Em harmonia com a proteção de circuitos

Harmonia perfeita em instalações novas, face à compatibilidade de acessorização com as gamas modulares da ABB, *System pro M compact*®, até 63A, e *Smisline TP* (RTIEBT [I] 412 - Proteção contra contactos directos), ou resposta às oportunidades de renovação (DL 32/2012, Portaria 349-D/2013) optando pela solução em calha DIN e/ou cabo.

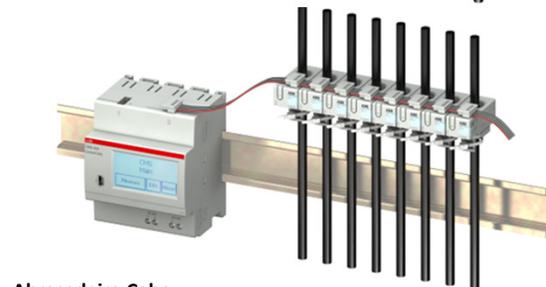
System pro M compact®



Solução modular de 125A, S800



Calha DIN



Abraçadeira Cabo



Aviso de Sobrecarga



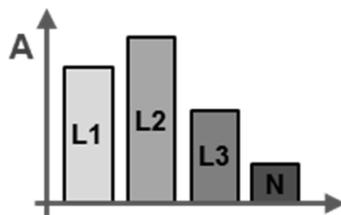
Ampliações ou renovação de instalações elétricas podem causar mudanças de carga nas linhas de alimentação. Uma linha em sobrecarga provoca a abertura da unidade funcional dedicada à proteção contra sobreintensidades. As perdas financeiras associadas podem ser evitadas pelo controlo permanente através do CMS.

Monitorização de carga



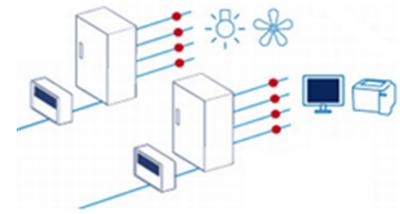
O controlo de circuitos individuais informa-nos se todas as cargas estão no modo de operação desejado. Desta forma, o utilizador pode atuar em conformidade com as exigências de exploração do projeto, prevenindo ou informando remotamente a manutenção, garantindo reação rápida ou preventiva a falhas, e evitando a paragem de produção ou de processos de trabalho.

Monitorização da fase



Fases desequilibradas causam correntes no neutro, que podem levar à rutura do condutor neutro, quando a sua corrente máxima (I_z) é ultrapassada. Cargas monofásicas não podem operar sem o neutro, podendo inclusivamente danificar equipamentos. Esta falha pode ser facilmente detetada pela monitorização constante do neutro e das correntes de fase por parte do CMS.

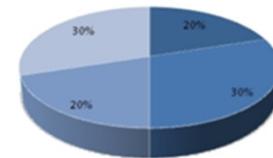
Poupança pela transparência



“Não é possível melhorar o que não se pode medir!”

Para utilizar a energia elétrica de forma eficiente e eficaz, primeiro deve ser claro onde e como deve ser usada. A monitorização da corrente de cada circuito de uma instalação dá-nos a máxima transparência para detetar os consumos de correntes inúteis e os dispositivos que necessitam de mais potência.

Divisão de custos



Se um edifício, um departamento, uma ala, é partilhada, muitas vezes utiliza-se a divisão dos custos da energia por metro quadrado. A soma das correntes dos respetivos circuitos representa um fator de divisão mais preciso e mais justo.

A solução CMS responde em conformidade e alinhamento com o foco na eficiência energética, ao apresentar-se como uma ferramenta de apoio à certificação NP EN ISO 50001. Pela sua flexibilidade, adapta-se quer ao projeto novo quer de ao de reabilitação, sobretudo pela sua dimensão e conseqüente uso em quadros elétricos com reservas já ocupadas ou no limite. Sensores de calibres até 160A em AC e DC respondem aos mais comuns requisitos do perfil de cargas de fim de linha, típicas no terciário e indústria. Leituras fáceis localmente e/ou remotamente, numa solução segura sem conexão direta, tirando partido da leitura por “campo gerado” com uma precisão interessante.



CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO PÓS-GRADUADA EM

Projeto de Instalações Elétricas

OBJETIVOS

Promover competências aos pós-graduados no âmbito do projeto, execução, exploração e utilização de instalações elétricas de serviço público e serviço particular e, de uma forma integrada, abordar todos os assuntos relacionados com a conceção de instalações elétricas de média e baixa tensão.

DESTINATÁRIOS

O curso destina-se a bacharéis, licenciados e mestres recém formados na área da Engenharia Eletrotécnica e/ou Engenharia Eletrónica, assim como quadros no activo que pretendam atualizar conhecimentos ou adquirir competências no âmbito da conceção e utilização de instalações elétricas.

PLANO CURRICULAR

- Equipamentos e Sistemas de Proteção
- Instalações Elétricas
- Técnicas e Tecnologias de Eficiência Energética
- Projeto Integrador

LOCAL

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto
Tel. 228 340 500 – Fax: 228 321 159

Info: jbc@isep.ipp.pt

COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



Ana Paula de Freitas Assis Antunes

paula.assis@topinformatica.pt

Licenciada em Engenharia Civil - Ramo Produção e mestre em Engenharia Civil - Opção de Estruturas, Geotecnia e Fundações pela Universidade do Minho.

Docente na Universidade do Minho nas disciplinas de Materiais de Construção, Geotecnia, Hidráulica Geral, Obras Marítimas e Fluviais, entre 1988 e 1990 e nas disciplinas de Estruturas de Betão I e II, desde 2005.

Sócia da empresa Top - Informática, Lda., exerce funções de direção técnica (desde 1991) e direção geral (desde 2001).

Foi sócia fundadora da empresa TDP - Projeto e Fiscalização, Lda., em 1991, exerceu funções de direção técnica e execução de projetos de engenharia civil entre 1991 e 1994.



Top Informática, Lda.

Empresa fundada em 1988, é responsável pela conceção, adaptação e comercialização dos programas da CYPE para Portugal desde 1991. Dedicar grande parte dos seus recursos à identificação de requisitos regulamentares, da escola e práticas portuguesas, disponibilizando versões do software para a engenharia do projeto de construção. Encontra-se atualmente em fase de expansão para Angola, Moçambique e Cabo Verde.



António Augusto Araújo Gomes

aag@isep.ipp.pt

Mestre (pré-bolonha) em Engenharia Eletrotécnica e Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Doutorando na Área Científica de Sistemas Elétricos de Energia (UTAD).

Docente 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 consultoria técnica. Investigador do GECAD (Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão), do ISEP, desde 1999.



António Manuel Luzano de Quadros Flores

(aqf@isep.ipp.pt)

Doutorado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores na Especialidade de Sistemas de Energia pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (2013);

Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; "M.B.A." em Gestão na Escola de Gestão do Porto da Universidade do Porto (1999);

Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores - Produção, Transporte e Distribuição de Energia pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (1982);

Docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1993;

Desenvolveu atividade na SOLIDAL no controlo de qualidade e manutenção, na EFACEC na área comercial de exportação de máquinas elétricas, na British United Shoe Machinery na área de manutenção, na ALCATEL-Austrália na área de manutenção, na ELECTROEXPRESS, em Sidney, na área de manutenção e instalações elétricas.



Carlos Alberto Gomes Resende

1120937@isep.ipp.pt

Licenciado em Engenharia Eletrónica e Automação, pelo Instituto Superior Politécnico Gaya (ISPGaya).

Aluno do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP).



Daniel Filipe da Silva Paiva

danielfspaiva@gmail.com

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), 2011.

Aluno do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP).

Bolseiro de Investigação em Eficiência Energética, GECAD, ISEP.

COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



Fábio Emanuel dos Santos Nogueira

1130258@isep.ipp.pt

Aluno do curso de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto.
Colaborador no Instituto Politécnico do Porto (IPP) e no GILT.ISEP.



Fábio Joel Gouveia Pereira

1100343@isep.ipp.pt

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Porto, Portugal, 2013.
Aluno do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Porto, Portugal.



José Caldeirinha

jose.caldeirinha@certiel.pt

Licenciado em engenharia eletrotécnica pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, mestre em engenharia eletrotécnica na área das energias renováveis, pela mesma Faculdade e especializado em Gestão pelo ISEG. Desde há 12 anos que é analista técnico do quadro da CERTIEL - Associação Certificadora de Instalações Elétricas, afeto ao Gabinete Técnico.“



CERTIEL – Associação Certificadora de Instalações Elétricas

Paulo Alexandre Caldeira Branco

paulo.branco@pt.abb.com

Formação superior em engenharia eletrotécnica, na área de energia e sistemas de potência. Quadro superior da ABB, SA, no departamento de Marketing da Baixa Tensão. Responsável pelo suporte técnico e legislativo junto da área de projeto e consultoria.



ABB, S.A.

Quinta da Fonte, Edifício Plaza I, 2774-002 Paço de Arcos,
Tel. +351 214 256 000 Fax.+351 214 256 247
contactos.clientes@pt.abb.com
<http://www.abb.pt/>



Roque Filipe Mesquita Brandão

rfb@isep.ipp.pt

Doutor em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, na Área Científica de Sistemas Elétricos de Energia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
Professor Adjunto no Instituto Superior de Engenharia do Porto, departamento de Engenharia Eletrotécnica.
Consultor técnico de alguns organismos públicos na área da eletrotecnia.



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. Aluno de doutoramento em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores no Instituto Superior Técnico de Lisboa. Docente do Departamento de Engenharia Eletrotécnica do curso de Sistemas Elétricos de Energia 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.

