



# 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<sup>o</sup> 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  $\omega_k$  a respetiva frequência. Considerando apenas o termo fundamental com a frequência característica do defeito,  $\omega_d$ , 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,  $\omega_r$  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  $\omega_r$  relativamente à sua velocidade em regime estacionário  $\omega_{r0}$ .

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  $\omega L$  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,  $\theta'$  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  $\theta_r$  representa o ângulo de desfasamento do rotor relativamente ao estator e  $\theta$  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  $\omega_d$ , 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  $\varphi_d$  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  $\varphi_s$  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  $\varphi_{s1}$  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  $\Phi_s$  e  $\Phi_r$  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  $\varphi_s$  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  $\varphi_s$  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  $\varphi$  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](http://www.dee.isep.ipp.pt)



## COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



**Ana Paula de Freitas Assis Antunes**

[paula.assis@topinformatica.pt](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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.

