

NEUTRO À TERRA

Revista Técnico-Científica | Nº20 | Dezembro de 2017

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

Honrando o compromisso que temos convosco, voltamos à vossa presença com a publicação da 20ª Edição da nossa revista “Neutro à Terra”. Ao terminar um ano em que já se sentiu alguma recuperação da nossa economia, a industria eletrotécnica que não esteve imune às dificuldades que todos sentiram em anos anteriores, apresentou já ao longo de 2017 uma dinâmica muito apreciável. No âmbito da nossa revista, que já caminha para onze anos de existência, esta dinâmica fez-se sentir fundamentalmente no interesse que algumas empresas do setor eletrotécnico manifestaram pelas nossas publicações. Outro fator importante tem a ver com a internacionalização da nossa revista, verificando-se uma crescente procura das nossas publicações em países estrangeiros, destacando-se os Estados Unidos e os países de língua oficial Portuguesa.

José Beleza Carvalho, Professor Doutor



Máquinas e Veículos Elétricos



Produção, Transporte e Distribuição Energia



Instalações Elétricas



Telecomunicações



Segurança



Gestão de Energia e Eficiência Energética



Automação, Gestão Técnica e Domótica

Página deixada intencionalmente em branco!

Índice

- Editorial	5
- Controlo escalar de velocidade no motor de indução trifásico Alexandre Miguel Marques da Silveira	9
- O Eletromagnetismo nas Máquinas Elétricas António Quadros Flores	23
- Interruptores (mecânicos) para uso industrial ou instalações semelhantes António Augusto Araújo Gomes André Fernando Ribeiro de Sá Sérgio Filipe Carvalho Ramos	29
- ITED/ITUR – Simbologia ao sabor do Projetista? Sérgio Filipe Carvalho Ramos	35
- Proteção contra incêndios com FM200 e NOVEC 1230 Carlos Valbom Neves	39
- Eficiência Energética em Hotéis. Soluções e Tecnologias. João Pedro Caseiro Bizot Roque Filipe Mesquita Brandão	45
- Z-Wave vs ZigBee. Qual a melhor solução sem fios para sua casa inteligente? Domingos Salvador Gonçalves dos Santos	53
- Autores	57

FICHA TÉCNICA

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

Página deixada intencionalmente em branco!

Estimados leitores

Honrando o compromisso que temos convosco, voltamos à vossa presença com a publicação da 20ª Edição da nossa revista “Neutro à Terra”. Ao terminar um ano em que já se sentiu alguma recuperação da nossa economia, a indústria eletrotécnica que não esteve imune às dificuldades que todos sentiram em anos anteriores, apresentou já ao longo de 2017 uma dinâmica muito apreciável. No âmbito da nossa revista, que já caminha para onze anos de existência, esta dinâmica fez-se sentir fundamentalmente no interesse que algumas empresas do setor eletrotécnico manifestaram pelas nossas publicações. Outro fator importante tem a ver com a internacionalização da nossa revista, verificando-se uma crescente procura das nossas publicações em países estrangeiros, destacando-se os Estados Unidos e os países de língua oficial Portuguesa.

O eletromagnetismo desempenha um papel fundamental na conversão de energia nas máquinas elétricas e a sua compreensão é importante para se ter um completo domínio do tema. Nesta edição, apresenta-se um artigo que procura explicar os processos atômicos relacionados com fenómenos magnéticos e elétricos existentes nas máquinas elétricas, tornando mais claros e transparentes alguns conceitos, tais como a existência de polos magnéticos, interação de atração/repulsão magnética e campo magnético.

Ainda no âmbito das máquinas elétricas, o motor assíncrono de indução tem uma importância determinante, sendo dos motores mais utilizados na indústria. Uma grande fatia da energia elétrica consumida anualmente em qualquer país desenvolvido deve-se à utilização de motores elétricos. Estima-se que cerca de 70% da energia consumida no setor industrial e cerca de 30% da energia elétrica consumida no setor do comércio e serviços se deve a este tipo de motor. Neste âmbito, o controlo e a regulação de velocidade deste motor é de importância fulcral quando se pretende sistemas eficientes de força motriz. Nesta edição da revista, apresenta-se um importante artigo sobre o controlo escalar de velocidade no motor de indução trifásico.

O Turismo é um setor económico que no nosso país tem vindo a ter um rápido crescimento, o que faz dele um setor de especial cuidado na implementação de medidas de eficiência energética. Especificamente nos hotéis, sendo eles “edifícios especiais”, haverá todo o interesse por parte dos grupos hoteleiros em diminuir os consumos de energia, reduzir a pegada de carbono e construir um setor hoteleiro Europeu, mais competitivo e sustentável. Neste âmbito, apresenta-se nesta edição da revista um interessante artigo que aborda a problemática da eficiência energética em edifícios hoteleiros.

As Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios são sempre um assunto importante e alvo de várias publicações na nossa revista. Nesta edição apresenta-se um artigo de opinião visa, fundamentalmente, chamar a atenção para a ausência “legislativa” de simbologia na área dos projetos de comunicações eletrónicas. Neste artigo pretende-se deixar em reflexão se a Simbologia das Infraestruturas de Comunicações Eletrónicas deva ficar ao livre arbítrio do projetista ou se, por outro lado, deva ser alvo de especificação por parte da ANACOM em futuras edições de Manuais e futuras edições de cursos habilitantes/atualizantes ITED / ITUR.

Nesta edição da revista destacam-se ainda a publicação de outros interessantes artigos, como “Proteção contra incêndios com equipamentos fm200 e novac 1230”, a publicação de um artigo técnico no âmbito das instalações elétricas sobre “Interruptores mecânicos para uso industrial ou instalações semelhantes”, e um artigo relacionado com a automatização das instalações elétricas residenciais “Z-WAVE vs ZIGBEE. Qual a melhor solução sem fios para sua casa inteligente?”.

Estando certo que nesta edição da revista “Neutro à Terra” apresenta-se novamente interessantes artigos técnicos para todos os profissionais do setor eletrotécnico, satisfazendo assim as expectativas dos nossos leitores, apresento os meus cordiais cumprimentos e votos de um Excelente Ano de 2018.

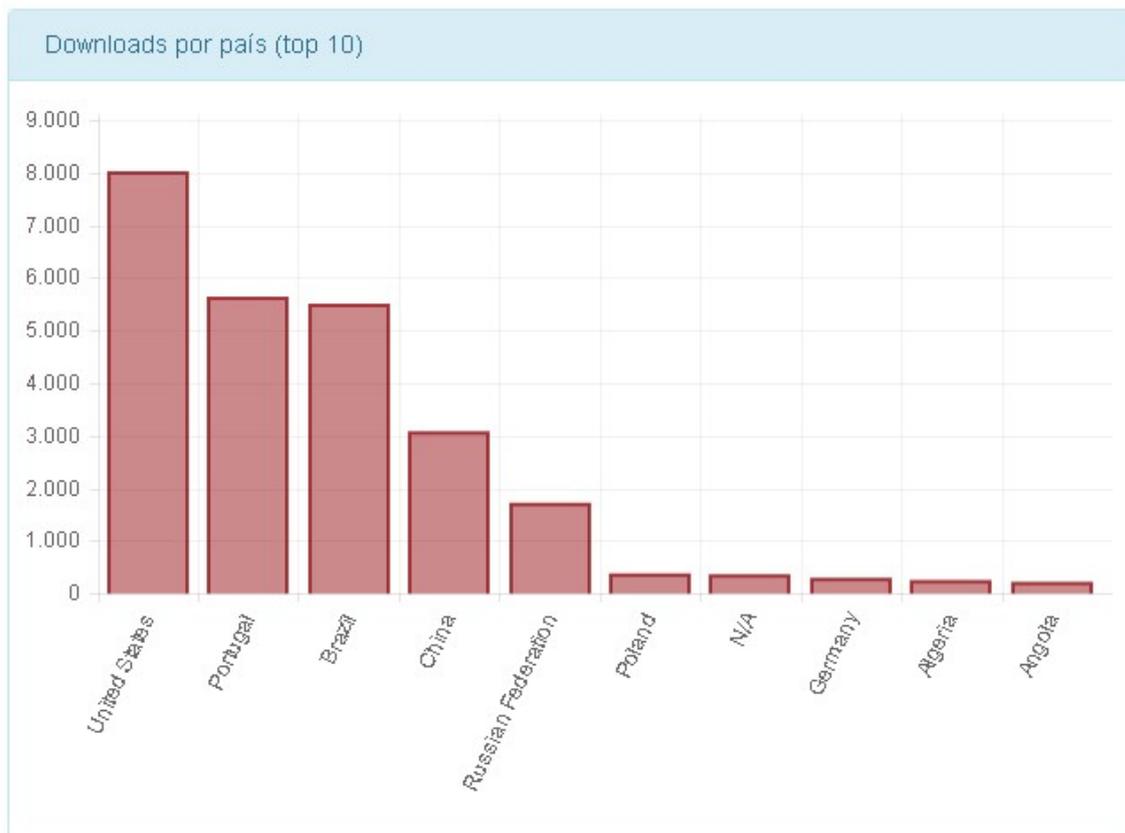
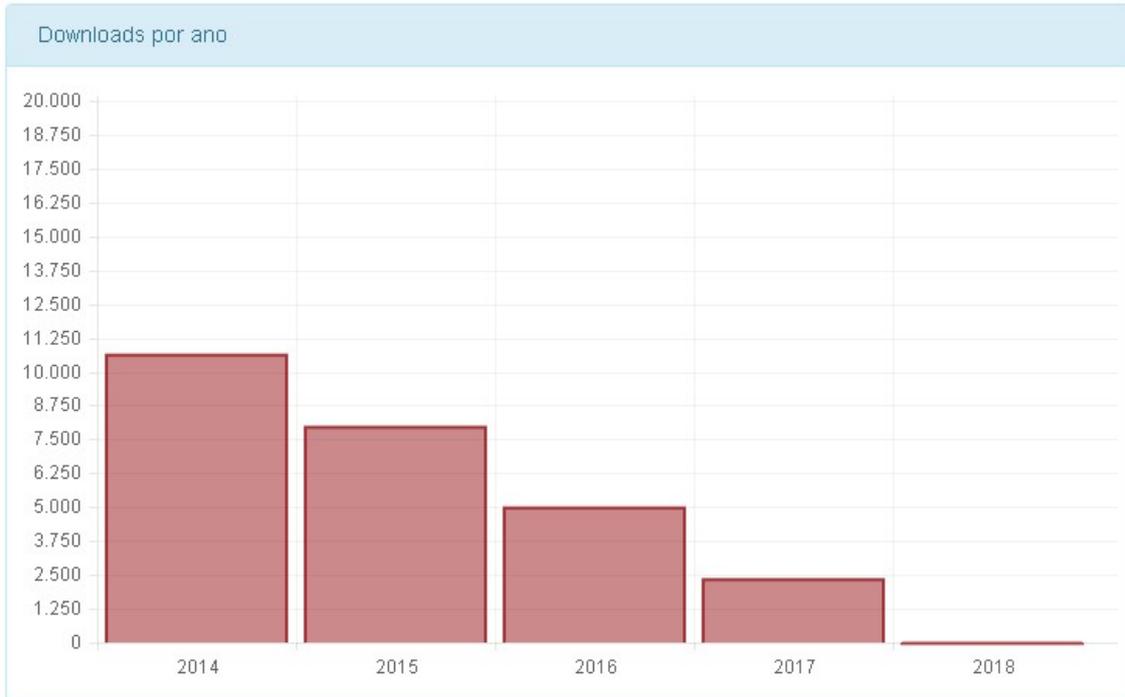
Porto, 30 dezembro de 2017

José António Beleza Carvalho

Página deixada intencionalmente em branco!

Repositório Científico do Instituto Politécnico do Porto:

<http://recipp.ipp.pt/>



Blog:

www.neutroaterra.blogspot.com

Histórico de visualizações

28 790

Entrada	Visualizações de páginas
Portugal	21529
Estados Unidos	2673
Brasil	1580
Alemanha	437
França	384
Rússia	308
Angola	187
Reino Unido	168
Ucrânia	138
Espanha	108



CONTROLO ESCALAR DE VELOCIDADE NO MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO**1. Introdução**

Por ser uma máquina robusta e de baixo custo de produção, o motor assíncrono ou de indução é dos mais utilizados na indústria. Uma grande fatia da energia elétrica consumida anualmente em qualquer país desenvolvido deve-se à utilização de motores elétricos. Estima-se que cerca de 70% da energia consumida no setor industrial e cerca de 30% da energia elétrica consumida no setor do comércio e serviços se deva a este tipo de cargas¹.

No motor de indução, o campo magnético girante produzido no estátor induz f.e.m. nos condutores do rotor. Uma vez que estes estão em curto-circuito, vão circular correntes que, por sua vez, criam o campo magnético do rotor. Este campo do rotor vai interagir com o campo magnético do estátor dando origem a um binário que será aplicado a uma carga mecânica para produzir trabalho.

Os principais constituintes deste tipo de máquina estão ilustrados na Figura 1.

À medida que o rotor acelera e se aproxima da velocidade do campo girante do estátor, a velocidade relativa entre o rotor e o fluxo do estátor diminui, levando a uma diminuição da energia que é convertida em binário. Desta forma o binário desenvolvido vai diminuindo até ao ponto de equilíbrio que acontece quando este iguala o binário de carga.

Estes motores encontram-se em funcionamento nas mais variadas indústrias, desde a química, a metalúrgica, extração, papel até às de tratamento de água, entre outras. A sua aplicação tanto pode ser em sistemas de velocidade fixa ou variável, como é o caso de elevadores, ventilação e ar condicionado, bombas hidráulicas, compressores, tapetes rolantes, etc.

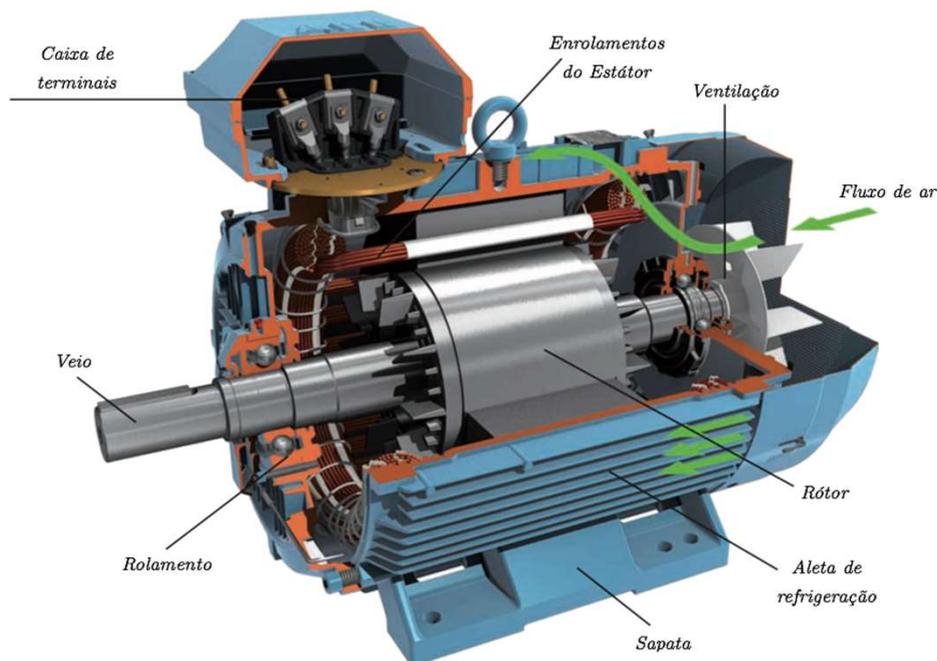


Figura 1. Principais constituintes do motor de indução

¹ https://www.edp.pt/media/107660/motoresaltorendimento_edp_pme.pdf

Quando se trata de sistemas com velocidade variável, é necessário ter em consideração alguns aspetos, como acelerações, desacelerações, velocidades de funcionamento permitidas, tipo de carga, entre outros. No que se refere à velocidade de funcionamento, esta pode ser alterada de várias formas.

A velocidade do rotor de um motor de indução trifásico é dada pela seguinte expressão:

$$n = 60 \frac{f}{p} (1 - s) \quad (1)$$

onde:

n – Velocidade do rotor;

f – Frequência da tensão aplicada ao estator;

p – Número de pares de pólos da máquina;

s – Deslizamento.

O deslizamento pode ser obtido a partir da seguinte equação:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \quad (2)$$

onde:

$n_s = 60 \frac{f}{p}$ é a velocidade do campo magnético girante produzido no estator.

De acordo com (1), verifica-se que é possível variar a velocidade do motor atuando em três parâmetros:

- Número de pólos: implica um sobredimensionamento do motor sendo a variação de velocidade é discreta;
- Deslizamento: variação de velocidade contínua, numa pequena gama de valores, com perdas rotóricas consideráveis;
- Frequência: variação contínua de velocidade numa gama alargada utilizando conversores eletrónicos.

Nos dois primeiros casos, a variação de velocidade implica maiores perdas de energia, sendo a gama de velocidades de funcionamento reduzida.

Para se conseguir uma variação contínua de velocidade numa gama alargada de valores utilizam-se os conversores eletrónicos de potência. Estes conversores utilizam técnicas de modelação da largura de impulsos (*PWM – Pulse Width Modulation*) que permitem a variação contínua da frequência da tensão de alimentação, conseguindo-se, desta forma, uma variação contínua da velocidade do campo magnético girante e, conseqüentemente, da velocidade do rotor.

Os métodos de controlo de frequência podem ser divididos em dois tipos: controlo escalar e controlo vetorial. Os principais métodos de controlo utilizados ilustram-se na Figura 2.

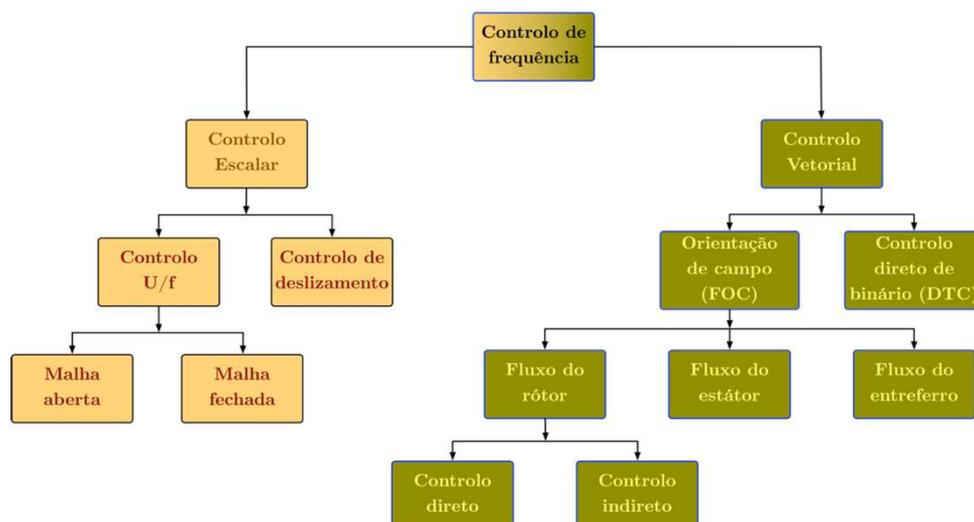


Figura 2. Classificação dos métodos de controlo mais usuais (adaptado de [1])

Este tipo de conversores é constituído por um retificador, um filtro e um inversor.

O retificador serve para converter o sinal de corrente alternada para corrente contínua, que é depois filtrado pelo circuito LC. O retificador pode ser constituído por uma ponte de díodos, mas o circuito a tirístores da figura permite a regulação do valor da tensão média que é aplicada ao filtro.

Essa regulação é conseguida variando o ângulo de disparo dos tirístores. O valor médio desta tensão será dado por:

$$V_m = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_{rms} \cos \alpha \quad (5)$$

Onde V_{rms} é o valor eficaz da tensão entre duas fases da rede.

O inversor tem a função de converter o sinal CC para um sinal CA de padrão comutado, com uma componente fundamental com amplitude e frequência variáveis.

Embora a tensão tenha um padrão comutado, a corrente será praticamente sinusoidal quando se trata de motores, devido à sua característica indutiva.

Para converter um sinal CC para CA, é necessário gerar uma sequência de impulsos a aplicar ao terminal 'gate' dos transístores {S1, ..., S6}. Isso pode ser conseguido utilizando a técnica de modulação da largura de impulsos (*PWM – Pulse Width Modulation*).

Os transístores de cada braço do inversor são controlados por sinais complementares para evitar, ao mesmo tempo, curto-circuito do barramento DC e que os dois transístores fiquem em circuito aberto.

A modelação da largura de impulsos é uma técnica aplicada em inversores (conversores CC/CA) para obter uma tensão e frequência variáveis passíveis de utilizar na maioria dos sistemas de controlo de velocidade de motores CA.

O que se pretende com esta técnica é modular a duração dos impulsos aplicados aos interruptores (transístores) para obter uma tensão e frequência controladas.

Como em todas as técnicas de modulação, além de uma tensão com amplitude e frequência variáveis, pretende-se uma taxa máxima de utilização da tensão do barramento CC, com o mínimo de harmónicos [3].

Em relação aos harmónicos, eles vão surgir do lado da rede e também do lado do motor. No caso dos últimos, estes podem ser suavizados aumentando a frequência de comutação dos transístores.

De facto, o contínuo desenvolvimento dos dispositivos semicondutores de potência permite também um aumento da frequência de comutação dos inversores levando a rendimentos superiores nestes sistemas e facilidade na redução de harmónicos. Por outro lado, este aumento da frequência leva ao aparecimento de correntes nos rolamentos, causando problemas de isolamento dos motores e interferências eletromagnéticas. Assim, mitigar estes efeitos secundários tornou-se uma das principais preocupações no desenvolvimento deste tipo de inversores [4].

Existem várias técnicas PWM desenvolvidas, mas a mais básica é a Sinusoidal (SPWM).

Esta técnica de modulação baseia-se na comparação de um sinal triangular de frequência elevada com um sinal sinusoidal de modulação para gerar os sinais apropriados que são aplicados aos terminais "gate" dos transístores. Outra técnica de modulação conhecida é a space vector (SVPWM) onde os tempos de condução dos interruptores são calculados diretamente a partir de equações analíticas [3].

Uma outra técnica que é muito utilizada em inversores trifásicos é a que consiste na injeção do terceiro harmónico no sinal de tensão de modulação (THIPWM).

Embora existam outras técnicas de modulação, apenas se irá abordar a SPWM.

A modulação sinusoidal (SPWM) é talvez a mais desenvolvida e utilizada em conversores aplicados na indústria [1].

A ideia desta técnica é a comutação entre os diferentes estados do inversor de forma a que a variação temporal da tensão comutada seja próxima da referência. Uma vez que o nível de tensão é fixo, a modulação é conseguida à custa da largura dos impulsos.

Como ilustrado na Figura 4, os sinais das tensões de referência V_x^* são comparados com o sinal triangular da portadora V_p (neste caso com uma frequência de 1kHz) para gerar a sequência de impulsos a aplicar aos transístores do inversor.

Na figura mostra-se a sequência de impulsos a aplicar ao transístor S1.

Nesta simulação utilizou-se um índice de modulação igual à unidade.

O sinal V_{U0} representa o sinal da tensão entre a fase U e o ponto neutro (0) do barramento DC quando se aplicam aos respetivos interruptores os impulsos obtidos da comparação entre o sinal de referência e a portadora.

É importante referir que estes são sinais comutados onde está também ilustrada a componente fundamental do sinal.

Os sinais de tensão entre a fase U e o neutro (N) do motor e a respetiva corrente estão ilustrados na Fig. 5 (parte superior).

Como é notório, embora a tensão seja um sinal comutado, a corrente é bastante sinusoidal, devido à característica indutiva do motor.

Na parte inferior da mesma figura encontra-se representado o sinal da tensão entre duas fases que será aplicado ao motor.

De notar que são sinais (em p.u.) obtidos para frequência de 50Hz, cujo valor máximo depende do valor de tensão no barramento DC.

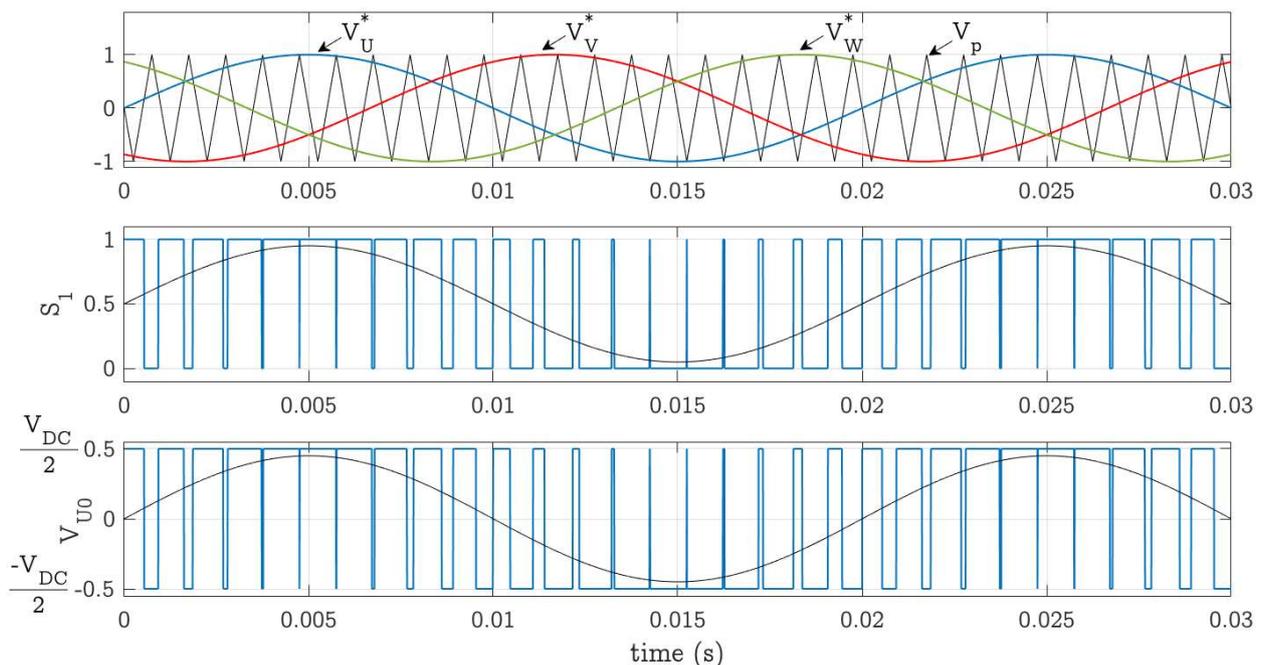


Figura 4. PWM Sinusoidal bipolar para inversor de tensão trifásico

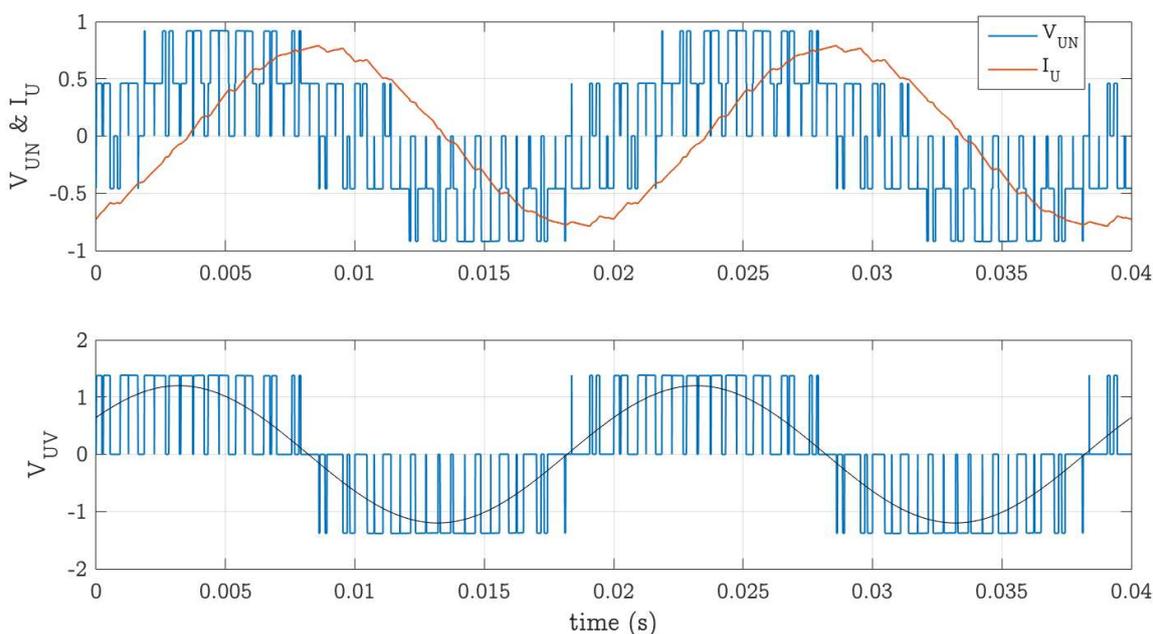


Figura 5. Sinais de tensão e corrente aplicados ao motor

3. Modelo do motor de indução trifásico (regime permanente)

O circuito equivalente ou modelo por fase de um motor de indução trifásico constitui uma boa ferramenta para a análise do seu desempenho em regime permanente.

Como o próprio nome sugere, o princípio de funcionamento do motor de indução baseia-se na lei da indução. De fato, a energia é transferida do estator para o rotor, através do entreferro, por indução eletromagnética.

Como o estator e o rotor estão acoplados magneticamente, esta máquina assemelha-se a um transformador com o secundário rotativo.

Esta semelhança é ainda mais evidente se o rotor se encontrar parado ($s=1$).

No entanto, devido ao entreferro existente nesta máquina, a relutância do circuito magnético é superior o que vai fazer com que seja necessária uma maior corrente para se conseguir o mesmo nível de fluxo que no transformador.

Se o rotor do motor for impossibilitado de rodar, podemos considerar que o seu circuito equivalente por fase é semelhante ao do transformador.

Esse circuito encontra-se representado na Fig. 6, onde os circuitos do estator e rotor estão interligados por um transformador ideal.

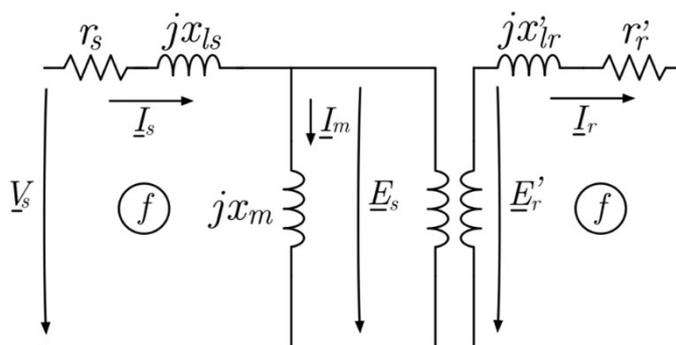


Figura 6. Circuito equivalente por fase do motor de indução com o rotor travado

Na figura temos (valores por fase):

- V_s Tensão aplicada ao circuito do estátor;
- r_s Resistência do enrolamento estatórico;
- $x_{ls} = 2\pi f L_{ls}$ Reatância de fugas do enrolamento estatórico;
- $x_m = 2\pi f L_m$ Reatância de magnetização;
- $x'_{lr} = 2\pi f L'_{lr}$ Reatância de fugas do enrolamento rotórico;
- r'_r Resistência do enrolamento rotórico;
- $E_s = 4,44f N_s K_{ws} \psi_m$ f.e.m. induzida no estátor;
- $E'_r = 4,44f N_r K_{wr} \psi_m$ f.e.m. induzida no rotor, com este parado;
- I_s Corrente absorvida no estátor;
- I_m Corrente de magnetização;
- I'_r Corrente no rotor;

Neste circuito desprezou-se a resistência associada às perdas no ferro (r_0).

No motor de indução, quanto maior a diferença de velocidade entre o campo magnético girante e o rotor, maior será a f.e.m. induzida no rotor e a sua frequência.

Com o rotor em movimento, a amplitude da f.e.m. induzida vai ser proporcional ao deslizamento. Assim, se o motor estiver a rodar, a frequência das correntes induzidas no rotor vai ser igual a $f_r = sf$.

Da mesma forma, a reatância de fugas do rotor será igual a sx'_{lr} e a f.e.m. induzida no rotor igual a sE'_r .

Consequentemente, podemos considerar o circuito

equivalente da Figura 7 para ilustrar o que acontece com o rotor em movimento, embora com diferentes frequências no estátor e rotor.

Esta diferença de frequências entre estátor e rotor torna o circuito equivalente anterior inconveniente para o estudo do desempenho do motor de indução em regime permanente. Analisando este circuito, pode obter-se o valor eficaz da corrente no rotor da seguinte forma:

$$I'_r = \frac{sE'_r}{\sqrt{r'^2_r + (sx'_r)^2}} \quad (6)$$

Fazendo uma divisão por s no numerador e denominador da fração, o valor da corrente não será alterado.

Desta forma a corrente no rotor pode ser escrita como:

$$I'_r = \frac{E'_r}{\sqrt{\left(\frac{r'_r}{s}\right)^2 + (x'_r)^2}} \quad (7)$$

que é equivalente à corrente que circula quando a frequência da f.e.m. induzida e da corrente é igual à frequência do estátor f .

Com esta manipulação, podemos alterar o circuito equivalente anterior para o circuito da Figura 8, onde temos a mesma frequência no estátor e no rotor.

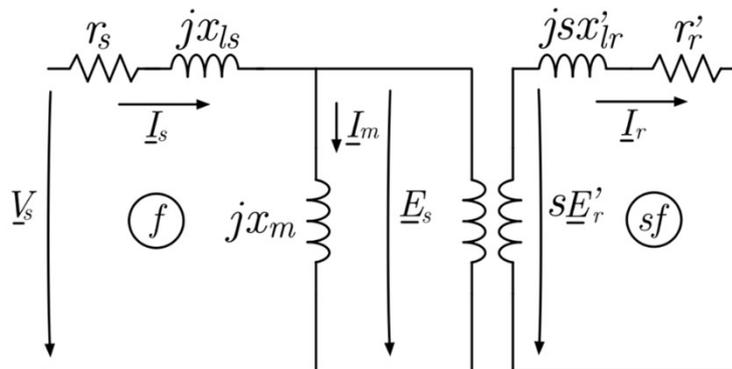


Figura 7. Circuito equivalente por fase do motor de indução com frequências diferentes no estátor e rotor

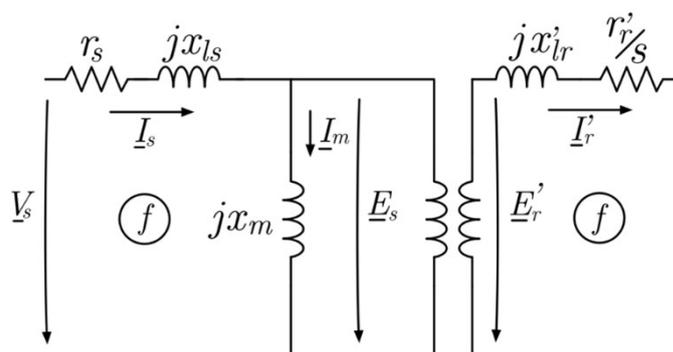


Figura 8. Circuito equivalente por fase do motor de indução com o rotor em movimento (frequências iguais)

Adicionalmente, podemos transferir os parâmetros do rotor para o estator eliminando o transformador ideal do circuito equivalente. Neste caso, os parâmetros serão multiplicados pelo quadrado da razão efetiva do número de espiras, que é dada por:

$$a = \frac{N_s K_{ws}}{N_r K_{wr}} \quad (8)$$

Onde N_s e N_r são o número de espiras dos enrolamentos do estator e rotor e K_{ws} e K_{wr} são os fatores de bobinagem dos enrolamentos do estator e rotor respectivamente.

Embora a razão efetiva do número de espiras possa ser facilmente obtida para um motor de indução com rotor bobinado, o mesmo já não acontece quando se trata de um motor de indução com rotor em gaiola de equilo.

De qualquer maneira, esse fator deve ser considerado na obtenção do circuito equivalente referido ao estator.

O circuito equivalente resultante destas transformações está desenhado na Fig. 9.

A este circuito pode ser adicionada uma resistência em paralelo com a reatância de magnetização para incluir as perdas no ferro do estator e rotor. Neste circuito, a corrente I_r será o equivalente da corrente no rotor, embora referida ao estator.

A resistência fictícia r'_r/s pode ser decomposta em duas componentes:

- a resistência do rotor r_r (referida ao estator);
- uma resistência adicional $\frac{1-s}{s}r_r$ que traduz a potência eletromecânica desenvolvida pelo motor, que varia com o deslizamento.

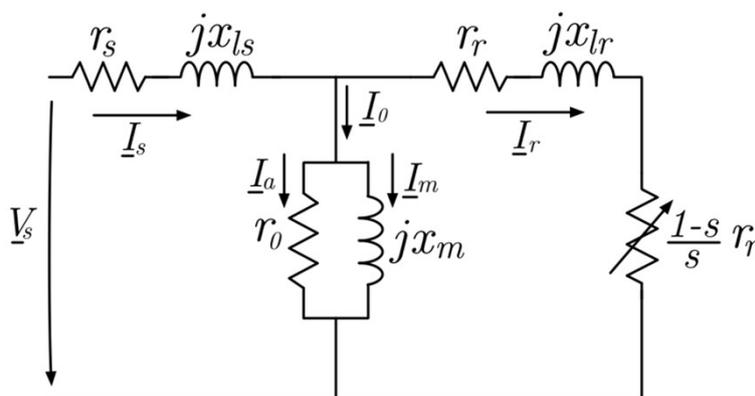


Figura 9. Circuito equivalente por fase referido ao estator

O diagrama fasorial correspondente a este circuito equivalente está ilustrado na Figura 10.

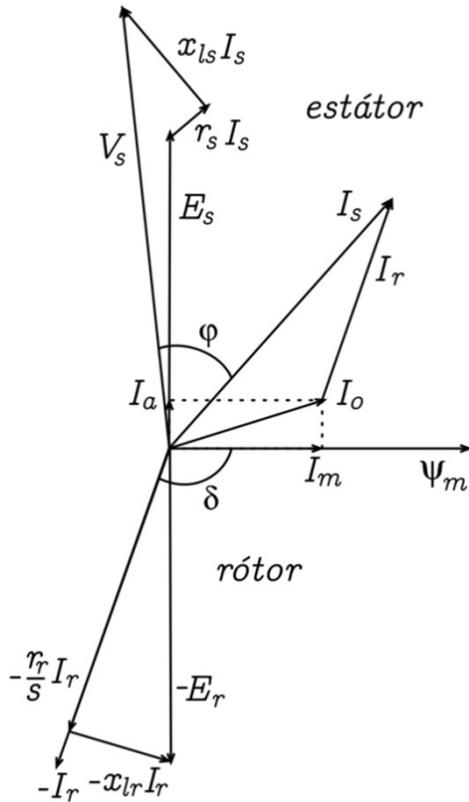


Figura 10. Diagrama fasorial para o circuito equivalente do motor (adaptado de [2])

Analisando o circuito da Figura 9, podemos obter o valor da potência eletromecânica desenvolvida pelo motor de indução trifásico calculando a potência dissipada na resistência variável $r_r^*(1-s)/s$. Assim, como são três fases, temos:

$$P_{el} = 3 \frac{1-s}{s} r_r I_r^2 \quad (9)$$

Por outro lado, para se obter o valor do binário utiliza-se a seguinte relação: $T=P/\omega$

Desta forma, valor do binário eletromagnético desenvolvido pelo motor pode ser obtido por:

$$T_{el} = \frac{3}{\omega_m} \frac{1-s}{s} r_r I_r^2 = 3 \frac{p}{\omega_e} \frac{r_r}{s} I_r^2 \quad (10)$$

Onde $\omega_m = (1 - s) \frac{\omega_e}{p}$ é a velocidade mecânica do rotor e $\omega_e = 2\pi f$ é a velocidade elétrica do campo girante, ambas em rad/s.

A partir de (10) podemos obter a característica mecânica do motor, que está desenhada na Figura 11 para um motor de classe de eficiência IE3, cujos parâmetros estão descritos na Tabela 1.

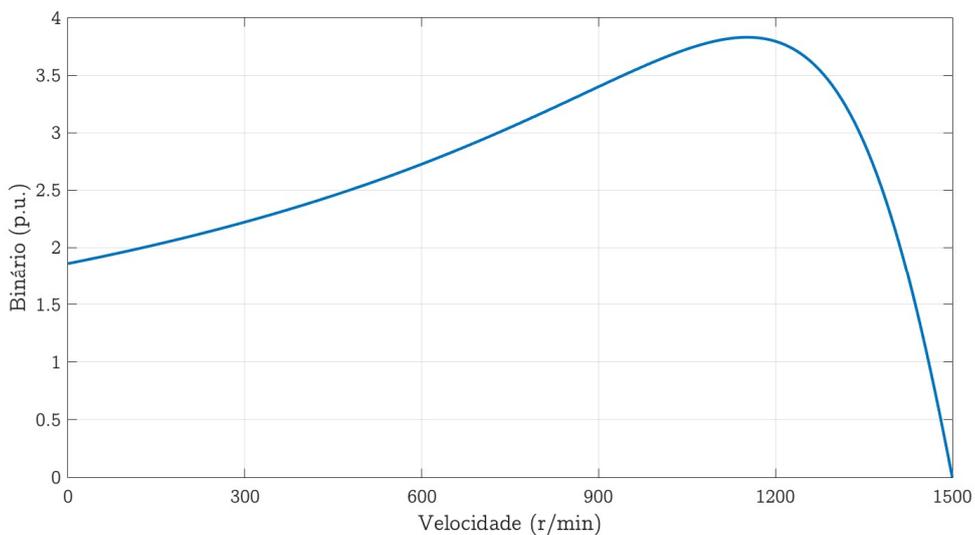


Figura 11. Característica mecânica do motor de indução para a frequência nominal e tensão nominal

² No diagrama está implícito que $|E_s| = |-E_r|$

Tabela 1. Dados de motor de indução trifásico, classe IE3

Valores nominais e parâmetros			
Valores nominais		Parâmetros do circuito equivalente	
P_N	7,5kW	r_s	1,6Ω
U_N	400V	r_r	1,7Ω
f_N	50Hz	r_0	2970Ω
h_N	91,2%	x_{ls}	3,72Ω
$\cos\phi_N$	0,85	x_{lr}	3,72Ω
s_N	0,0267	x_m	113,4Ω

4. Controlo escalar (V/Hz)

O método de controlo V/Hz ou U/f encontra-se entre os mais divulgados e utilizados quando se pretende controlo de velocidade em acionamentos de baixo desempenho.

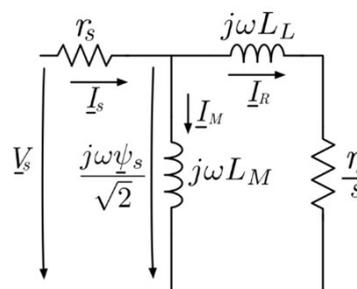
Uma vez que é um método relativamente simples, o seu desempenho dinâmico não vai ser o melhor no que se refere por exemplo aos tempos de resposta e perturbações [5].

Neste método, a variação de velocidade acontece em duas zonas distintas.

Na primeira, chamada de binário constante, a variação de velocidade é obtida atuando na frequência, mantendo o valor do fluxo aproximadamente constante. Para valores de velocidade superiores, mantém-se a tensão no seu valor nominal variando apenas a frequência. Nesta fase entra-se na zona de enfraquecimento de campo.

Este, é um método que utiliza características da máquina válidas em regime permanente, obtidas a partir do circuito equivalente simplificado [6].

No entanto, surgiram esquemas equivalentes mais apropriados para a o controlo escalar [6], [7], como é o caso do circuito equivalente simplificado do motor de indução ilustrado na Figura 12, também chamado de circuito equivalente em Γ .

Figura 12. Circuito equivalente em Γ (adaptado de [8])

Para se obter o circuito em Γ' a partir do circuito em Γ , é necessário definir em primeiro lugar o coeficiente de transformação γ , que é dado por:

$$\gamma = \frac{x_{ls} + x_m}{x_m} \quad (11)$$

A nova resistência do rotor fica:

$$r_R = \gamma^2 r_r \quad (12)$$

A reatância de magnetização será igual a:

$$x_M = \gamma x_m \quad (13)$$

A reatância total de fugas será obtida da seguinte forma:

$$x_L = \gamma x_{ls} + \gamma^2 x_{lr} \quad (14)$$

A corrente do rotor referida ao estator será:

$$I_R = \frac{I_r}{\gamma} \quad (15)$$

Neste novo circuito, que é equivalente ao circuito em Γ , a tensão do estator é dada por:

$$\underline{V}_s = r_s \underline{I}_s + j \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f_s \underline{\psi}_s \quad (16)$$

Se a resistência do estátor for desprezada ($r_s \cong 0$), (16) fica:

$$\underline{V}_s = j \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f_s \underline{\psi}_s \quad (17)$$

Ou seja, a relação entre a amplitude da tensão e frequência vai ser dada por:

$$\frac{V_s}{f_s} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} \psi_s \quad (18)$$

Também a corrente de magnetização, que cria o fluxo no estátor, pode ser obtida pela seguinte equação:

$$I_M \cong \frac{V_s}{j\omega L_M} \quad (19)$$

Conseqüentemente, se for mantida a razão V/f com a variação da frequência, o fluxo do estátor mantém-se constante e independente da tensão de alimentação do estátor.

Com o aumento da frequência, a tensão deve ser aumentada proporcionalmente para que a razão V/f se mantenha constante.

Se o fluxo no estátor for mantido constante, o binário eletromagnético pode ser obtido a partir da seguinte equação:

$$T_{el} = 3p \frac{\psi_s^2}{r_R} \frac{\omega_r}{(\tau\omega_r)^2 + 1} \quad (20)$$

Onde: $\tau = \frac{L_L}{r_R}$ e $\omega_r = \omega s = 2\pi f s$.

A partir desta equação de binário, podem obter-se as características mecânicas para os diferentes valores de frequência que se encontram desenhadas na Figura 13.

De notar que, como ilustrado, o controlo V/Hz constante apenas foi mantido até ao valor da frequência nominal.

Para valores acima da frequência nominal, como a tensão não pode ser aumentada por se encontrar no seu valor nominal, o fluxo no estátor vai diminuir o que leva também a uma diminuição do binário disponível. Esta chama-se a região de enfraquecimento de campo. Assim, a razão tensão-frequência não é sempre linear.

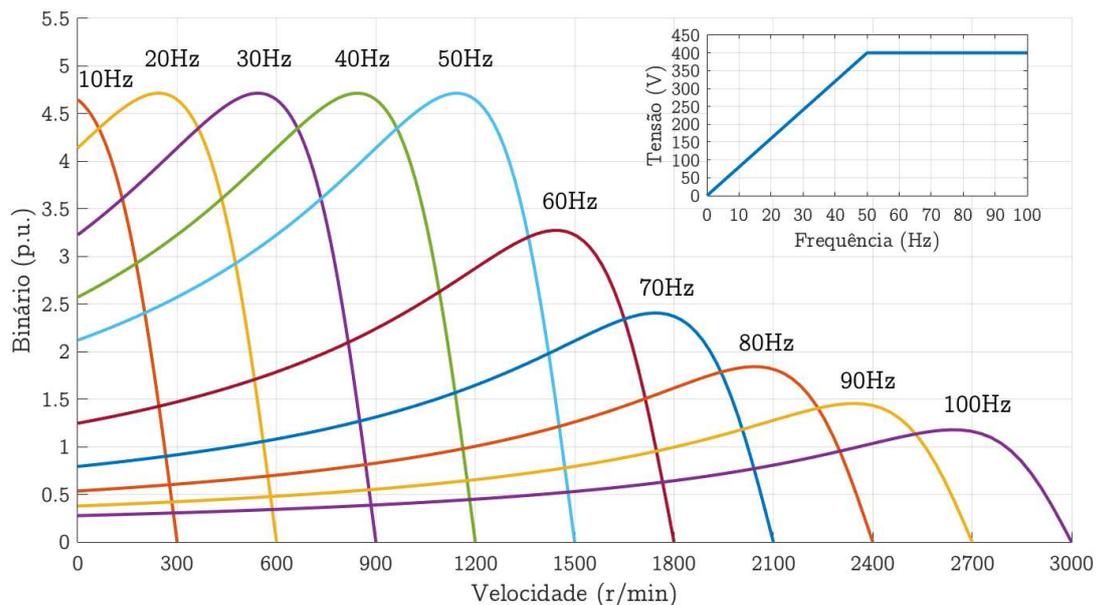


Figura 13. Curvas de binário para diferentes frequências desprezando a queda de tensão na resistência do estátor

No entanto, se for considerada a queda de tensão na resistência do estator, aplicando a mesma relação entre tensão e frequência leva a que o fluxo no estator não seja sempre igual. Desta forma, as características obtidas ficariam como as que se apresentam na Figura 14.

Para compensar esta diminuição do fluxo a baixas frequências, a relação entre a tensão e frequência tem que ser diferente. Uma maneira simples de compensar a queda de tensão na resistência do estator é utilizar a seguinte expressão para calcular a tensão de alimentação em função da frequência:

$$V_s = \begin{cases} (V_{sN} - V_{s0}) \frac{f}{f_N} + V_{s0} & \text{se } f < f_N \\ V_{sN} & \text{se } f \geq f_N \end{cases} \quad (21)$$

Onde V_{sN} e f_N são os valores nominais da tensão e frequência, e V_{s0} é o valor da tensão inicial a adicionar.

Na prática, a razão entre tensão e frequência é normalmente obtida a partir dos valores nominais da máquina a controlar. Para valores baixos de frequência, para compensar a queda de tensão na resistência do estator (que foi desprezada no cálculo das curvas da Figura 13), é necessário aplicar uma tensão inicial V_{s0} , conforme está ilustrado na Figura 15.

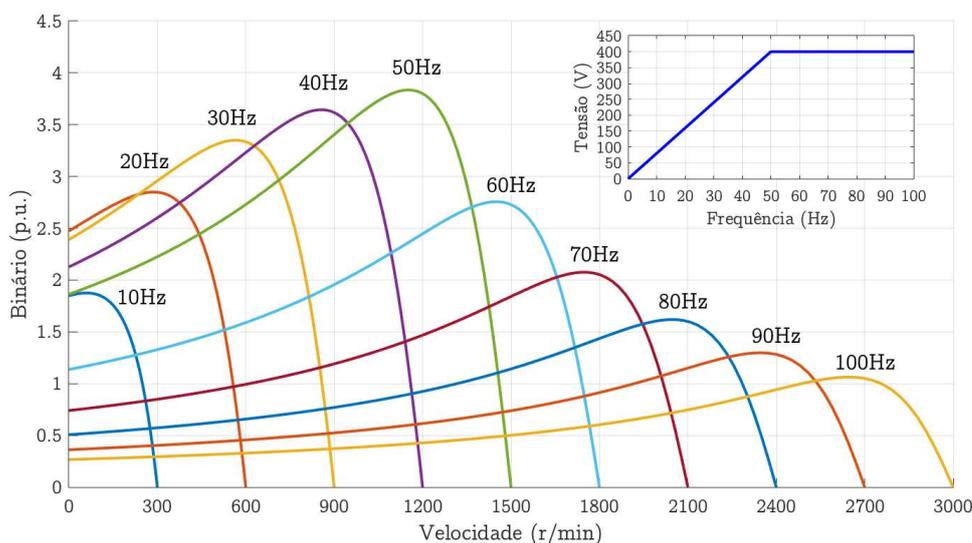


Figura 14. Curvas de binário considerando a queda de tensão na resistência do estator

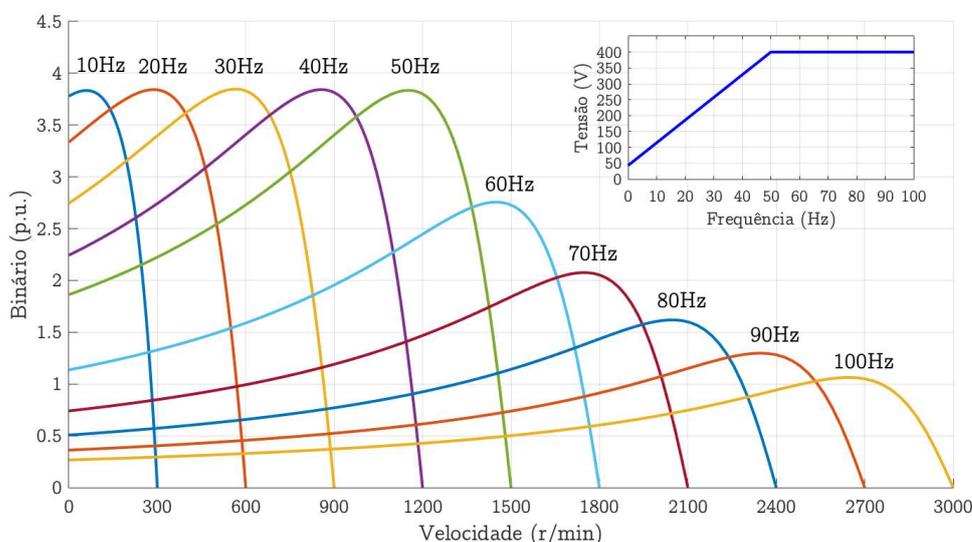


Figura 15. Curvas de binário compensando a queda de tensão na resistência do estator

Como já referido, este é o mais simples método de controlo eletrónico de velocidade do motor de indução.

A Figura 16 mostra um diagrama de blocos de um destes controladores, onde não há medição de velocidade, também chamado de controlo em malha aberta.

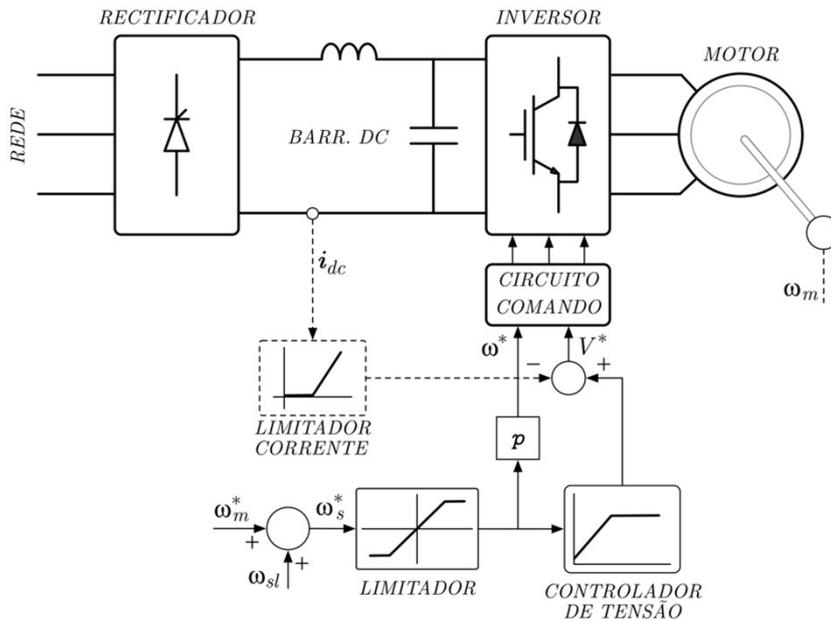


Figura 16. Controlo escalar em malha aberta (adaptado de [8])

Neste controlador, é adicionado um valor de deslizamento constante à velocidade de referência ω_m^* para compensar a carga acoplada ao veio do motor. Estes dois sinais formam a velocidade de sincronismo de referência, que é aplicada ao controlador de tensão (V/f) para gerar a tensão correspondente a essa frequência. A mesma velocidade é multiplicada pelo número de pares de pólos para gerar a velocidade elétrica de referência para o circuito de comando que, com o valor de tensão, gera os impulsos para os transístores do inversor.

Como opção, pode ser aplicado um limitador de corrente para reduzir o valor de tensão de referência quando a corrente ultrapassa um limite pré-estabelecido.

O controlo escalar em malha aberta é usado em aplicações de baixo desempenho onde não é necessário um controlo preciso da velocidade.

No entanto, a frequência ou a velocidade do campo magnético girante não é igual à velocidade do rotor devido ao deslizamento.

Como a velocidade real é desconhecida (não é medida), não é possível manter o deslizamento dentro dos limites, o que

pode levar ao funcionamento na zona instável da curva de binário, uma vez que quando a carga mecânica acoplada ao veio varia, o valor do deslizamento também se vai alterar.

Desta forma o controlo escalar em malha aberta não é a melhor opção para situações onde o aconteçam grandes variações de binário de carga. Para compensar o deslizamento, pode ser implementado um controlo em malha fechada.

O diagrama de blocos de um controlador em malha fechada está ilustrado na Figura 17.

A velocidade do rotor é medida e é comparada com a velocidade de referência. Esse erro de velocidade é aplicado ao controlador PI (Proporcional Integral) que gera o sinal da velocidade de deslizamento de referência. Este valor tem que ser limitado por questões de estabilidade.

A velocidade de deslizamento de referência é adicionada ao valor da velocidade do rotor para produzir a velocidade de sincronismo de referência. Esta segue para o controlador de tensão (V/f) para gerar a tensão de referência e é multiplicada pelo número de pares de pólos para gerar a velocidade elétrica de sincronismo de referência. As duas são aplicadas ao circuito de comando para gerar os impulsos para os transístores do inversor.

Assim, o controlo escalar em malha fechada, uma vez que utiliza o valor medido da velocidade do rotor, oferece uma melhor solução no que se refere ao controlo de velocidade. Além disso, o controlo em malha fechada permite controlar também o binário, o que não é efetuado no controlo em malha aberta. Este método de controlo contém uma malha de controlo do deslizamento, uma vez que o binário é proporcional ao deslizamento.

5. Conclusões

O controlo escalar é um método bastante usado quando se trata de aplicações de baixo desempenho.

É um método fácil de implementar e não necessita de muitos recursos computacionais devido a apenas se atuar nas grandezas escalares tensão e frequência.

Dependendo da aplicação pode efetuar-se um controlo em malha aberta ou malha fechada. Para a sua implementação é necessário um conversor eletrónico, pois será necessário obter sinais de tensão variáveis em amplitude e frequência.

6. Bibliografia

- [1] M. P. Kazmierowski, R. Krishnan and F. Blaabjerg, Control in Power Electronics, Academic press, 2002, p. 529.
- [2] B. K. Bose, "Modern Power Electronics and AC Drives," Prentice Hall, Inc., New Jersey, 2002.
- [3] A. Iqbal, H. Abu-Rub and J. Guzinski, High Performance Control of AC Drives with Matlab / Simulink Models, India: John Wiley & Sons Ltd, 2012, p. 500.
- [4] D. S. Spirov, "Comparison of PWM Strategies for Inverter-fed Induction Motor," Annual Journal of Electronics, p. 4, 2009.
- [5] H. Razik, Handbook of Asynchronous Machine with Variable Speed, Wiley, 2011, p. 418.
- [6] G. Marques, "Controlo de Motores Eléctricos," IST, Lisboa, 1999.
- [7] I. Boldea and S. A. Nasar, The Induction Machine Handbook, Washington, D.C.: CRC Press, 2002.
- [8] A. Trzynadlowski, Control of Induction Motors, Nevada: Academic Press, 2000.
- [9] M. H. Rashid, Power Electronics Handbook, Elsevier Inc., 2007, p. 1989.
- [10] R. Krishnan, Electric Motor Drives: Modeling, Analysis and Control, Prentice Hall, 2001, p. 653.

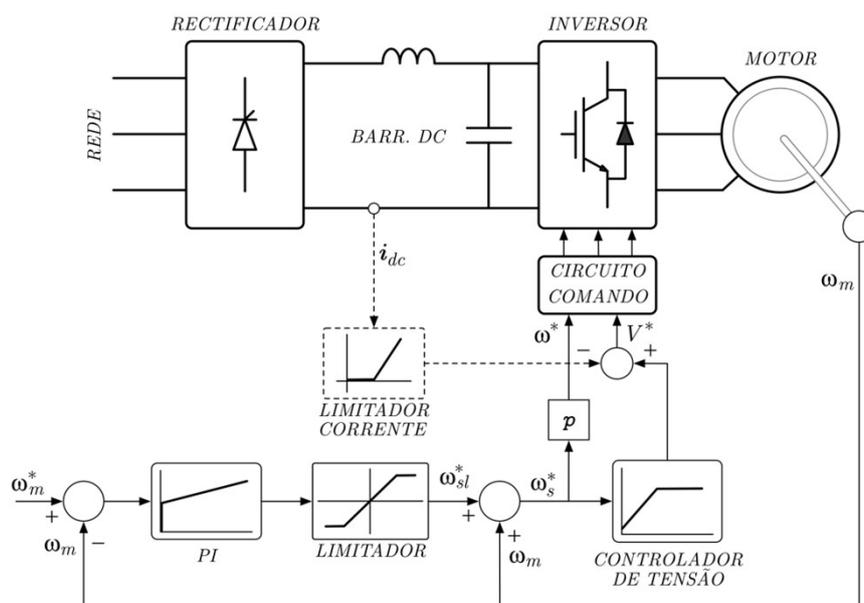


Figura 17. Controlo escalar em malha fechada (adaptado de [8])

O ELETROMAGNETISMO NAS MÁQUINAS ELÉTRICAS

Resumo

O eletromagnetismo desempenha um papel fundamental na conversão de energia nas máquinas elétricas e a sua compreensão é importante para se ter um completo domínio do tema.

O campo magnético, que envolve o funcionamento das máquinas elétricas, pode ter origem em ímanes permanentes ou pode ser criado com recurso a bobinas. A abordagem ao magnetismo criado pelos ímanes permanentes ou bobinas é normalmente baseada nos efeitos observáveis e não na explicação a nível atómico desses fenómenos, recorrendo-se habitualmente a argumentos associados a observações experimentais, sem de facto se dar uma interpretação física.

O objetivo deste artigo é explicar os processos atómicos relacionados com fenómenos magnéticos e elétricos existentes nas máquinas elétricas, tornando mais claros e transparentes alguns conceitos, tais como a existência de polos magnéticos, interação de atração/repulsão magnética e campo magnético.

1. Introdução

As máquinas elétricas, compreendendo os geradores, motores ou transformadores, têm o seu princípio de funcionamento baseado em processos magnéticos que lhes conferem as suas características.

As máquinas rotativas podem ter bobinas instaladas quer na parte móvel, “rotor”, quer na parte estática, “estator”. É de referir que, em diversas máquinas, uma dessas bobinas pode ser substituída por ímanes permanentes, podendo-se obter resultados semelhantes, embora com limitações relativas aos materiais utilizados.

Para se compreender o funcionamento das máquinas elétricas é fundamental entender-se bem o magnetismo, pois dele dependem as interações que determinam as suas características.

Dado que o magnetismo é invisível, a sua compreensão física não é óbvia, embora os seus efeitos possam ser facilmente observados ou sentidos, de uma forma básica, a partir da interação de repulsão ou atração entre dois ímanes. Desta forma é fácil demonstrar a existência de forças entre os campos magnéticos criados.

Do mesmo modo, com a conhecida experiência da limalha de ferro lançada sobre um vidro pousado sobre um íman, é simples demonstrar a formação das imaginárias “linhas de fluxo”, pois a limalha orienta-se em alinhamentos que materializam as referidas linhas. Deste modo, por constatação, é simples aceitar esta ciência “oculta” como um dado adquirido, embora de facto não tenha sido explicada nem compreendida na sua essência.

Ficam sempre algumas dúvidas, ou seja, algumas questões não inteiramente esclarecidas, tais como, por exemplo, “porque é que dois ímanes têm a capacidade de se repelirem sem sequer se tocarem fisicamente?” Parece ser um processo de pura magia que desafia os nossos sentidos e que tem sido utilizado no mundo mítico, sendo o termo “magnetismo” frequentemente associado também a fenómenos transcendentais.

2. Estado da arte

Os conceitos associados ao eletromagnetismo são habitualmente apresentados recorrendo a leis da física transcritas em expressões que tornam pouco compreensíveis e difíceis de entender os verdadeiros fenómenos.

São exemplos as afirmações seguintes: “a integral de linha da componente tangencial da intensidade de campo magnético H ao longo de um contorno fechado C é igual à corrente total que passa através de qualquer superfície S delimitada por esse contorno” [1]; “o fluxo magnético através de uma superfície é definido como a integral de superfície da componente normal do vetor campo magnético, B ” [2]; “a intensidade de campo magnético, H , é uma forma de medida do esforço da corrente em estabelecer um campo magnético” [3]; “a descrição exata do campo magnético requer o uso das equações de Maxwell e o conhecimento das relações entre a indução B e a intensidade de campo magnético H ” [4]; “encarando a força entre correntes elétricas numa perspectiva causa-efeito, a corrente cria um campo magnético à sua volta que exerce forças sobre outras correntes eventualmente existentes nessa região” [5]; “Sabemos da teoria eletromagnética de Maxwell que os polos magnéticos ocorrem em pares. Como tal, quando um íman é cortado em pedaços, cada peça terá um par de polos. Polos magnéticos iguais exercem forças entre si, de modo que se repelem mutuamente, enquanto os polos norte e sul se atraem” [6].

No livro de Física de Knight [7] são apresentadas de uma maneira simples algumas constatações para as quais ainda não foram, até agora, apresentadas justificações satisfatórias que se referem seguidamente:

a) “O magnetismo é uma força de ação à distância. Polos iguais repelem-se e polos opostos atraem-se.” (Fig. 1)

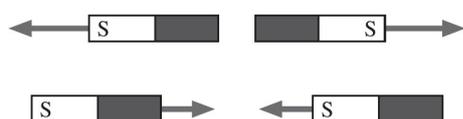


Figura 1. Atração e repulsão dos polos magnéticos. [7]

b) “É um fenómeno estranho que, cortando-se um íman pela metade (Fig. 2), fiquemos com dois ímanes mais fracos, porém completos, cada qual dotado de um polo norte e de um polo sul. Um polo magnético isolado, como um polo norte na ausência de um polo sul, seria

chamado de monopolo magnético. Ninguém jamais observou um monopolo magnético. Por outro lado, ninguém ainda forneceu uma razão convincente para que monopolos magnéticos isolados não possam existir, e algumas teorias de partículas subatómicas preveem que eles deveriam existir. Se os monopolos magnéticos existem ou não na natureza, permanece uma questão aberta num dos níveis mais fundamentais da física.”

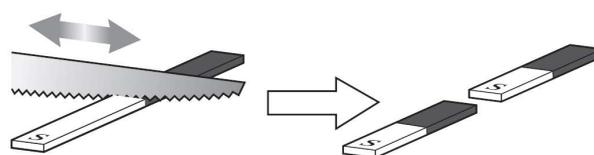


Figura 2. “O corte de um íman cria novos dipolos”. [7]

c) “Não é de todo óbvio que as forças magnéticas causadas por correntes correspondam ao mesmo tipo de magnetismo que aquelas exercidas por ímanes. Talvez existam dois tipos diferentes de forças magnéticas, um originado de correntes, e outro, de ímanes permanentes. Essas duas maneiras distintas de produzir efeitos magnéticos constituem, de facto, apenas dois aspetos diferentes de uma única força magnética.” (Fig. 3)

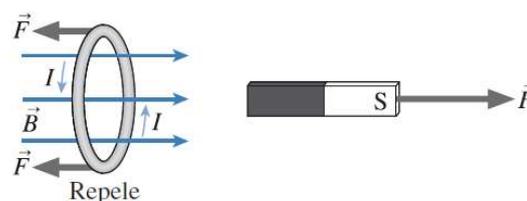


Figura 3. Semelhança entre campo magnético criado por uma bobine e por um íman. [7]

d) “Existem diversas formas de descrever o campo magnético através das suas propriedades:

- Toda a corrente que flui num fio cria um campo magnético em todos os pontos do espaço ao seu redor (Fig. 4).

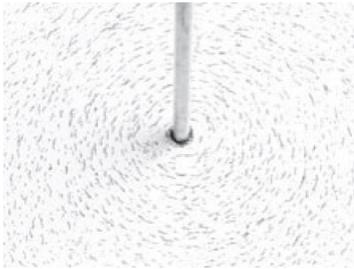


Figura 4. Campo magnético criado por um condutor percorrido por uma corrente. [7]

- Em cada ponto do espaço, o campo magnético é um vetor. Ele possui tanto um módulo que chamamos de intensidade de campo magnético B , quanto uma orientação (direção e sentido). (Fig. 5)

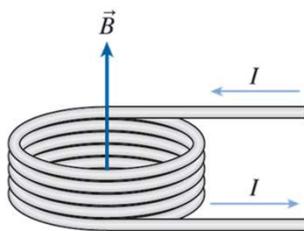


Figura 5. Campo magnético criado por uma bobina percorrida por uma corrente. [7]

- O campo magnético exerce forças sobre os polos magnéticos. A força exercida sobre um polo norte é paralela ao vetor B , e a força exercida sobre o polo sul é oposta ao vetor B .
- Forças magnéticas fazem com que a agulha de uma bússola fique alinhada paralelamente a um campo magnético, com o polo norte da bússola indicando a orientação (direção e sentido) do campo magnético naquele ponto.

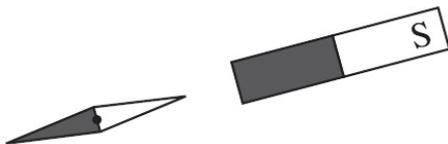


Figura 6. “A agulha de uma bússola alinha-se paralelamente a um campo magnético”. [7]

- O campo magnético pode ser descrito através do uso das linhas de campo magnético que são linhas imaginárias desenhadas numa região do espaço de modo que toda a tangente a uma linha de campo esteja orientada no sentido do campo magnético. (Fig. 7 e 8)

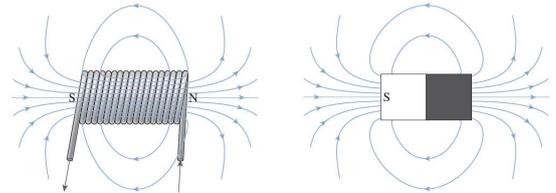


Figura 7. As linhas de campo magnético são linhas imaginárias. [7]

- O campo magnético diretamente acima das espiras é oposto ao campo dentro das espiras. Uma bobina funciona como um agrupamento de espiras de corrente.”

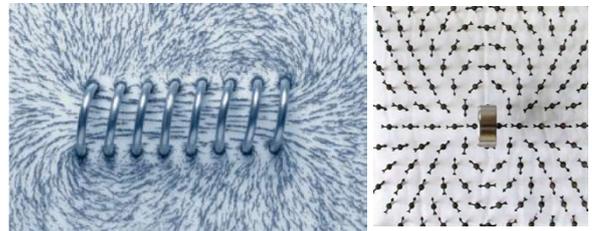


Figura 8. Linhas de campo magnético criadas por uma bobina [7] e por um ímã [8].

3. Compreensão a nível atômico do campo magnético e dos polos magnéticos

“Eu sinto que é uma desilusão pensar nos elétrons e nos campos como duas entidades fisicamente diferentes e independentes. Uma vez que nenhuma delas pode existir sem a outra, há apenas uma realidade a ser descrita, que tem dois aspectos diferentes; e a teoria deve reconhecer isso desde o início em vez de fazer as coisas duas vezes.” Albert Einstein [9].

O magnetismo de sólidos quase exclusivamente se origina pelo movimento de elétrons [10]. Em escala atômica, os momentos magnéticos intrínsecos estão associados à rotação de cada elétron, spin, e uma contribuição adicional está associada ao seu movimento orbital em torno do núcleo [11]. Todos os campos magnéticos são gerados por correntes elétricas circulantes. [12]

A corrente elétrica (movimento ordenado de elétrons) ao circular nas espiras de uma bobine gera um campo magnético que tem exatamente as mesmas características do campo magnético criado por um ímã permanente (Fig. 7).

Dado que, numa bobina alimentada por corrente contínua, o movimento circular de elétrons cria um campo magnético idêntico ao criado por um ímã permanente, leva-nos a admitir que os elétrons dentro de um ímã poderão ter orbitais igualmente circulares de modo a produzirem um efeito semelhante. Tal como um ímã, uma bobina onde circula uma corrente contínua tem dois polos, tendo um a designação Norte e outro Sul. Nesta situação, olhando de topo para a extremidade da bobina onde a corrente circula no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio, podemos associar este lado da bobina ao polo Norte, e consequentemente, o lado oposto ao polo Sul.

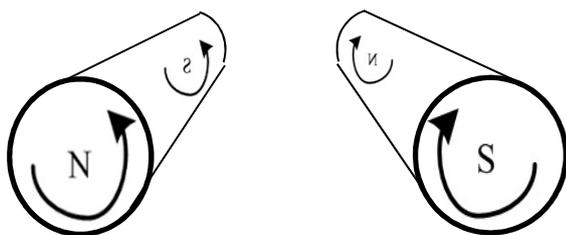


Figura 9. Sentido da corrente e polos criados nas extremidades de uma bobina

Do mesmo modo, com o auxílio de uma bússola podemos identificar o polo Norte de um ímã e assumir igualmente que nesse lado do ímã, os elétrons se movem ordenadamente em orbitais circulares e com sentido anti-horário e, visto da extremidade Sul, acontece o contrário.

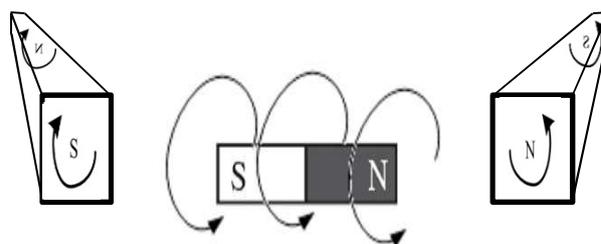


Figura 10. Sentido de circulação interna dos elétrons num ímã permanente

Deste modo as designações de polo Norte e Sul de um ímã estariam associadas à identificação do sentido de circulação interna dos elétrons. Assim, é evidente que quando se parte um ímã se criam dois dipolos, pois não se altera o sentido de circulação dos elétrons.

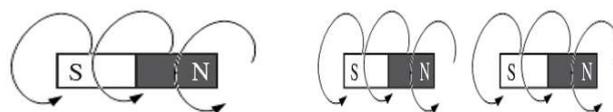


Figura 11. O corte de um ímã permanente cria novos dipolos

Do mesmo modo, também se torna evidente que ao dividir-se a bobine a meio se obtenham dois dipolos. Assim, por exemplo, se dividirmos uma bobina de 100 espiras em 2 bobinas de 50 espiras cada, obtemos dois dipolos, fenómeno semelhante acontece quando se parte um ímã ao meio.

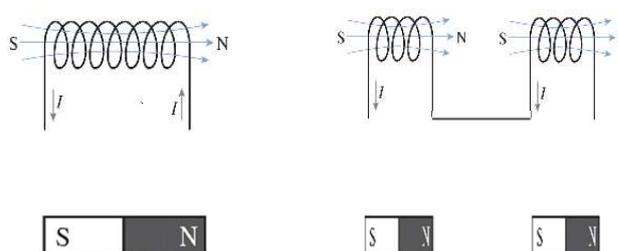


Figura 12. O "corte" de uma bobina cria novos dipolos

Agora resta a questão de entender porque é que dois polos iguais se repelem e dois polos diferentes se atraem.

No caso de se aproximarem polos diferentes, o movimento dos elétrons em cada ímã é circular e com o mesmo sentido levando a crer que as trajetórias dos elétrons sob influência de ambos os ímãs se encaixam sem colisões permitindo a aproximação dos dois ímãs. Por outro lado, é importante ter presente que os elétrons que giram em torno do núcleo são fortemente atraídos pelos respectivos núcleos e a distância entre eles é mantida graças às forças centrífugas que afastam os elétrons (cargas negativas) dos respectivos prótons (cargas positivas). Acontece que o efeito dessas forças centrífugas apenas confere efeito de afastamento dos elétrons aos respectivos núcleos. Assim, quando se aproximam polaridades diferentes de dois ímãs, dado que as orbitais dos elétrons são circulares e têm iguais sentidos nos referidos ímãs, estes permitem a sua aproximação, mas os elétrons de um dado ímã são fortemente atraídos pelos prótons do outro ímã. Ou seja, surgem forças de atração entre as diferentes polaridades dos ímãs.

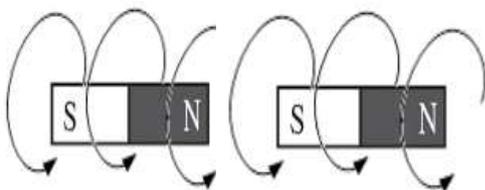


Figura 13. Polaridades diferentes de dois ímãs atraem-se

Na outra situação de se aproximarem polos iguais de dois ímãs, o movimento dos elétrons em cada ímã é circular, mas com sentidos contrários, levando a crer que os elétrons sob influência de ambos os ímãs sofrem colisões entre eles não permitindo a aproximação dos dois ímãs, ou seja surgem forças de repulsão promovendo o afastamento entre polos iguais.

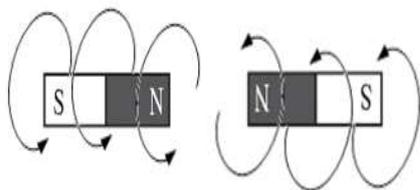


Figura 14. Polos iguais de dois ímãs repelem-se

4. Conclusão

Partindo da compreensão da criação de campo magnético criado por uma corrente de elétrons quando percorre uma bobina abordou-se o conceito de polos magnéticos Norte e Sul; como os ímãs permanentes apresentam propriedades magnéticas semelhantes, a associação do magnetismo ao movimento circular dos elétrons permitiu entender por que razão surgem dois dipolos quando se parte um ímã a meio e também a existência de forças de atração entre polos diferentes e repulsão entre polos iguais. Em termos de conclusão, foram abordados fenómenos com os quais convivemos diariamente, mas cuja explicação tem estado suportada na constatação dos seus efeitos e não na explicação numa escala atômica que justifica de uma forma simples e transparente o magnetismo tal como existe na natureza.

5. Referências

- [1] Fitzgerald, A. K., Jr. Umans, S.D., Máquinas Elétricas de Fitzgerald e Kingsley - 7.ed, AMGH Editora, 2014.
- [2] Toro, V. D., Fundamentos de Máquinas Elétricas, Guanabara, 1994.
- [3] Chapman, S. J., Electric Machinery Fundamentals, McGraw-Hill, 2012.
- [4] Mora, J. F., Máquinas eléctricas, McGraw-Hill Interamericana de España S.L., 2008.
- [5] Meireles, V. C., Circuitos Elétricos, Lidel, 2007.
- [6] Stefanita, C. G., Magnetism, Basics and Applications, Springer, 2012.
- [7] Knight, R. D., Física: uma abordagem estratégica, Eletricidade e Magnetismo vol. 3, Bookman, 2009.
- [8] Benelli, C., Gatteschi, D., Introduction to Molecular Magnetism: From Transition Metals to Lanthanides, Wiley, 2015.
- [9] Mead, C., Collective Electrodynamics: Quantum Foundations of Electromagnetism, MIT Press, 2002.
- [10] Skomski, R., Simple Models of Magnetism, OUP Oxford, 2012.
- [11] Coey, J. M. D., Magnetism and Magnetic Materials, Cambridge University Press, 2010.
- [12] Fitzpatrick, R., Maxwell's Equations and the Principles of Electromagnetism, Jones & Bartlett Learning, 2008.

Título: Instalações Elétricas de Média Tensão – Postos de Transformação e Seccionamento
Autor: António Augusto Araújo Gomes, José António Beza Carvalho
Editora: Publindústria
Data de Edição: 2017
ISBN: 9789897232541
Nº Páginas: 195
Encadernação: Capa mole

Sinopse:

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia eletrotécnica, bem como a técnicos responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas. Pretende ser ainda uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, normativos e regulamentares sobre o projeto, execução e exploração de postos de transformação e seccionamento aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação na qual sejam intervenientes, maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como reduzir os custos de execução e exploração das instalações.

António Augusto Araújo Gomes
 José António Beza Carvalho

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE MÉDIA TENSÃO
POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO E SECCIONAMENTO

Sobre o livro

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia eletrotécnica, bem como a técnicos responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas. Pretende ser ainda uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, normativos e regulamentares sobre o projeto, execução e exploração de postos de transformação e seccionamento aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação na qual sejam intervenientes, maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como reduzir os custos de execução e exploração das instalações.

Sobre os autores

António Augusto Araújo Gomes

Bacharel em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto, Licenciado e Mestre (em Habilitação em Engenharia Eletrotécnica e Computadores) pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor adjunto no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999. Coordenador de Cursos na CEBEERUS – Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999. Sócio da empresa Neutro à Terra – Gabinete de Engenharia Lda (2000 a 2006). Prestação de serviços de formação e/ou projeto e/ou assessoria e/ou consultoria no âmbito das instalações elétricas, interconexões, segurança, gestão de energia, eletrónica/energética, a diversas entidades, nomeadamente NERFAM – Consultores de Engenharia, SA, Schurnal – Engenharia e Serviços, Lda, ENERDO – Consultores de Engenharia, Lda, EQ – Instituto de Segurança e Qualidade, Quatérios – Indústria de Químicos Elétricos, SA, EP – Instituto Eletrotécnico Português, CENBITEC – Centro de Energia e Tecnologia/ANACOM – Autoridade Nacional das Telecomunicações, IIT – Instituto para o Desenvolvimento Tecnológico, IEM – Agência de Energia Entre Douro e Vouga.

José António Beza Carvalho

Bacharel em Engenharia Eletrotécnica pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto, Mestre e Doutor em Engenharia Eletrotécnica na especialidade de sistemas de energia pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor Coordenador no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, desempenhando as funções de Diretor do Departamento. Integra a direção da Escola Tecnológica de Vale de Camba como representante do Instituto Politécnico do Porto. É autor de vários artigos publicados em conferências nacionais e internacionais, diretor da revista Neutro à Terra e integrou vários juries de provas públicas de doutoramento e para a carreira do ensino superior.



INTERRUPTORES (MECÂNICOS) PARA USO INDUSTRIAL OU INSTALAÇÕES SEMELHANTES

1. Aspetos gerais

Um interruptor (mecânico) é definido como um aparelho mecânico de conexão capaz de estabelecer, de suportar e de interromper correntes nas condições normais do circuito, incluindo, eventualmente, as condições especificadas de sobrecarga em serviço.

É um aparelho que é ainda capaz de suportar, num tempo especificado, correntes nas condições anormais especificadas para o circuito, tais como as resultantes de um curto-circuito.

Pode ser capaz de estabelecer correntes de curto-circuito mas não de as interromper.

Os interruptores de baixa tensão são divididos nos seguintes tipos principais:

- Interruptores para instalações elétricas fixas, domésticas e análogas;
- Interruptores de uso industrial ou instalações semelhantes.

Os interruptores de uso industrial ou instalações semelhantes observam o disposto na norma EN 60947, partes 1 e 3.

2. Classificação

I) Quanto ao tipo de montagem

Quanto ao tipo de montagem os interruptores de uso industrial podem ser classificados nos seguintes tipos:

- **Interruptor modular de montagem em calha simétrica**

A Figura 1 mostra um exemplo de um interruptor modular de montagem em calha simétrica.



**Figura 1. Interruptor modular de montagem em calha simétrica
(HAGER, Interruptor Modular 3P 125A: SBN399)**

EN 60947 – Aparelhagem de baixa tensão.

Parte 1: Regras gerais.

Parte 3: Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores e combinados fusíveis.

A parte 3 da norma 60947 aplica-se a interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores e combinações fusível para utilização em circuitos de distribuição e circuitos motor nos quais a tensão estipulada não exceda 1000 V a.c. ou 1500 V d.c..

- Interruptor de caixa moldada

A Figura 2 mostra um exemplo de um interruptor de manobra em caixa moldada.



Figura 2. Interruptor em caixa moldada
(HAGER, Interruptor geral x160 3P 125A 4,5M: HCA125H)

- Interruptor aberto

A Figura 3 mostra um exemplo de um interruptor do tipo aberto.



Figura 3. Interruptor aberto
(HAGER, Interruptor de corte aparente 3P 1600A: HA364)

II. Quanto à categoria de utilização

A categoria de utilização define as aplicações previstas para os equipamentos, sendo cada categoria de utilização caracterizada por valores de correntes e tensões, expressas em múltiplos da corrente estipulada de utilização e da tensão estipulada de utilização, como também pelos fatores de potência ou constantes de tempo do circuito.

A designação das categorias de utilização é completada pelo sufixo:

- A – Quando as aplicações pretendidas requerem manobras frequentes.
- B – Quando as aplicações pretendidas requerem manobras não frequentes.

De acordo com a categoria de utilização os interruptores do tipo industrial são classificados nos tipos indicados na Tabela 1.

Tabela 1. Categorias de utilização

Natureza da corrente	Categoria de utilização		Aplicação típica
	A	B	
Corrente Alternada	AC-20A	AC-20B	Fecho e abertura sem carga
	AC-21A	AC-21B	Cargas resistivas, incluindo sobrecargas moderadas
	AC-22A	AC-22B	Cargas mistas resistivas e indutivas, incluindo sobrecargas moderadas
	AC-23A	AC-23B	Cargas constituídas por motores ou outras cargas altamente indutivas
Corrente Contínua	DC-20A	DC-20B	Fecho e abertura sem carga
	DC-21A	DC-21B	Cargas resistivas, incluindo sobrecargas moderadas
	DC-22A	DC-22B	Cargas mistas resistivas e indutivas, incluindo sobrecargas moderadas (por exemplo motores em paralelo)
	DC-23A	DC-23B	Cargas constituídas por motores ou outras cargas altamente indutivas (por exemplo motores em série)

III. De acordo com o método de manobra do equipamento manobrado manualmente

De acordo com o método de manobra do equipamento manobrado manualmente os interruptores do tipo industrial são classificados nos seguintes tipos:

- **manobra manual dependente:** No qual a operação é realizada somente por meio da energia manual aplicada diretamente, onde a velocidade e a força da operação são dependentes da ação do operador
- **manobra manual independente:** No qual a operação é realizada por energia armazenada proveniente da força manual armazenada numa operação contínua, de maneira que a velocidade e força da operação são independentes da ação do operador
- **manobra manual semi-independente:** Manobra realizada exclusivamente por meio de energia diretamente aplicada de forma que a força manual é aumentada até um valor-limite para além do qual se realiza a manobra independentemente de comutação, salvo se ela é intencionalmente retardada pelo operador

IV. De acordo com a aptidão ao seccionamento

De acordo com a aptidão ao seccionamento os interruptores do tipo industrial são classificados nos seguintes tipos:

- apto ao seccionamento ;
- não apto ao seccionamento.

V. Quanto ao número de polos

Os interruptores de uso industrial são classificados quanto ao número de polos nos seguintes tipos:

- unipolares ;
- bipolares ;
- tripolares ;
- tetrapolares .

VII. Natureza da corrente

- corrente alternada;
- corrente contínua.

3. Principais elementos constituintes

A Figura 4 mostra os principais elementos constituintes de um interruptor de uso industrial de montagem em calha simétrica.



- 1 Invólucro
- 2 Ligador - Saída
- 3 Ligador – Entrada
- 4 Marcação do produto
- 5 Indicador de posição:
 - Posição “aberto” (desligado): 0
 - Posição “fechado” (ligado): I
- 6 Manipulo

Figura 4. Principais elementos constituintes de um de um interruptor de uso industrial de montagem em calha simétrica (HAGER, SBN 180 – Interruptor Modular 1P 80^a)

4. Principais características

As principais características dos disjuntores de uso industrial ou análogo, são:

- Para corrente alternada 50 ou 60 Hz
- Tensão estipulada até 1000 V (entre fases)
- De corte ao ar
- Correntes estipuladas sem limites impostos
- Reguláveis
- $I_{nf} = 1,05 I_n (I_r)$
- $I_2 = 1,30 I_n (I_r)$

5. Marcação

De acordo com o definido na norma EN 60947, parte 0 e parte 1, cada disjuntor deve estar marcado de uma forma indelével, parte da seguinte informação:

Em cada disjuntor deve estar marcado de uma forma indelével e facilmente legível, parte da seguinte informação:

- a) Nome do fabricante ou a marca registada;
- b) Designação do tipo, o número do catálogo ou o número de série;
- c) Referência da norma do material correspondente se o fabricante declarar essa conformidade;
- d) Tensões estipuladas de utilização (U_e);
- e) Categoria de utilização e correntes estipuladas de utilização (ou potências estipuladas, ou correntes estipuladas ininterruptas), às tensões estipuladas de utilização do material;
- f) Valor da(s) frequência(s) estipulada(s), por exemplo: 50 Hz, 50 Hz/60 Hz, e/ou a indicação «corrente contínua» (ou o símbolo);
- g) Serviço estipulado, com a indicação da classe de serviço intermitente, se existir (contínuo, ininterrupto, intermitente periódico, temporário ou periódico);
- h) Poderes estipulados de fecho e/ou de corte. Estas indicações poderão ser substituídas, quando aplicável, pela indicação da categoria de utilização;
- i) Tensão estipulada de isolamento (U_i);
- j) Tensão estipulada suportável aos impulsos (U_{imp});
- k) Característica do relé ou disparador:
 - Tipo de relé ou de disparador;
 - Valores estipulados;
 - Corrente de regulação ou gama da corrente de regulação;
 - Características tempo/corrente;
 - Influência da temperatura ambiente;
 - Funções estendidas.
- l) Sobretensão de manobra (deverá ser superior à U_{imp});
- m) Corrente estipulada de curta duração admissível (I_{cw}) bem como a sua duração, quando aplicável;
- n) Poderes estipulados de fecho e/ou de corte em curto-circuito, quando aplicável:
 - Poder estipulado de corte em curto-circuito (I_{cn}),
 - Poder estipulado de corte de serviço em curto-circuito (I_{cs}),
 - Poder estipulado de corte último em curto-circuito (I_{cu}),
 - Poder estipulado de fecho em curto-circuito (I_{cm});
- o) Corrente estipulada de curto-circuito condicional, quando aplicável;
- p) Código IP, no caso de um material com invólucro;
- q) Grau de poluição condições ambientais para as quais o material é previsto:
 - Grau 1 (sem poluição),
 - Grau 2 (normal) - standard para aplicações domésticas,
 - Grau 3 (poluição condutora) - standard para aplicações industriais;
 - Grau 4 (poluição que provoca condutividade persistente);
- r) Tipo e características máximas estipuladas do dispositivo de proteção contra os curto-circuitos, quando aplicável;
- s) Classe de proteção contra os choques elétricos, quando aplicável;
- t) Tensão estipulada do circuito de comando, natureza e frequência da corrente, se diferentes das da bobina de comando, natureza da corrente, frequência estipulada e tensão estipulada da alimentação do comando;
- u) Pressão estipulada do ar e limites das variações de pressão (para os materiais de comando pneumático);

- v) Símbolo de aptidão ao seccionamento, se aplicável, com o símbolo:



para um disjuntor apto ao seccionamento .

- w) Comprimento a desnudar antes da introdução do condutor no terminal;
- x) Número máximo de condutores que poderão ser apertados;
- y) Para os terminais sem parafuso não universais: "s" ou "sol" para os terminais declarados para condutores rígidos-maciços, "r" para os terminais declarados para condutores rígidos (maciços e cableados); "f" para os terminais declarados para condutores flexíveis.

A Figura 5 ilustra a marcação de um disjuntor industrial.

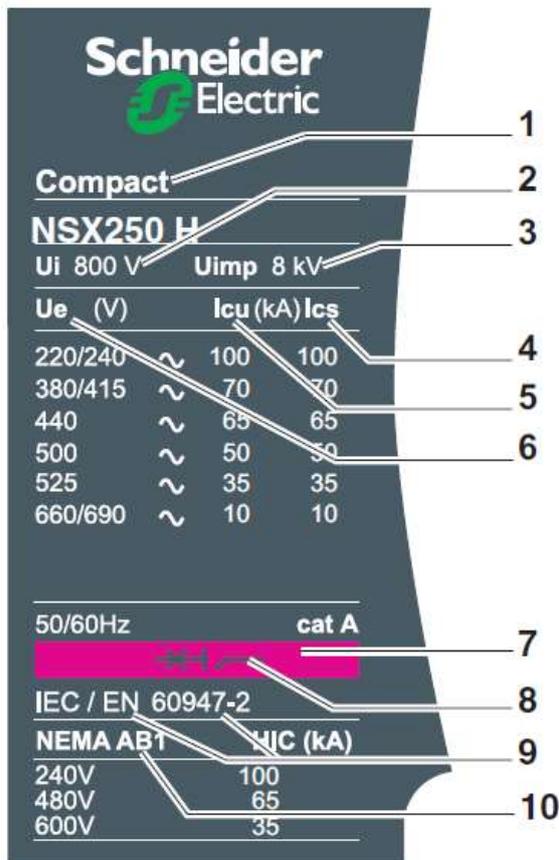
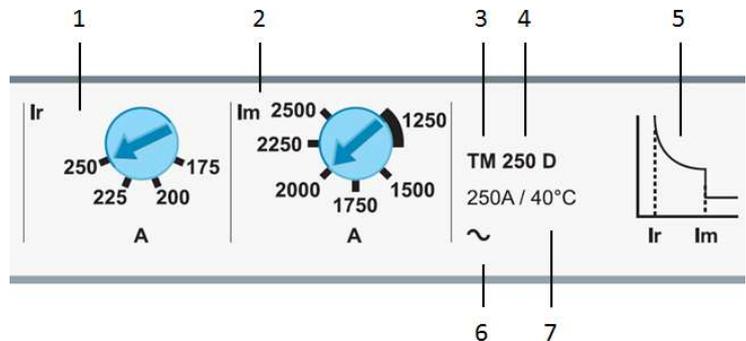


Figura 5. Marcação de disjuntores para instalações domésticas e análogas

A Figura 6 ilustra um exemplo de marcação de um disparador (relé de proteção) associado a um disjuntor tipo industrial.



Legenda:

- 1 – Regulação da proteção térmica (Ir);
- 2 – Regulação da proteção magnética (Im);
- 3 – Tipo de disparador (TM-D);
- 4 – Corrente estipulada (250 A);
- 5 – Tipo de característica tempo / corrente;
- 6 – Tipo de corrente (alternada sinusoidal);
- 7 – Temperatura ambiente de referência (40 °C).

Figura 6. Marcação de disjuntores para instalações domésticas e análogas

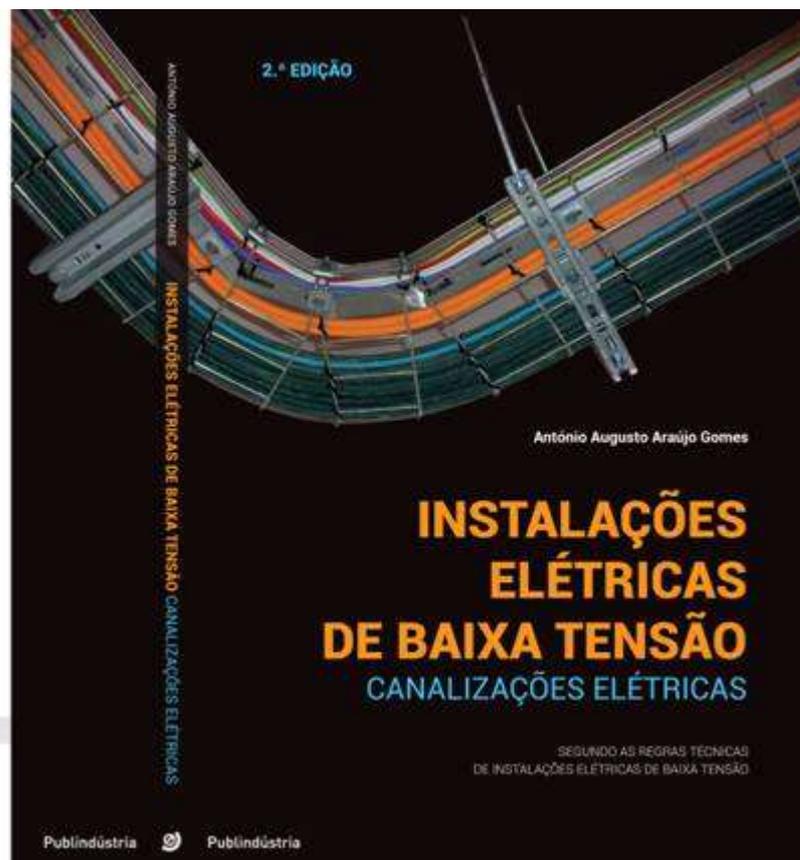
Legenda:

- 1 - Tipo de gama (Compact NSX), corrente estipulada (250 A) e classe de poder de corte (H);
- 2 - Ui : tensão de isolamento estipulada;
- 3 - Uimp: tensão estipulada de comportamento aos choques;
- 4 - Ics: poder de corte em serviço;
- 5 - Icu: poder de corte último segundo a tensão de emprego Ue;
- 6 - Ue: tensão de emprego;
- 7 - Categoria de utilização (A);
- 8 - Símbolo (aptidão ao seccionamento);
- 9 - Norma de referência;
- 10 - Outras normas;
- 11 - Frequências estipuladas.

Título: Instalações Elétricas de Baixa Tensão – Canalizações Elétricas
Autor: António Augusto Araújo Gomes
Editora: Publindústria
Data de Edição: 2015
ISBN: 9789897230752
Nº Páginas: 151
Encadernação: Capa mole

Sinopse:

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



ITED/ITUR – SIMBOLOGIA AO SABOR DO PROJETISTA?

A autoridade reguladora em Portugal das comunicações postais e das comunicações eletrónicas (ANACOM) tem assumido uma política de continuidade no processo de atualização das Normas Técnicas. Assim, as Prescrições e Especificações Técnicas das Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios vai já na 3ª edição (ITED3), e as Prescrições e Especificações Técnicas das Infraestruturas de Telecomunicações em Loteamentos, Urbanizações e Conjuntos de Edifícios na 2ª edição (ITUR2).

Ambos os manuais entraram em vigor a partir de setembro de 2014, o que significa que estão em vigor há mais de 3 anos. Tem sido apanágio de 5 em 5 anos haver alteração dos manuais, seja pela oferta de novos equipamentos e tecnologias, pela imposição de harmonização legislativa ou pela economia das soluções de projeto. Assim, será de esperar para breve novidades na alteração dos presentes Manuais? Teremos, com certeza, de esperar se tal se justificará.

Recuando ao ano de 2014, as razões principais que motivaram a edição de novas versões dos Manuais, bem como as principais alterações introduzidas, foram, sucintamente as seguintes:

Principais objetivos introduzidos pelo Manual ITED 3 – Setembro 2014:

- Simplificação e redução de custos
- Harmonização e conformidade com as normas europeias
- Atualização tecnológica
- Clarificação de procedimentos e regras
- Reabilitação urbana

Algumas alterações introduzidas pelo Manual ITED 3 – Setembro 2014:

- Classificação do projeto e dos requisitos exigidos em função dessa classificação (construção ou reconstrução, alteração de edifícios construídos, alteração de edifícios construídos a uma tecnologia, conservação das infraestruturas existente)
- Criação ITED 3ª (adaptado)
- Ajustamento de alguns aspetos da CVM (câmara de vista multioperador)
- Ajustamento no conceito de CEMU (caixa de entrada moradia unifamiliar) e da CATI (caixa de apoio ao ATI)
- Alteração das fronteiras na rede de cablagem nos edifícios residenciais de 1 fogo
- Ajustamento na constituição da ZAP
- Ajustamento no número de tomadas de PC nas redes individuais em edifícios residenciais (Apenas obrigatório TM nas salas com mais de 6m², quartos e cozinhas)
- Introdução conceito de PTI (ponto transição individual) e do PCS (ponto concentrador de serviços)
- Possibilidade de nos edifícios já construídos de a ligação dos elevadores poder ser realizada com recurso a comunicações móveis
- Deixa de existir limitações obrigatórias à distância máxima entre caixas de passagem ou ao número de curvas (rede de tubagem)

Principais objetivos introduzidos pelo Manual ITUR 2 – Setembro 2014

- Harmonização e conformidade com as normas europeias
- Atualização de procedimentos e regras
- Contenção de custos de instalação de infraestruturas

Algumas alterações introduzidas pelo Manual ITUR 2 – Setembro 2014:

- As fronteiras das ITUR Pública e ITUR Privada estão claramente definidas. A fronteira ITUR/ITED: A rede de tubagem das ITUR termina na câmara de visita multioperador (CVM) do edifício
- Normalização da rede de tubagem – Tubo corrugado de dupla parede (PEAD/BD) e Tritubo PEAD
- As câmaras de visita circulares, embora não sendo recomendáveis a sua utilização, apenas o podem sê-lo como câmara de passagem na rede de distribuição
- Deixa de haver CVR1a e CVR1b. Passa apenas a haver CVR1
- São definidas e clarificadas as classes das tampas das câmaras de visita, seguindo a NP EN 124
- Definido o conceito de “pequena urbanização” (constituída por 6 edifícios)
- Consideração do uso de cabos PC do tipo T1EHE com 0,4 e 0,5 mm e cabos PC T1EG1HE de 0,4; 0,5 e 0,6
- Alteração nas dimensões mínimas das salas técnicas e definição das suas principais características internas
- Alteração do dimensionamento mínimo da rede principal de tubagem (4 tubos 110mm ou 3 tubos 110mm+tritubo 40mm) e na rede de distribuição de tubagem (3 Tubos 90mm)
- Clarificação e simplificação do formulário de cálculo da rede de tubagem em função da passagem de vários cabos ou de apenas um cabo
- Alteração dos índices de proteção mínimos dos Armários de Distribuição. Passam a ter valores mínimos de IP44 e IK10
- Garantia de que em cada ATE existe a possibilidade de ligação de um mínimo de 1 PC por fogo. No caso das moradias dever-se-á garantir a ligação, no mínimo, de 2 PC
- Na rede de cabo coaxial apenas se poderá usar no máximo 4 amplificadores em cascata
- Ajustamento nos níveis de sinal nos RG-CC e RC-CC, bem como no valor do TILT e gama de frequências bidirecionais
- Ajustamento no valor da relação Portadora/Ruído

Apesar da justificação de alteração/adaptação dos Manuais ITED e ITUR a uma nova realidade tecnológica e económica, falta, na opinião do autor, a harmonização da simbologia da especialidade de telecomunicações.

Qualquer simbologia pode ser utilizada, desde que em cada projeto haja uma legenda específica de Simbologia e esclarecimento do seu significado.

Em boa verdade, os projetistas ITED e ITUR têm já uma experiência empírica que lhes permite com alguma facilidade desenvolver simbologia adequada aos respetivos projetos. Muito dessa simbologia provém, com naturalidade, dos tempos do Projeto RITA e Pré-RITA (Regulamento de Instalações Telefónicas de Assinante), em que era apresentada uma simbologia-tipo que todos os projetistas de instalações telefónicas tinham de respeitar.

Atualmente assistimos a um vazio no que concerne à simbologia ITED e ITUR. Se por um lado é dada a liberdade de escolha aos projetistas para a representação simbólica dos seus projetos de comunicações eletrónicas, por outro é pedida formação específica criando-se a oportunidade de gerar uma harmonização nacional no que respeita à Simbologia ITED e ITUR.

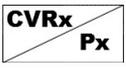
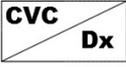
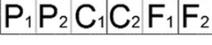
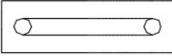
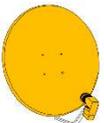
Creio que a ANACOM não se poderá demitir das suas responsabilidades em futuras edições dos manuais e equacionar a possibilidade de criar uma simbologia que possa ser adotada pelos projetista de forma a uniformizar, em termos de desenho, as soluções de comunicações eletrónicas.

Em seguida são sugeridas alguns exemplos de simbologia adotada em projetos ITED e ITUR, pese embora não estando enquadradas nas Prescrições e Especificações Técnicas respetivas, devido à sua não existência.

Simbologia:

	Tubo com $\phi...$ de diâmetro		Resistência terminal (Passivo terminal)
	Entrada Subterrânea		Tomada de utilizador terminal com **dB de atenuação de saída
	Passagem aérea de topo		Tomada de fibra ótica
	Armário de Telecomunicações de Edifício		Conectores pré-conectorizados SC-APC
	Armário de Telecomunicações Individual		Repartidor geral de cabo coaxial
	Caixa de apoio ao ATI		Repartidor cliente de cabo coaxial
	Caixa de coluna		Repartidor geral de par de cobre
	Câmara de visita multi-operador		Repartidor cliente de par de cobre
	Caixa de entrada de moradia unifamiliar		Repartidor geral de fibra ótica
	Armário de telecomunicações de urbanização		Repartidor cliente de fibra ótica
	Caixa de aparelhagem / Caixa de passagem		Repartidor de urbanização de par de cobre
	Calha de caminho de cabos: E – Compartimento destinado ao transporte de energia elétrica / T – Compartimento destinado à telecomunicações		Repartidor de urbanização de cabo coaxial
	Amplificador de linha		Repartidor de urbanização de fibra ótica
	Cabeça de rede		Cabo de telecomunicações eletrónicas
	Repartidor ("Splitter") de 2 vias		Cabo de Par de Cobre de "N" pares
	Repartidor ("Splitter") de 3 vias		Cabo de Par de Cobre à vista de "N" pares
	Repartidor ("Splitter") de 3 ou mais vias, sendo uma saída desigual privilegiada		Cabo de Par de Cobre de instalação subterrânea em conduta
	Acoplador direcional (DC) x dB para saída secundária (DC 4, 8, 12 e 16)		Cabo de Par de Cobre (m+n) no mesmo tubo: m – cabos de "N" pares / n – cabos de "N" pares
	Derivador ("TAP") de 2 saídas iguais com atenuação "yy"		Tomada RJ45
	Derivador ("TAP") de 4 saídas iguais com atenuação "yy"		Ligação à Terra
	Derivador ("TAP") de 8 saídas iguais com atenuação "yy"		Caixa de derivação de cliente com "N" terminais de cravação
	Derivador ("TAP") de 16 saídas iguais com atenuação "yy"		RG-PC com "N" terminais de cravação no secundário
			Dispositivo de derivação: N – Capacidade do bloco em terminais / E – Dispositivo de ensaio

Simbologia:

	Caixa de aparelhagem para tomada coaxial		Antena para receção de sinal digital terrestre (MATV – Sinais do tipo A)
	Caixa de aparelhagem para tomada par de cobre		Câmara de visita retangular do tipo CVR (CVR1, CVR2 ou CVR3) da rede principal tubagem da ITUR
	Caixa de aparelhagem para tomada mista		Câmara de visita circular do tipo CVC da rede de distribuição de tubagem da ITUR
	Caixa de aparelhagem para tomada de fibra ótica		Câmara de visita do tipo CVI (CVI0 ou CVI1) da rede principal tubagem da ITUR
	ZAP – Zona de acesso privilegiado		Câmara de visita do tipo CVL1 da rede distribuição tubagem da ITUR
	ZAP – Zona de acesso privilegiado		Câmara de visita do tipo CVT1 da rede principal tubagem da ITUR
	LA – Ligador amovível		Junta de Fusão de fibra ótica número "x"
	Descarregador de sobretensões		Junta de derivação de pares de cobre
	Quadro elétrico		Ponto de distribuição (cabo enrolado no ATE/CEMU para futura ligação)
	Barramento geral de terra		
	Antena parabólica para receção de sinal satélite (SMATV – Sinais do tipo B)		

Este artigo de opinião visa, fundamentalmente, chamar a atenção para a ausência “legislativa” de simbologia na área dos projetos de comunicações eletrónicas (ao invés do que se passa em outras especialidades, por exemplo, nas instalações elétricas). É sugerida alguma simbologia usada em projetos de Infraestruturas de Telecomunicações em Portugal.

Pretendo, pois deixar em reflexão se a Simbologia das Infraestruturas de Comunicações Eletrónicas deva ficar ao livre arbítrio do projetista (desde que bem legendadas e definidas) ou se, por outro lado, deva ser alvo de especificação por parte da ANACOM em futuras edições de Manuais e futuras edições de cursos habilitantes/atualizantes ITED / ITUR.

Curiosidade:



PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS COM FM200 E NOVEC 1230

O sistema de extinção de incêndios por FM200 ou NOVEC é o que lhe garante a maior eficácia na extinção, sem perigo para as pessoas, sem estragos nos equipamentos e com menor espaço de armazenamento.

Imagine que faz hoje uma visita à sua instalação para detetar situações críticas na área de segurança.

Provavelmente uma das situações que lhe vai causar mais preocupação é da segurança contra incêndios.

De que forma poderá iniciar-se um incêndio e onde poderá ocorrer?

E se ocorrer, como se poderá agir no sentido de evitar a destruição de equipamento e de informação e acima de tudo como evitar a propagação a outras zonas da fábrica.

O perigo de ocorrência de incêndio.

Ao entrar na sua sala de informática ou nas salas elétricas, ou nas caves das salas com imensa quantidade de cabos, vai ter uma ideia de como poderá iniciar-se o incêndio e do que poderá acontecer se por exemplo, num fim-de-semana quando não está ninguém no local, o incêndio se propagar.

Para a sala de informática já deve ter visto ou ouvido falar no sistema mais generalizado de proteção utilizando gases inertes. Como em geral o espaço da sala é pequeno, um ou dois cilindros serão suficientes para a proteção contra incêndios. E se a sala for bem compartimentada o sistema é eficaz e é uma boa solução.

O que imagina como ideal para a proteção contra incêndios?

Mas se for uma sala elétrica de grande dimensão, ou se for uma cave de cablagens ou grandes espaços de arquivos, então é provável que associe o sistema de extinção a sistemas com inúmeras baterias de Árgon, ou de CO2 ou de outros gases inertes.

Ou ainda que associe sistemas mecânicos com Aerossóis colocadas na sala, como antigamente.

Como proteger uma sala enorme como esta? Já aplicado o sistema de deteção precoce de incêndios nos quadros elétricos, a deteção no ambiente. Mas para proteger com extinção toda a sala seria muito caro.

Porque foi retirado do mercado o mais eficaz gás de extinção?

Antes de 2003, era muito fácil de decidir sobre o que utilizar para a extinção automática de incêndios.

Utilizava-se o Hallon que era considerado o mais extraordinário agente de extinção existente no mercado.

O Hallon é um gás químico, necessitando de apenas 5% de concentração nos casos de equipamentos para ser extremamente eficaz. Era o produto utilizado nos aviões e ainda é hoje em dia utilizado em alguns casos por ser tão eficaz na extinção de incêndios.

Mas há sempre um senão!

O Hallon quando libertado no ambiente reage com a camada de Ozono da atmosfera terrestre destruindo-a deixando assim passar a radiação ultravioleta sem filtragem dando origem a inúmeros desequilíbrios ambientais e doenças de pele.

Por isso foi proibida a sua comercialização em todo o mundo em conjunto com o CFC do ar condicionado e outros sistemas de arrefecimento.



O que veio substituir o Hallon?

Com essa condicionante surgiram inúmeros gases de extinção para a substituição do Hallon.

Surgiram os gases Inertes, os gases químicos, a água nebulizada e o CO₂ que é o agente de extinção há mais tempo utilizado no mundo.

Todos estes agentes de extinção encontram a sua utilização em diversas situações sendo a opção dependente da eficácia a na extinção, facilidade de instalação da e dos perigos que representam para as pessoas, para os equipamentos elétricos e para o ambiente.

O CO₂ deverá utilizá-lo só nas situações em que não haja a possibilidade de pessoas presentes em caso de descarga. É de baixo custo e muito efetivo em inúmeras situações em espaços confinados em máquinas.

Os Aerossóis, podem ser utilizados em espaços onde não haja presença de pessoas onde não haja material elétrico, devido aos danos que poderá causar.

Com os gases inertes consegue-se uma boa eficácia de extinção em espaços fechados, não estraga os equipamentos, deixa o ambiente limpo, mas requer grande espaço de armazenamento do gás. É um dos sistemas mais difundidos para a proteção de salas de informática.

A grande limitação é a proteção de salas de grande dimensão, por exemplo uma sala de 20x15 e 4 metros de altura vai precisar de cerca de 25 cilindros de 80 litros a 300 bar de pressão. É um espaço considerável ocupado só para armazenamento do gás.

FM 200 ou NOVEC uma das soluções ideal para a proteção contra incêndios em salas fechadas.

Mas agora tem a solução para a grande maioria destas situações. É um gás químico que funciona por absorção do calor. As moléculas do gás tem um coeficiente de temperatura muito mais elevado que as moléculas de ar de forma que quando libertado para o ambiente do incêndio, dá-se um reação muito rápida de absorção do calor extinguindo em poucos segundos o incêndio.

É um sistema que em caso de proteção de salas elétricas é calculado com 7% de concentração de forma que o espaço de armazenamento é muito menor que com os gases inertes ou outros gases, com exceção do Novec.

Enquanto no caso dos gases inertes todo o sistema é calculado para que a descarga de gás na sala se faça em menos de 60 segundos, no caso do FM200 e do NOVEC, a descarga é feita em menos de 10 segundos, sendo assim o processo de extinção muito mais rápido.

Assim se tiver que proteger uma pequena sala de informática poderá optar pelo FM 200 ou pelo NOVEC ou gás inerte. É uma questão de preço, de existirem vidros ou janelas que se possam partir e da presença de pessoas, em que a FM 200 é mais respirável.



Rede de condutas e difusores numa pequena sala de informática, com chão falso e com uma segunda sala relativa ao ar condicionado.

Com um simples cilindro é possível proteger a sala de informática, o chão falso e uma segunda sala relativa ao ar condicionado.

Na imagem seguinte o cilindro com FM200, a central de extinção de incêndios, o alarme ótico acústico por cima da porta e a conduta de distribuição do FM200.



Mas se tiver uma grande sala elétrica, já será mais fácil optar pelo FM200 ou pelo NOVEC. Em vez de utilizar 25 cilindros a 300 Bar, bastará utilizar apenas 4 ou 5 cilindros de FM200 a 35 Bar.

Atualmente tem à sua disposição soluções ótimas e de baixo custo para a proteção das suas salas elétricas, podendo mesmo optar por proteger apenas as zonas mais críticas da sala, os pontos de onde poderá iniciar-se o incêndio como por exemplo os quadros elétricos e deixando o resto apenas com deteção.

Poderá fazer o seu investimento á medida das disponibilidades.

O Sistema de Extinção com gás químico é o ideal para a proteção contra incêndios em espaços fechados tais como:

- Salas de cabos,
- Salas de Informática
- Salas elétricas
- Salas de arquivos.

O FM200 tem inúmeras vantagens.

As principais vantagens do FM200 são:

- A descarga de gás faz-se em menos de 10 segundos pelo que a extinção de incêndio é também mais rápida do que por exemplo com gases inertes (de 60 segundos).
- O equipamento não é danificado por não existir corrosão nem choques térmicos
- Após a descarga do FM200 o espaço mantém-se limpo sem produtos residuais nem partículas.
- O FM200 não tem efeitos sobre a camada de Ozono e por isso está aprovado
- Pode ser utilizado em espaços ocupados
- Requer menos espaço de armazenamento que qualquer outro agente de extinção (com exceção do Novec)
- Listado nas normas ISO e NFPA2001 e aprovado por UL e FM

Como atua o FM200?

O FM 200 (HFC 227) com a designação de Heptafluoropropano é um gás químico fabricado pela Dupond e pela Great Lakes, atua por efeito físico e químico com absorção do calor do incêndio e por quebra das reações químicas de combustão. Está em uso em mais de 100 000 aplicações em todo mundo protegendo instalações valiosas e críticas. Pelo facto de não conter os compostos de bromo nem de cloro os efeitos sobre a camada de ozono são nulos sendo um dos gases permitidos após o protocolo de Montreal.

O nível de toxicidade é baixo sendo a concentração necessária para a extinção do incêndio de 7% e inferior á concentração mínima considerada perigosa de 9% por NOAEL.

O FM200 é um gás incolor e inodoro, passando ao estado líquido quando sobre pressão.

Após descarga, o tempo de vida na atmosfera é de 31 a 42 anos o que em conjunto com o valor zero de efeito sobre a camada de ozono e com a baixa concentração de 7% torna esta uma solução ideal para a extinção de incêndios.

O Novec atua por absorção do calor extinguindo o incêndio muito rapidamente, tem um efeito de estufa igual a 1 e duração na atmosfera de 3 dias.



Sistema FM200 protegendo uma cave de sala elétrica, com descarga automática através da central de incêndio ou através da botoneira local ou do manípulo acoplado no cilindro. Com 6 cilindros de FM200 é feita a proteção de uma sala enorme de cabos

Qual é a composição do sistema FM200 e NOVEC?

O sistema completo de extinção é composto pelo gás FM200 - Novec contido em cilindros metálicos pressurizados com nitrogénio a uma pressão de cerca de 25 Bar, pelo conjunto de condutas de distribuição de FM200 na sala, pelos difusores de Gás e pela central de deteção de incêndios à qual ligam os detetores de incêndio.

O funcionamento do sistema é previsto de forma que quando os detetores registam a situação de fumo ou calor a central de alarmes é ativada indicando fogo. Os sinalizadores óticos e acústicos da sala anunciam a eminência de descarga de Gás para a sala.

O gás é descarregado após a atuação da electroválvula do cilindro e libertado na sala da cave pelos difusores colocados no teto.

A quantidade de gás foi calculada com base no volume da sala para que concentrações específicas de FM200 (7%) sejam mantidas na sala durante determinado período de tempo. O desenho das condutas é calculado por computador de modo a garantir que o FM200 seja descarregado no local em menos de 10 segundos. A descarga de gás pode ser também atuada manualmente através de betoneiras colocada no interior ou exterior da sala.



Condutas de distribuição e difusores de gás para descarga na sala do FM200

O FM200 e o NOVEC estão indicados na NFPA e são aprovados por FM e UL?

O sistema FM200-NOVEC está de acordo com as normas NFPA 2001 e SNAP/EPA e ISO.

As principais aplicações da Tecnisis têm sido em salas de informática, em salas elétricas e em quadros elétricos.

Até á data temos instalado sistemas de proteção com FM200 e NOVEC em mais de 450 espaços.

O nosso fornecimento é global com a execução do projeto, fornecimento do material, execução da instalação e comissionamento.

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

Sinopse:

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

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

Dimensionamento e Proteção de Canalizações Elétricas

SOBRE O LIVRO

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

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

SOBRE OS AUTORES

António Augusto Araújo Gomes

Bacharel em Engenharia Eletrotécnicas – Sistemas de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto, licenciado em Engenharia Eletrotécnicas e Computacionais pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor adjunto no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999. Coordenador do Grupo de Trabalho de Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999. Sócio da empresa Realto & Tavares – Gabinete de Engenharia, Lda (2002 a 2010). Prestação de serviços de formação e/ou assessoria técnica e/ou consultoria no âmbito das instalações elétricas, telecomunicações, segurança, gestão de energia, eficiência energética, a diversas entidades nomeadamente: NORVIA – Consultores de Engenharia, S.A., Schmalz – Engenharia e Serviços, Lda, ENERPRO – Consultores de Engenharia, Lda, ESC – Instituto de Soluções e Qualidade, Quilónia – Fabrica de Quadros Elétricos, S.A., IEP – Instituto Eletrotécnico Português, CEMITERIO – Centro de Energia e Tecnologia, ANACOM – Autoridade Nacional das Telecomunicações, IOT – Instituto para o Desenvolvimento Tecnológico, EBY – Agência de Energia, Emoc, Aurore e Vouge.

Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva

Licenciado em Engenharia Eletrotécnicas, área de Produção, Transporte e Distribuição de energia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e Mestre (grau honoris causa) em Engenharia Industrial pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Minho. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Energia do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

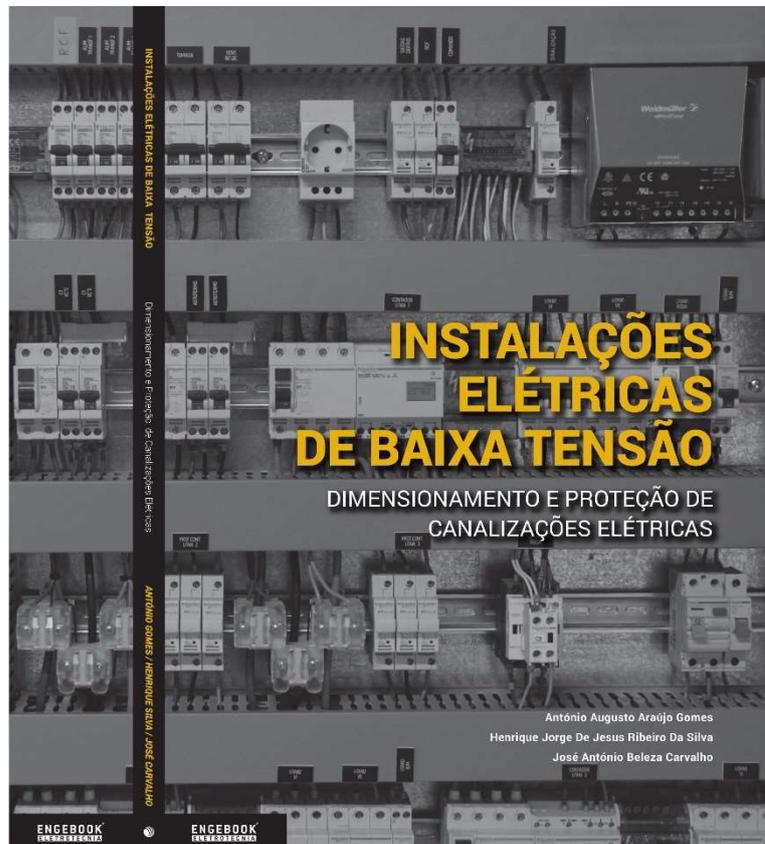
José António Beleza Carvalho

Bacharel em Engenharia Eletrotécnicas pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto, Mestre e Doutor em Engenharia Eletrotécnica na especialidade de sistemas de energia pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor Coordenador no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, desempenhando as funções de Diretor do Departamento. Integra a direção da Escola Tecnológica de Vals de Camarã como responsável técnico. Instituto Politécnico do Porto. É autor de vários artigos publicados em conferências nacionais e internacionais, diretor de revista científica e integrou vários júris de provas públicas de doutoramento e para a carreira do ensino superior.

ENGEBOOK

Ferramentas para a indústria elétrica

Com o apoio de **Lifa & Om**, **Schneider Electric**, **Weidmüller**



EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM HOTÉIS.

SOLUÇÕES E TECNOLOGIAS.

1. Introdução

O desenvolvimento da sociedade atual tem vindo a crescer a um ritmo acelerado e este crescimento é acompanhado pela procura desmedida das principais fontes de energia. Esta problemática remete a um dos problemas de maior preocupação dos organismos governamentais e da população em geral, o consumo excessivo de energia que tem causado fragilidades no nosso ecossistema. É crucial alcançar um crescimento sustentável e equitativo para uma população cada vez mais numerosa, por meio de uma melhor gestão dos materiais e da energia.

Neste contexto, a eficiência energética torna-se numa área de significativa importância, trazendo mais valias tanto do ponto de vista técnico, como do ponto de vista económico, possibilitando a diminuição dos consumos de energias e matérias, mantendo ou melhorando o nível de desempenho energético.

Cerca de 40% da energia total consumida na Europa resulta dos edifícios e, como medida para a diminuição deste consumo, o Parlamento Europeu lançou a diretiva 2010/31/EU onde são definidas metas para o desempenho energético do parque edificado Europeu, sendo que em 2018 os edifícios novos ocupados e detidos por autoridades públicas e em 2020 todos os edifícios novos, sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia, nZEB (nearly zero energy buildings).

Este conceito tem por base pilares como a produção e autoconsumo de energia e redução da “procura” energética e podem ser aplicados a pequenos edifícios de habitação como também a edifícios de serviços de maior escala como hotéis.

O Turismo é um setor económico que tem vindo a ter um rápido crescimento, especialmente em Portugal, o que faz dele uma área de oportunidades e desafios na atuação e implementação de medidas de eficiência energética.

Especificamente nos hotéis, sendo eles “edifícios especiais”, haverá todo o interesse por parte dos grupos hoteleiros em diminuir os consumos de energia, reduzir a pegada de carbono e construir um setor hoteleiro Europeu, mais competitivo e sustentável.

2. Hotéis de balanço energético quase nulo

O melhor exemplo de eficiência energética nos hotéis, pode ser observado nos edifícios hoteleiros construídos e renovados, segundo o conceito neZEH.

O conceito neZEH, co-financiado pelo Intelligent Energy Europe programme e implementado por um consórcio de sete países europeus (Croácia, França, Grécia, Itália, Roménia, Espanha e Suécia), incluindo duas associações Europeias e a Organização Mundial de Turismo, visa, através da abordagem com hotéis-piloto, informar e ajudar as PME's do setor hoteleiro a compreender os desafios a indústria do alojamento enfrenta, em relação às medidas de desempenho energético.

O neZEH tem vindo a trabalhar dentro dos quadros legais nacionais de cada país, com o intuito de aumentar o número de nZEB's e auxiliar os proprietários de hotéis a investir em grandes demonstrar as vantagens de um nZEB e fomentar a replicação dos investimentos no setor hoteleiro, 16 hotéis-piloto dos sete países do consórcio, sofreram uma remodelação para se tornarem em neZEH projetos para alcançar balanços energéticos quase nulos nos edifícios.

A figura 1 mostra o conceito de hotel de balanço energético quase nulo.



Figura 1. Conceito de hotel de balanço energético quase nulo (neZEH)

A figura 2 mostra o consumo médio de energia primária dos 16 hotéis-piloto antes e depois das renovações neZEH (TheocharisTsoutsos et al., 2016).

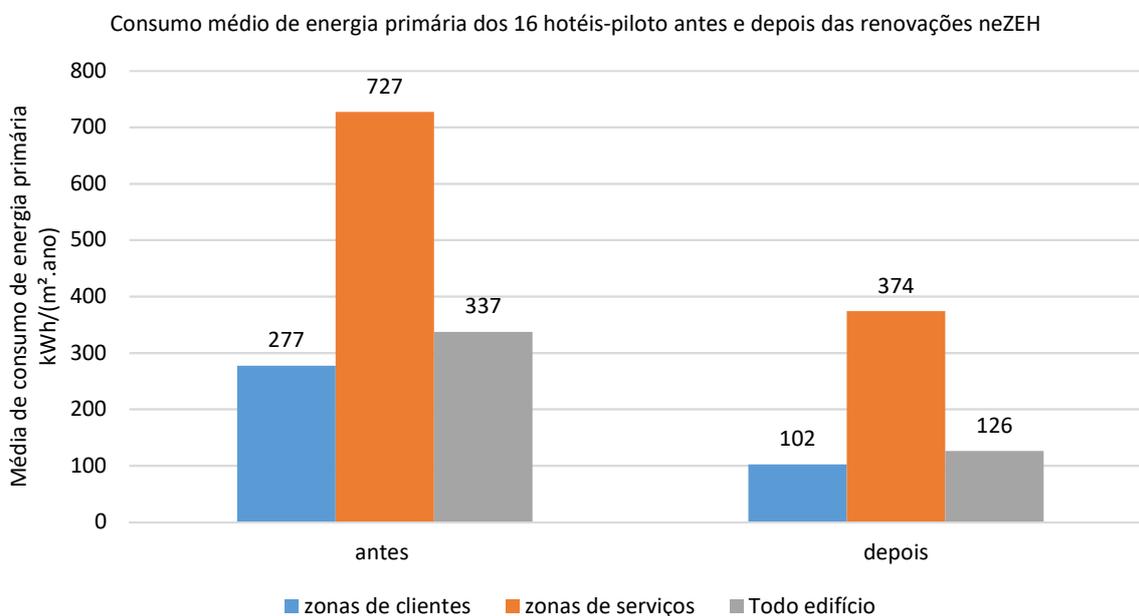


Figura 2. Consumo médio de energia primária dos 16 hotéis-piloto antes e depois das renovações neZEH (TheocharisTsoutsos et al., 2016)

A figura 3 mostra a média de contribuição de FER nos 16 hotéis-piloto antes e depois das renovações neZEH (TheocharisTsoutsos et al., 2016)

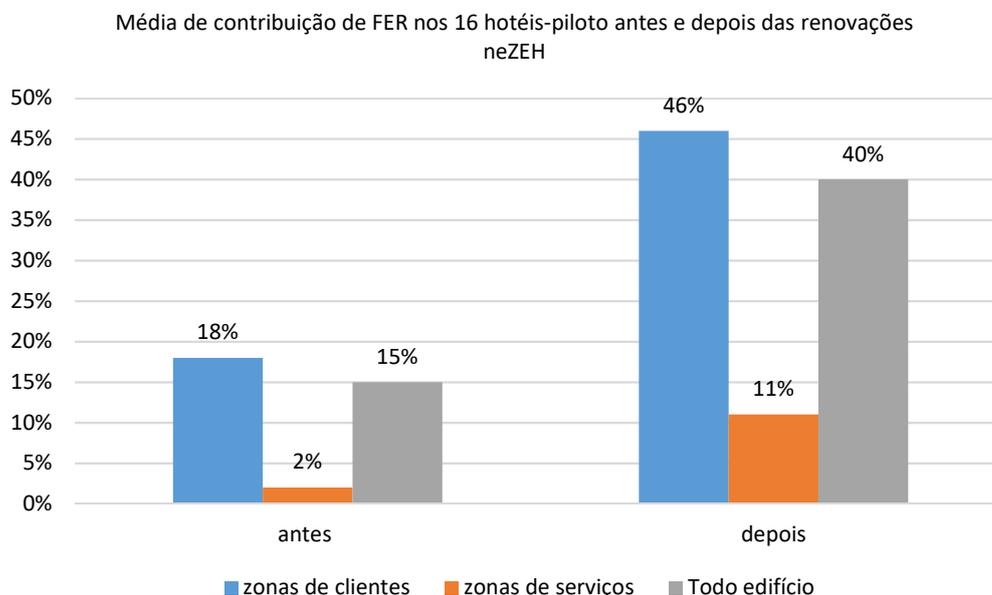


Figura 3. Média de contribuição de FER nos 16 hotéis-piloto antes e depois das renovações neZEH (TheocharisTsoutsos et al., 2016)

3. Quais as vantagens da eficiência energética nos hotéis

Desenvolver medidas de eficiência energética nos hotéis impactos positivos:

Económico – Redução do consumo de energia que resultará em economias nos custos de operação do hotel. Além disso, o hotel poderá beneficiar de fundos de financiamento para investimento em eficiência energética;

Ambiental – À medida que aumentam as preocupações com os problemas ambientais que o nosso ecossistema enfrenta (alterações climáticas, poluição, excesso de resíduos, etc.), observa-se uma evolução progressiva no modo de vida dos cidadãos e da forma como lidam com os seus consumos. Um hotel, ao se tornar mais sustentável, vai contribuir para a consciencialização ambiental dos hóspedes e ao mesmo tempo torna-se numa estratégia de comunicação para

valorizar a imagem do hotel e atrair hóspedes sensíveis às questões ambientais e com o desejo de uma estadia num hotel que partilha o mesmo compromisso ambiental;

Social – Os benefícios sociais de se tornar mais sustentável são imensos, a começar no conforto dos hóspedes (melhores isolamentos das paredes externas, significam um melhor isolamento do ruído; melhores sistemas de ventilação podem ter impactos positivos na saúde; sistemas de aquecimento e arrefecimento mais eficazes aumentam o conforto; etc.). Ações de formação do pessoal para a consciencialização ambiental, pode contribuir para um bom espírito de grupo, fazendo com que todos tenham um objetivo ambiental comum. Estas ações ambientais aplicadas nos hóspedes e no pessoal, podem ter impactos externos ao hotel, caso apliquem estes comportamentos nas suas habitações.

3. Soluções e tecnologias de eficiência energética nos hotéis

O consumo de energia dos hotéis depende de muitos parâmetros, tais como a geometria do hotel, os coeficientes de transferência de calor das estruturas do edifício hoteleiro ($U, W/m^2.K$), o tipo e a idade dos equipamentos dos sistemas de aquecimento, arrefecimento, águas quentes sanitárias, ar condicionado, o controlo dos sistemas, o tipo de lâmpadas a eficiência energética dos equipamentos (elevadores, TV, impressoras, frigoríficos, etc.) e também depende do tipo de instalações que o hotel oferece aos hóspedes (spa, piscina interior e exterior, etc).

Na Figura 4 pode-se verificar a distribuição do consumo de energia em média de um hotel em Espanha por tipo de utilização, onde o aquecimento do hotel e o arrefecimento, representam cerca de 33% do consumo de energia do hotel. Por conseguinte, a redução das necessidades de aquecimento e arrefecimento, a eficiência energética global dos sistemas são questões particularmente importantes no que se refere à utilização da energia nos hotéis.

Distribuição típica do consumo de energia de um hotel em Espanha

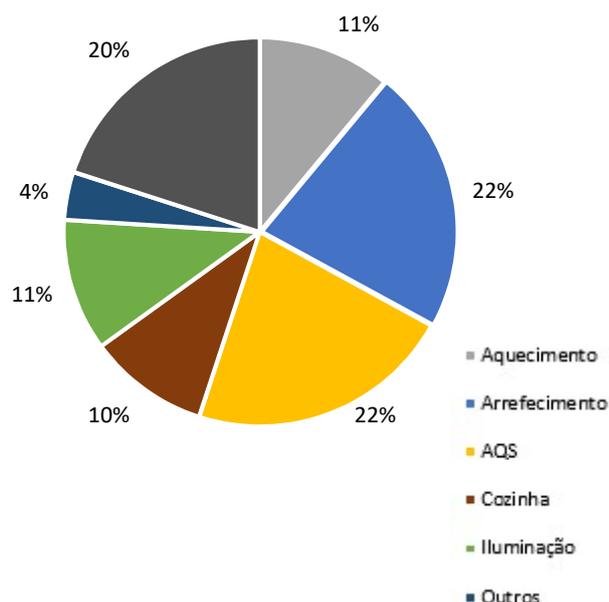


Figura 4. Distribuição típica do consumo de energia de um hotel em Espanha [1]

Além do uso de energia para aquecimento e arrefecimento, a iluminação e as AQS, também têm um consumo significativo, de 11% e 22%, respetivamente.

O consumo de energia dos sistemas de AQS é um dos fatores-chave nos hotéis localizados na zona de Mediterrâneo (verão ser mais longo e quente, relativamente aos restantes países) porque, neste caso, as necessidades de aquecimento são menores, fazendo com que as AQS representem uma grande fatia do consumo total.

A distribuição típica do consumo de energia de um hotel em Espanha, assemelha-se aos hotéis portugueses, onde o arrefecimento e o AQS são os principais consumidores de energia num hotel [1].

O foco no ponto de vista da potencial poupança energética está no aquecimento, no arrefecimento, no AQS e na iluminação que representam uma grande maioria do consumo total de energia de um hotel típico.

Estes grupos contêm tecnologias e soluções relevantes, que podem ajudar a atingir reduções consideráveis nos custos energéticos em edifícios hoteleiros [1]:

i) Gestão de energia

A gestão de energia é a medida mais evidente, visto que é constituída por ações que podem ser facilmente tomadas, quando a produção de energia e os sistemas técnicos são identificadas assim como as informações quantitativas sobre o consumo de energia dos diferentes consumidores de energia (aquecimento, arrefecimento, iluminação, etc.).

Para alcançar um melhor nível de gestão energética, é necessário realizar monitorização do consumo de energia, auditorias energéticas e envolver os funcionários e os hóspedes do hotel, apresentando-lhes informações sobre a forma como podem participar na eficiência energética do hotel [1].

ii) Redução da procura energética para aquecimento e arrefecimento

Este grupo é constituído por tecnologias e soluções para reduzir a procura energética para fins de aquecimento e arrefecimento. Ao reduzir significativamente as exigências de aquecimento e arrefecimento, o consumo total de energia do hotel será muito menor. Isto pode ser feito através de isolamentos térmicos das envolventes do edifício, controladores de fluxo de ar, instalação de dispositivos de sombreamento solar, entre outros [1].

iii) Eficiência dos equipamentos

Para além da redução da procura de energia para aquecimento e arrefecimento, juntamente com uma correta gestão de energia, é importante ter equipamentos com alta eficiência energética. A iluminação é uma das tecnologias com maior facilidade de atuação, visto que facilmente se aplicam lâmpadas economizadoras de energia, que oferecem as mesmas condições de iluminação, mas com muitos menos energia elétrica.

Outros equipamentos responsáveis pelos principais consumos de energia, onde a eficiência é determinante incluem: caldeiras de alta eficiência, sistemas de recuperação de calor nas unidades de tratamento de ar, motores eficientes, balastos eletromagnéticos, etc [1].

iv) Eficiência dos sistemas

Outra opção para redução do consumo de energia é a eficiência dos sistemas técnicos. O facto de os sistemas técnicos do hotel consistirem em equipamentos eficientes em termos energéticos, não garante que os sistemas funcionem corretamente e com eficiência energética. Consoante as características do hotel, existem muitas possibilidades de aumentar a eficiência dos sistemas técnicos do hotel.

No que diz respeito aos sistemas de iluminação, as principais soluções de poupanças de energia são o controlo da iluminação através de sensores de presença, de temporizadores e da utilização dos sistemas de cartão-chave nos quartos. Nos sistemas de aquecimentos e arrefecimento, a regulação da temperatura dos espaços, principalmente dos quartos, é um ponto fulcral onde é importante a eficiência dos equipamentos. Sistemas de aquecimento de baixas temperaturas e isolamento térmico dos elementos dos sistemas de aquecimento também podem aumentar a eficiência global dos sistemas de aquecimento. Nos hotéis, a necessidade de água quente e de refrigeração doméstica é bastante mais elevada em comparação com outros tipos de edifícios, por isso parte do aquecimento de AQS pode ser coberta pelo calor residual do chiller [1].

v) Fontes de energia renováveis

Além da redução do uso total de energia do hotel, as fontes de energias renováveis têm um grande impacto no indicador de energia primária do hotel. As FER estão relacionadas com os maiores consumidores de energia dos hotéis, como aquecimento, arrefecimento, AQS e iluminação. As FER são energias “limpas”, o que permite a sustentabilidade da produção de energia e o menor consumo de energia primária.

Os equipamentos de produção de energia renováveis para implementação em hotéis incluem: bombas de calor, painéis solares térmicos, painéis fotovoltaicos, *chillers* de absorção solar, caldeiras de biomassa e aerogeradores de pequena escala [1].

4. Retornos de investimento

O retorno do investimento das diferentes tecnologias e soluções pode ser avaliado, com base na dimensão do investimento financeiro e do potencial de poupanças energéticas previstas. Mais uma vez, os custos de investimento e da energia variam de um país para outro, as tecnologias e as soluções são classificadas em curto, médio e longo prazo, quanto ao retorno de investimento.

Um hotel deve sempre em primeiro implementar investimentos, se possível, de curto prazo.

A combinação de soluções de retorno de investimento de médio prazo pode resultar em economias de energias bastante significativas no hotel. Soluções de retorno de investimento de longo prazo são essenciais para tornar os edifícios eficientes e sustentáveis, visto que muitas das tecnologias usam FER.

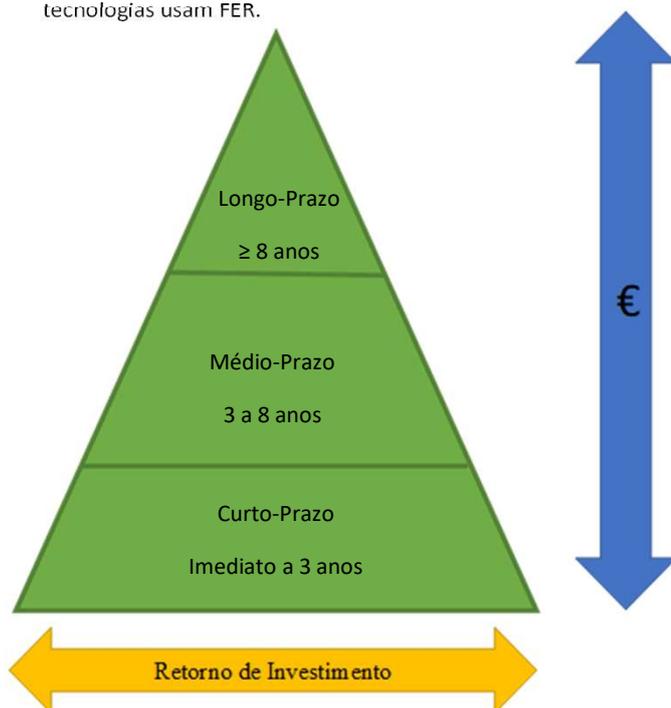


Figura 5. Retorno de investimento e custos associados

Retorno de investimento financeiros de curto-prazo:

- Monitorização do consumo de energia;
- Auditoria energética;
- Formação de pessoal;
- Informação aos convidados;
- Lâmpadas economizadoras de energia;
- Redutores de caudal;
- Sistemas de cartões-chave para desligar a eletricidade nos quartos;
- Isolamento térmico de caldeiras, tanques e canalizações de AQS;
- Equilíbrio de sistemas de aquecimento, arrefecimento e ar condicionado;
- Regulação do aquecimento e arrefecimento de espaços.

Retorno de investimento financeiros de médio-prazo:

- Trabalhos exteriores para melhorar o conforto no verão;
- Isolamento em janelas;
- Motores de eficiência energética elevada;
- Soluções eficientes para arrefecimento ativo do espaço;
- Sistemas de ventilação eficientes, mínimo de 70% de eficiência de recuperação de calor;
- Controlo de iluminação;
- Utilização residual do calor do chiller;
- Sistemas de ventilação híbrido.

Retorno de investimento financeiros de longo-prazo:

- Substituição de janelas;
- Instalação de dispositivos de proteção solar;
- Energia geotérmica (bomba de calor);
- Energia aerotérmica (bombas de calor);
- Energia hidrotérmica (bombas de calor);
- Energia eólica de pequena escala;
- Micro-hídricas;
- Painéis solares térmicos;
- Painéis fotovoltaicos.

5. Estudo de medidas de melhoria num Hotel Algarvio

5.1. Aspetos gerais

Um hotel localizado no Algarve, foi objeto de um estudo de medidas de melhoria que visa identificar oportunidades para otimizar o desempenho da utilização de recursos (energia e água), garantir a qualidade do ar interior e promover e aumentar o conforto térmico.

5.2. Medidas estudadas

No estudo foi avaliada a possibilidade de implementar algumas soluções de acordo com a seguinte listagem:

i. Medidas de otimização dos consumos energéticos associados ao sistema de climatização

- Adequação do set-point de temperatura do sistema de climatização

Para um controlo adequado das condições ambientais interiores é necessário que os termostatos estejam situados em zonas representativas da zona de ocupação e afastados de paredes exteriores.

De forma a otimizar os consumos de energia, tendo em conta as temperaturas de conforto recomendadas nas normas Europeias (EN 15251/07; ISO 7730/05), sugere-se a regulação dos termostatos para temperaturas não inferiores a 25°C no verão e não superiores a 20°C no inverno.

Desta forma, procedeu-se à alteração dos set-points de temperatura nos quartos de 24°C para 25°C para arrefecimento e de 22°C para 20°C para aquecimento.

- Ajuste da temperatura de arrefecimento no circuito (Tida=10°C)

A eficiência energética dos *chillers* diminui significativamente quando se diminui a temperatura da água refrigerada produzida, pelo que a temperatura de saída de água no evaporador do *chiller* deve ser a mais elevada possível.

Os níveis de eficiência mais elevados são conseguidos para baixas temperaturas de condensação e elevadas temperaturas de evaporação. As temperaturas de distribuição de água arrefecida entre 6°C e 8°C estão condicionadas (essencialmente) pelas necessidades de desumidificação dos espaços com elevada densidade de ocupação (restaurante, salas de conferência, etc.), onde a ocupação e a necessidade permanente de ar novo, provocam uma carga latente que é necessário eliminar. Contudo, a maior parte de distribuição de água arrefecida é essencialmente dedicada às unidades de alojamento (ventiloconvetores), cuja única carga térmica é

maioritariamente sensível. Ajustou-se a temperatura da água arrefecida de 7°C para 10°C (de ida) do circuito de distribuição dos *chillers*.

- Grelhas de admissão de ar autorreguláveis a 20 Pa (caudal nominal de 45 m³/h) a aplicar nas janelas dos quartos

Nos quartos, os ocupantes desenvolvem atividade do tipo sono, sendo apenas necessário um caudal mínimo de ar novo (por pessoa) de 16 m³/h (Portaria nº 353-A/2013). Nas unidades de alojamento não existe exigência de caudal de ar novo para diluir a carga poluente do edifício.

A solução proposta será a instalação de um sistema de ventilação com admissão natural de ar (admissão natural no lado oposto do compartimento em relação ao ponto de extração), através de aberturas autorreguláveis a 20 Pa (45 m³/h) a instalar em cada quarto (aplicar nas janelas). Contudo, deve ser assegurada a extração em contínuo de um caudal de 45 m³/h nas instalações sanitárias (mantendo as mesmas unidades de ventilação afetas aos quartos, mas devidamente reguladas e com a aplicação de grelhas de passagem de ar nas mesmas, para garantir uma eficiente circulação de ar de renovação).

ii. Medidas de otimização dos consumos energéticos associados aos sistemas de AQS

- Instalação de redutores nos chuveiros e torneiras

O consumo total de água num hotel varia consideravelmente. O consumo típico de AQS numa unidade hoteleira de alojamento é de 120 l/dormida a 50°C. A utilização de dispositivos eficientes para o aproveitamento de água permite otimizar bastante esse consumo de AQS nas unidades de alojamento.

O consumo de água num quarto pode corresponder a um banho de 6 minutos, 4 descargas de autoclismo e à utilização de torneira do lavatório durante 3 minutos.

Para esse perfil de consumo, num quarto otimizado pode ser de 72 l/dormida (caudal chuveiro 7 l/min, torneira lavatório 4 l/min, descargas autoclismo de 4,5 l), com 47% do global afeto ao consumo de água quente (34 l/dormida) [2]. É expectável uma redução de 29% do consumo de gás e uma redução de 67% do consumo de água.

iii. Medidas com utilização de energias renováveis

- Instalação de um sistema solar térmico para cobrir parcialmente as necessidades de energia associados ao consumo de AQS

Na unidade hoteleira em estudo, o aquecimento da totalidade de AQS é proveniente de gás natural pelo que, dada a localização privilegiada do hotel para utilização do recurso solar, e com o intuito de reduzir o consumo de gás natural, dimensionou-se um sistema solar térmico para aquecimento de AQS que será composto por 26 coletores solares, perfazendo uma área total de 63 m², instalados na cobertura a 45° e com orientação no quadrante sul. Prevê-se que os coletores possam fornecer 61,9% das necessidades anuais de energia para AQS. Os coletores serão interligados ao permutador do depósito de acumulação de 5 000 litros de capacidade unitária próprio para montagem vertical a instalar na cobertura. Este depósito irá alimentar os depósitos existentes interligados às caldeiras a gás natural. Este sistema permitirá aproveitar ao máximo a energia de origem solar aplicando-a sobre água fria.

O sistema de apoio apenas intervirá quando os ganhos solares não forem suficientes para atingir a temperatura pré-estabelecida, fornecendo apenas o diferencial de energia necessário.

O controlo do sistema solar será realizado através de um controlador ligado a sondas de temperatura. As AQS deverão ser acumuladas a 60°C (para prevenção da ampliação da

bactéria Legionella) e misturadas com água de rede à saída de um dos depósitos de acumulação (de apoio) através de sistema termostático para a temperatura de consumo de 45°C.

5.3. Implementação combinada das medidas de melhoria

A implementação combinada de todas as medidas de melhoria referidas permite reduzir em 2,6% o consumo de eletricidade, 45,8% o consumo de gás natural e 67,2% o consumo de água. A redução dos consumos energéticos e de água permite um decréscimo de cerca de 13% dos custos totais e um retorno de investimento médio de 3 anos.

Na Figura 6 é possível verificar o impacto da implementação das medidas de melhoria nos consumos de energia elétrica, gás natural e água.

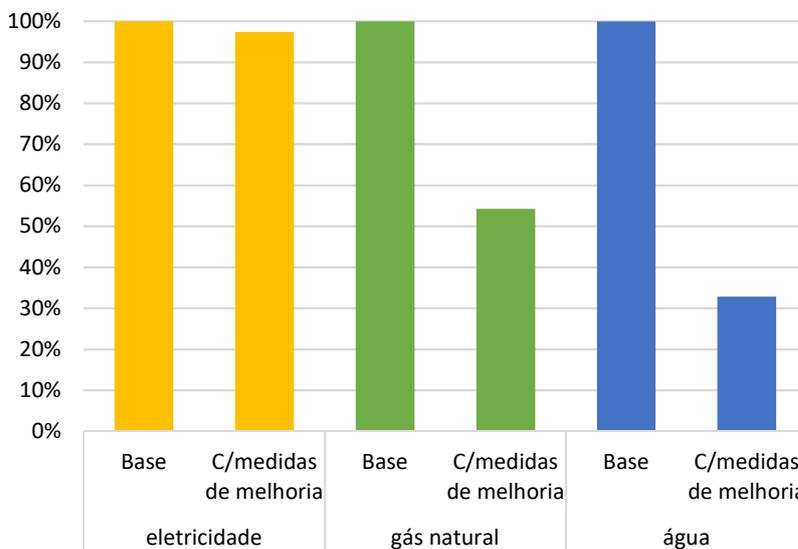


Figura 6. Consumos energéticos do hotel base e consumos do hotel com medidas de melhoria aplicadas, expressos em percentagem face ao cenário base

[1] A. Derjanecz, A. Litiu, and Z. Magyar, "List and classification of the appropriate technologies and solutions available for SME hotels," 2013.

[2] A. Pinto, "AdaPT: Aspetos gerais e identificação de indicadores," vol. 4, p. 24, 2015.

Z-WAVE VS ZIGBEE.**QUAL A MELHOR SOLUÇÃO SEM FIOS PARA SUA CASA INTELIGENTE?****1. Introdução**

O Z-Wave e ZigBee são protocolos sem fios pensados e projetados para automação residencial.

Estes protocolos partilham algumas qualidades, tais como baixa potência e alta fiabilidade, que são essenciais em soluções residências inteligentes. Contudo, têm algumas diferenças importantes que serão abordadas neste artigo e que ajudarão a compreender melhor estas duas tecnologias para automação residencial sem fios.

2. Configuração de rede

A maioria das pessoas conhece as redes Wi-Fi.

Uma rede Wi-Fi é tipicamente referida como uma rede estrela, onde cada dispositivo comunica diretamente com (e somente com) um “hub/switch” central.

Se um dispositivo estiver fora do alcance do “hub/switch” central, esse dispositivo não fará parte da rede.



Figura 1. Numa rede em estrela, os dispositivos só podem comunicar entre si através do “hub/Switch”

Tanto a Z-Wave como o ZigBee são consideradas redes “mesh” (malha).

Numa rede “mesh”, o sinal é originário da “gateway” central. No entanto, os dispositivos não precisam de comunicar diretamente com a “gateway” central para comunicarem entre si.

Uma rede “mesh” permite que cada dispositivo na rede funcione como um repetidor e passe o sinal para outro dispositivo. Isso permite que as redes “mesh” sejam mais versáteis, cobrindo maiores distâncias, ultrapassando melhor os obstáculos.

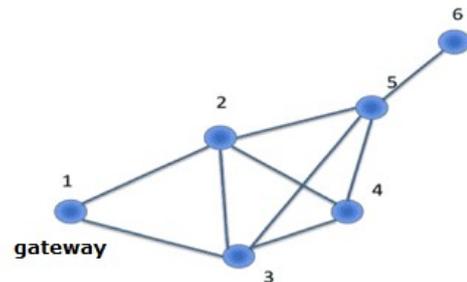


Figura 2. Uma rede “mesh” permite que dispositivos que não são “gateway” atuem como repetidores

As redes Z-Wave suportam até quatro saltos entre o controlador central (gateway) e o dispositivo de destino. As redes ZigBee não se limitam a nenhum número específico de saltos.

Uma rede Z-Wave está limitada a um total de 232 dispositivos. Teoricamente, uma rede ZigBee pode ter até 65000 dispositivos conectados. Contudo, iríamos ter problemas de largura de banda muito antes de chegar perto desse número de dispositivos conectados.

Para a grande maioria das aplicações residenciais, nem o limite do número de saltos nem o limite total de dispositivos são fatores limitantes.

3. Consumo de Energia

Tanto o Z-Wave como o ZigBee são tecnologias de baixo consumo. Eles usam uma pequena fração da energia requerida pelo WiFi. Este é um grande benefício que torna estas tecnologias numa escolha tão popular para dispositivos domésticos inteligentes sem fios. O baixo consumo destas tecnologias permitem em muitas situações aplicações de dispositivos em locais sem energia, sendo alimentados através de pequenas pilhas (baterias tipo moedas).

No entanto, um dispositivo que atua como um repetidor exigirá mais energia. Por esse motivo, os dispositivos com bateria são normalmente programados para não atuar como repetidores. Isto é importante termos em atenção ao construir uma rede.

4. Interoperabilidade

Ninguém quer ter uma casa inteligente que precise de cinco diferentes “gateways” e cinco diferentes aplicativos (apps) para controlá-la. Os produtos domésticos inteligentes devem facilitar a nossa vida e não complicar. Numa casa verdadeiramente inteligente, os seus dispositivos tecnológicos devem ser capazes de comunicar facilmente entre si.

Se comprarmos um novo produto de automação residencial, ele deve-se instalar no nosso sistema de automação residencial perfeitamente e integrar com os dispositivos existentes. Além disso, à medida que novos produtos são lançados, deve haver algum tipo de garantia que os produtos antigos existentes numa instalação irão funcionar com os novos.

4.1. Interoperabilidade Z-Wave

Z-Wave é uma tecnologia proprietária. Isso significa que é detido e mantido por uma organização privada. A Sigma Designs possui e licencia da tecnologia Z-Wave, administrando também a Z-Wave Alliance, que controla a certificação de todos os dispositivos Z-Wave.

O principal argumento de venda da tecnologia Z-Wave é a sua interoperabilidade. A Z-Wave Alliance garante que todos os dispositivos Z-Wave estejam em conformidade com um conjunto rigoroso de normas. Todos dispositivos com certificação Z-Wave trabalharão com todos as “gateways” certificados pela Z-Wave.

Existem mais de 600 fabricantes que produzem um total de mais de 2100 produtos certificados pela Z-Wave. Cada um poderá ligar diretamente a qualquer rede de dispositivos Z-Wave existente.

A maioria dos dispositivos com certificação Z-Wave exibirá o logotipo da marca registrada Z-Wave. É contra a lei que os produtos usem o logotipo sem a certificação adequada.



Figura 3. Os logotipos Z-Wave garantem a interoperabilidade

4.2. Interoperabilidade ZigBee

O ZigBee é uma tecnologia sem fios aberta que é mantida pela ZigBee Alliance.

O ZigBee Alliance é um grupo de empresas que apoiam seu desenvolvimento e que promovem seu uso.



Figura 4. Logotipo ZigBee

A maior desvantagem e argumento contra a tecnologia ZigBee é uma parcial falha de interoperabilidade entre dispositivos. A principal causa deste problema foi a confusão com seu programa de certificação. Na verdade, existem dois níveis de certificação, um que certifica o hardware e um outro que certifica o software.

Desta forma, é possível que um produto tenha o seu hardware certificado, mas o software não ser deles. O resultado podem ser produtos que transmitem o sinal ZigBee, mas não usando o software ZigBee adequado. Estes produtos são rotulados como "ZigBee-ready". Um cliente pode comprar um dispositivo ZigBee esperando que ele funcione com todos os outros produtos ZigBee, mas pode não acontecer.

Na verdade, existem muitos produtos ZigBee interoperáveis. A fim de garantir que um produto Zigbee esteja em total conformidade com o protocolo Zigbee, é necessário certificar de que o produto usa a certificação ZigBee Home Automation.



Figura 5. ZigBee Home Automation

5. Qual é o alcance do sinal?

Hoje em dia, a automação de uma casa vai desde da garagem até aos nossos jardins. Um bom protocolo sem fios precisa alcançar todos os cantos da sua casa e mais além. Contudo, não é possível medir o alcance efetivo de um sinal sem fios numa casa, porque o alcance real vai depender sempre de muitos fatores.

O que se pode dizer é que, para o mesmo nível de potência, o funcionamento numa frequência mais alta reduzirá o alcance do sinal. O ZigBee trabalha na gama dos 2,4 GHz, ao passo que o Z-Wave opera nos 908 MHz. A maior frequência do ZigBee permite que transmita mais dados, mas reduz o alcance do sinal.

As frequências mais altas são ainda mais reduzidas quando existem obstáculos. Um sinal de alta frequência irá atravessar obstruções, como paredes, de forma menos eficaz do que um sinal de baixa frequência.

Um sinal de Z-Wave entre dois dispositivos, pode ter um alcance até 100 metros em campo aberto. No entanto, fica significativamente reduzido, dentro de casa, com obstáculos. Paredes e outras obstruções, combinadas com várias fontes de interferência eletromagnética podem reduzir substancialmente a distância. Empiricamente, dentro de uma casa, podemos afirmar que o Z-Wave tem um alcance de 30 metros sem obstáculos e de 15 metros com paredes no meio. Para o ZigBee, podemos considerar 15 metros em espaço livre, dentro de casa.

6. Quanto fiável é o sinal?

Um produto inteligente precisa ser fiável. Controlar uma fechadura de porta ou um sistema de segurança requer uma conexão muito fiável. As tecnologias devem tornar as nossas vidas mais fáceis e seguras. Quando algo não funciona consistentemente ou deixa de funcionar completamente é uma enorme frustração, podendo, no pior dos casos, até colocar a instalação e os utilizadores em perigo.

Z-Wave geralmente é considerado extremamente fiável.

O Z-Wave opera na faixa de frequência dos 908 MHz, não tendo por isso que lidar com os inúmeros protocolos existentes na sobrecarregada faixa de frequência dos 2,4 GHz, que o ZigBee usa. Aglomerado de frequências podem causar interferências, que resultarão em sinais perdidos ou não fiáveis.

Podemos também ter pouca fiabilidade se os nossos dispositivos estiverem fora do alcance. Uma vez que os dispositivos Z-Wave têm mais alcance do que o ZigBee, podemos esperar menos problemas de fiabilidade decorrentes da distância dos dispositivos.

Como resultado, o Z-Wave tende a ser mais fiável que o ZigBee. Isso não quer dizer que uma rede ZigBee devidamente projetada não seja perfeitamente fiável. Mas, é mais fácil encontrar problemas com o ZigBee do que o Z-Wave.

7. Será a Minha Casa Inteligente Segura?

A automação doméstica inclui sensores de portas e janelas, fechaduras, vigilância por vídeo, entre outros. A segurança das nossas redes de dados assume hoje em dia um papel importantíssimo.

Tanto o Z-Wave quanto o ZigBee usam a norma de encriptação AES 128, que é a mesma usada pelos bancos e governos. Este nível de encriptação permite-nos afirmar que ninguém vai conseguir o controlar a nossa casa inteligente pirateando a encriptação do sinal. Contudo, isso não quer dizer que alguns dispositivos não possam ser vulneráveis.

No começo da sua história, o Z-wave ganhou fama de ser uma tecnologia insegura. A sua vulnerabilidade foi causada por erros de implementação das empresas. Mesmo estando disponível a norma de encriptação AES 128, algumas empresas optaram por não usá-la. Hoje em dia, a Z-Wave Alliance obriga o AES 128 para que um dispositivo seja certificado.

Além disso, a Z-Wave Alliance requer uma implementação obrigatória da sua nova estrutura de segurança “Security 2” em todos os dispositivos que recebem certificação. Esta última atualização de segurança elimina virtualmente as hipóteses de um dispositivo ser comprometido durante o processo de inclusão. Esta nova estrutura reduz o anterior processo de inclusão de três passos para um, que, por sua vez, reduz o consumo de energia e a latência. Além demais, ajuda a impedir que seus dispositivos Z-Wave sejam usados em ataques DDoS (Distributed Denial of Service).

8. Resumo Final

Embora não seja necessário escolher apenas um protocolo ou tecnologia, usar apenas um pode ser vantajoso. As redes de malha (mesh) tornam-se mais fiáveis à medida que adicionamos mais dispositivos no sistema. Uma rede Z-Wave ou ZigBee com 30 dispositivos tenderá a ser mais fiável do que uma rede Z-Wave ou ZigBee com 15 dispositivos.

Se tivermos que optar por uma destas tecnologias, a escolha seria o Z-Wave. Para alguém que está a começar na automação residencial, o comissionamento de uma rede Z-Wave fiável será mais fácil do que no ZigBee. A Z-Wave Alliance facilitou, no seu comissionamento, a procura e integração dos dispositivos numa rede Z-Wave. Além disso, o maior alcance de sinal e menos interferências reduzirão as hipóteses de alguns problemas de fiabilidade nestas redes.

A boa notícia é que não é obrigatório escolher apenas um destes protocolos. Existem algumas gateways de automação residencial, tais como o Samsung SmartThings e o Wink Hub 2, que suportam ambos os protocolos.



AUTORES



Alexandre Miguel Marques da Silveira

(asi@isep.ipp.pt)

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica, ramo de Sistemas Elétricos de Energia, pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto no ano de 2000.

Mestre em Gestão de Ciência, Tecnologia e Inovação, pela Universidade de Aveiro, em 2007.

Doutorando do Programa Doutoral em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Docente no Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 2001.

André Fernando Ribeiro de Sá

(andre.sa@ua.pt)

Licenciado e Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, ramo de sistemas de energia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Pós-graduado em gestão de energia – eficiência energética, pelo ISQ. Título de Especialista em Engenharia Eletrotécnica pela Universidade de Aveiro. Professor adjunto convidado da ESTGA - Universidade de Aveiro no curso de Engenharia Eletrotécnica. Docente da Universidade Lusófona do Porto no curso de Engenharia Eletrotécnica de Sistemas de Energia. Técnico responsável de várias instalações elétricas de serviço particular em alta, média e baixa tensão. Auditor, perito e projetista. Tem colaborado ou já colaborou, entre outros, com o Grupo Têxtil Riopole, INESC Porto, Edifícios Saudáveis Consultores, Schneider Electric Portugal, DAPE, GPS, Smartwatt, Pavicentro, Lidergraf, J.O. Agrícola e Aquatlantis.



António Augusto Araújo Gomes

(aag@isep.ipp.pt)

Mestre em Engenharia Eletrotécnica e Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Professor do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999. Coordenador de Obras na CERBERUS - Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999. Prestação, para diversas empresas, de serviços de projeto de instalações elétricas, telecomunicações e segurança, formação, assessoria e consultoria técnica.



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; Licenciado e Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; MBA em Gestão na Escola de Gestão do Porto da Universidade do Porto;

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.

COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:

**Carlos Valbom Neves****(c.neves@tecnisis.pt)**

Com formação em Engenharia Eletrotécnica, pelo Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, e licenciatura em Gestão de Empresas, tendo colaborado com a FESTO, PHILIPS, ABB – Asea Brown Boveri, Endress&Hauser e TECNISIS. É especialista em Instrumentação, Controle de Processos Industriais e em Sistemas de Aquecimento e Traçagem Elétrica. Tem cerca de 25 anos de experiência adquirida em centenas de projetos executados nestas áreas. Vive no Estoril, em Portugal.

TECNISIS

Tecnisis é especialista em Sistemas de extinção automática de incêndios, em instrumentação industrial, em sistemas para zonas perigosas ATEX e em medição de visibilidade e deteção de incêndios em tuneis rodoviários.

www.tecnisis.pt

**Domingos Salvador Gonçalves dos Santos****(dss@isep.ipp.pt)**

Licenciado e Mestre em Engenharia Electrotécnica.

Docente do Departamento de Engenharia Electrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

**João Pedro Caseiro Bizot****(1120466@isep.ipp.pt)**

Mestre em Energias Sustentáveis e Licenciado em Engenharia Eletrotécnica - Sistemas Elétricos de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Desde outubro de 2017 que desempenha funções na WEGeuro Indústria Elétrica S.A, no departamento de Engenharia do Produto

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

Página deixada intencionalmente em branco!

