

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA.

### ESTUDO DE CASOS PRÁTICOS.

#### I. Introdução

O consumo de energia está na origem de 80% das emissões de gases com efeito de estufa na União Europeia (UE). Consequentemente, reduzir as emissões de gases com efeito de estufa implica um menor consumo de energia e uma maior utilização de energia limpa. É nesta ótica que surge a denominada “Estratégia 20-20-20 para 2020” cujo objetivo é reduzir 20% do consumo de energia, reduzir 20% das emissões de GEE (Gases com Efeito de Estufa) e que 20% da energia consumida seja de fonte renovável.

Por outro lado, a Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE 2020), estabelecida na Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010, de 15 de Abril, enquadra as linhas de rumo para a competitividade, o crescimento e a independência energética do país, através da aposta nas energias renováveis e na promoção integrada da eficiência energética, garantindo a segurança de abastecimento e a sustentabilidade económica e ambiental do modelo energético.

Em desenvolvimento do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e da ENE 2020, o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública — ECO.AP (Resolução do Conselho de Ministros n.º 2/2011, de 12 de Janeiro), visa obter até 2020, nos serviços públicos e nos organismos da Administração Pública, um nível de eficiência energética na ordem dos 20% em face dos atuais valores.

Nestes objetivos enquadra-se também a utilização racional de energia e a eficiência energético-ambiental em equipamentos de iluminação pública (IP) [1].

#### II. Enquadramento

A eficiência energética constitui um instrumento precioso para vencer os desafios precedentes resultantes do aumento da dependência das importações de energia, da escassez de recursos energéticos e da necessidade de limitar as alterações climáticas e de superar a crise económica, uma

vez que aumenta a segurança do aprovisionamento energético, reduz o consumo de energia primária e diminui as importações da mesma, ajuda a reduzir as emissões de gases de efeito de estufa de forma eficaz em termos de custos, contribuindo assim para atenuar as alterações climáticas[2].

Em Portugal a Iluminação Pública (IP) é responsável por 3% do consumo energético.

No entanto, tem-se verificado nos últimos anos uma tendência de aumento da rede de IP (cerca de 4 a 5% por ano), o que implica um conjunto de medidas direcionadas ao aumento da eficiência energética no parque de IP.

Como exemplo de intervenções em projetos de IP, a instalação de Reguladores de Fluxo Luminoso (RFL), a substituição de luminárias e balastros ineficientes ou obsoletos, a substituição de lâmpadas de vapor de mercúrio e vapor de sódio por fontes de luz mais eficientes, a instalação de tecnologias de controlo, gestão e monitorização da IP e a substituição das fontes luminosas nos sistemas de controlo de tráfego e peões por tecnologia LED[3].

#### III. Metodologia

O presente trabalho teve como objetivo, identificar e contabilizar o consumo energético em IP, avaliação dos sistemas de controlo, comando e monitorização da IP existente e o estudo de sistemas de eficiência energética que permitam a redução dos consumos de energia.

Iniciou-se a definição do perfil do consumo, dos encargos e a caracterização da iluminação pública, em 2011, 2012, 2013 e 2014, relacionando estes com os custos de energia elétrica totais do Município em estudo.

No trabalho de campo foram recolhidos elementos de dois cenários, um em zona rural e outro em zona urbana, e ainda dos Postos de Transformação (PT's) responsáveis por 25 % consumo do município em estudo.

Destas instalações, identificaram-se as tecnologias dos equipamentos instalados que eram passíveis de alteração ou correção de forma a melhorar a eficiência energética da IP e consequentemente a diminuição das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

De forma a alcançar os resultados, propôs-se dotar as instalações de equipamentos, de iluminação ou de controlo que permitissem a redução dos consumos de energia.

Tendo em consideração os equipamentos existentes nas instalações de IP do município foram apresentadas as soluções tendo em consideração a sua eficácia económica e energética: Substituição das luminárias existentes por luminárias LED; Instalação de balastros duplo-nível e Instalação de reguladores de fluxo.

Para obtenção da análise económica, consideraram-se as seguintes premissas:

- **Tarifa de energia:**

- Vazio = 0,0896€/kWh
- Ponta = 0,3030€/kWh
- Cheias = 0,1619€/kWh

- **Tempo de funcionamento da IP:**

- 4581 horas

Deste tempo de funcionamento, 67,7% é em período de Vazio, 6,1% é em período de Ponta e 27,2% é em período de Cheia.

- **Cálculos:**

- Potência = Potência da lâmpada + Balastro\*
- Energia = Potência × Tempo de funcionamento da IP × Quantidade
- Taxa de conversão de 0,47 Ton CO<sub>2</sub>/MWh – Portaria 63/2008

- **Preços dos equipamentos propostos para eficiência energética nos casos de estudo, recolhidos através de consulta ao mercado:**

- Luminária de 52 W: 319,96 €

- Balastro Duplo-nível: 61,5 €
- Regulador de fluxo luminoso: 10.864,39 €

Os valores apresentados incluem a taxa do Imposto de Valor Acrescentado (IVA).

**A. Substituição das luminárias existentes por luminárias LED**

Dado o desenvolvimento e evolução nos últimos anos, o mercado dispõe já de luminárias LED, específicas para a iluminação pública, com várias potências e com rendimentos e períodos de vida útil muito atrativos.

A tecnologia LED aplicada à iluminação pública e comparativamente às tecnologias existentes, ou seja, luminárias equipadas com lâmpadas de vapor de sódio e lâmpadas de vapor de mercúrio e ambas com balastros ferromagnéticos, destaca-se pelo seu baixo consumo, podendo chegar a uma redução de até 75%, proporcionando um elevado rendimento e tempo de vida útil muito superior, e ainda a minimização do impacto ambiental com a redução de emissões de CO<sub>2</sub>.

Para este caso de estudo escolheu-se uma luminária de equipada com 1 módulo de leds com consumo de sistema de 52W, com fluxo de 5340lm com temperatura de cor 4000K e um Fator de Manutenção da Luminária (LMF) de 83% a 100.000 horas de funcionamento, com 10 anos de garantia.

Nesta análise, estudou-se a substituição das luminárias com lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão (VSAP), por luminárias LED, tendo para tal utilizado o software DIALux.

Esta ferramenta informática, permite efetuar uma simulação da distribuição de luz no ambiente, produzindo cenários realistas e valores de iluminância, para comparar com os valores mínimos de iluminância pelo Documento de Referência para a Iluminação Pública.

Antes de efetuar o cálculo definiu-se a classe da via, neste caso, ME, por corresponder a uma via com tráfego misto, ou seja, tráfego motorizado e baixa média velocidade, bem como a existência de ciclistas e pedestres nessas áreas.

Depois de atribuída a seleção a cada parâmetro mediante a opção associada à via em estudo, aplicando a fórmula

IME = 6 – classificação total, obteve-se um índice de classe ME4a.

Definida a classe, e através dos elementos relativos ao perfil da via e material existente, calcularam-se os parâmetros luminotécnicos, conforme se pode visualizar na Tabela 1.

Tabela 1. Análise dos resultados obtidos na simulação em DIALux

Classe de Via ME4a	Luminância da superfície da estrada			Aumento Limiar	Rácio Envolverte
	Lm (cd/m <sup>2</sup> )	U <sub>0</sub>	U1	TI (%)	SR
Valores nominais	≥ 0,75	≥ 0,4	≥ 0,6	≤ 15	≥ 0,5
Valores Cálculo	0,95	0,65	0,73	4	0,93
<b>Cumpre</b>					

Aplicando as premissas indicadas no capítulo III, obtiveram-se os resultados da Tabela 2.

Tabela 2. Comparação da tecnologia atual com a solução proposta

	Qtd.	Lâmpada (W)	Potência (W)	Energia anual consumida (kWh)	Custo (€)	Ton CO2 eq
<b>VSAP</b>	26	150	180	21439,1	3224,6	10,1
<b>LED</b>	26	52	52	6193,5	931,6	2,9
<b>Diferença:</b>				15.245,6	2293,1	7,2

Através do método de cálculo segundo o "total cost of ownership" TCO (custo total de propriedade) determinou-se o custo da solução proposta, fazendo a comparação com os encargos com a solução existente, embora sem considerar os custos de manutenção das luminárias existentes. O TCO do ano 0 é igual ao investimento inicial e todos os anos são somados ao custo do ano anterior, o custo de exploração do ano corrente[4].

Assim, considerando somente os custos energéticos, a solução proposta ao fim de cerca de 4 anos atinge um

Custo total de propriedade igual ao da solução existente, sendo daí para a frente lucro.

Considerando que a Luminária de 52W tem uma garantia de fábrica de 10 anos e vida útil espectável superior a 100.000h, ou seja aproximadamente 22 anos, podemos dizer com segurança que é largamente vantajosa.

Ao fim do período de garantia de 10 anos a solução LED é mais barata que a solução existente em 14.612 euros.

### B. Instalação de balastos duplo-nível

Os balastos eletrónicos reguláveis poderão ser em algumas das situações em estudo para redução de consumos dos pontos de iluminação pública a melhor solução, dado que o custo de investimento inicial é relativamente baixo quando comparado com tecnologias como a de RFL e LED.

Esta tecnologia tem uma elevada eficiência, perdas reduzidas, facto de potência elevado (>0,98), para além do incremento do tempo de vida útil das lâmpadas e da imunidade às variações de tensão de rede.

Para este caso de estudo, o balastro escolhido foi um balastro, que permite poupanças na ordem dos 20% sem necessidade de alteração das lâmpadas e com um investimento mais acessível.

Este sistema pode atingir até 30% de poupança no consumo de energia com a iluminação pública.

Tabela 3. Custo da alteração do Balastro ferromagnético para balastro duplo-nível Proposto

Qtd.	Lâmp. (W)	Pot. (W)	Energia com Balastro duplo-nível (kWh)	Red. (%)	Custo (€)	Ton CO2 eq
26	150	160	16198,4	24 %	2996,7	7,6

Considerando somente os custos energéticos, a Solução proposta ao fim de 7 anos atinge um custo total de propriedade igual ao da solução existente, sendo daí para a frente lucro.

Ao fim do período de 10 anos a solução do Balastro Eletrónico duplo-nível é mais barata que a solução existente em 680 euros, pelo que concluímos que este investimento é pouco atrativo. Esta análise pode facilmente perceber-se pela tabela 4.

**Tabela 4. Quadro comparativo das soluções propostas**

	Encargo com consumo de energia	Investimento	PB (anos)	Retorno em 10 anos
<b>Solução Atual VSAP</b>	3.224,61 €	-	-	-
<b>LED</b>	931,55 €	8.318,96 €	3,6	14.612 €
<b>Balastro Duplo-nível</b>	2.996,74 €	1.599,00 €	7,0	680 €

### C. Instalação de reguladores de fluxo

Os armários de regulação de fluxo, aplicados à iluminação pública, permitem a redução do fluxo luminoso das lâmpadas, e uma consequente redução dos consumos energia na iluminação pública na ordem de 30%, em períodos pré definidos pelo utilizador.

A redução da potência absorvida nos sistemas de IP, é conseguida a partir da redução do nível de tensão de alimentação aos circuitos de iluminação. Esta diminuição vai diminuir a intensidade luminosa das lâmpadas e consequentemente ter-se-á uma economia no consumo de energia.

A economia será proporcional ao valor da redução da tensão, quanto maior do valor da redução de tensão maior será a economia obtida.

O potencial de economia destes equipamentos encontra-se diretamente relacionado com o tipo de lâmpada e queda de tensão da instalação de iluminação pública.

Sendo a regulação do fluxo luminoso provocada pelo abaixamento da tensão do circuito IP, torna-se necessário garantir que a tensão aplicada, a cada tipo de lâmpada não seja inferior aos valores da tensão mínima de funcionamento por tipo de lâmpada, por exemplo no caso das lâmpadas de Vapor de sódio de alta pressão a tensão mínima é de 183 V, o que significa que a tensão nas pontas (fim da linha IP) no escalão máximo do RFL não pode ser abaixo desse valor.

O RLF podem ser programados para vários níveis de iluminação (por exemplo 30%, 50%, 75% e 100%), adequando assim a iluminação para as várias utilizações da via e para diversos períodos horários consoante o seu tráfego.

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

No universo de Postos de Transformação (PT's) da zona de intervenção, optou-se pela seleção de 15 PT's, que representam 25 % do consumo de energia global em iluminação pública do Município em estudo.

A fundamentação para a escolha destes circuitos no universo existente na zona de intervenção, teve como base os seguintes critérios:

- Circuitos com maior potência instalada.
- Circuitos com baixas quedas de tensão.
- Circuitos onde predominem lâmpadas de vapor de sódio.

Outros fatores que pesaram na escolha, embora ultrapassáveis:

- Circuitos com lâmpadas recentes.
- Difusores em bom estado.
- Equilíbrio entre fases.
- Existência de um local para montagem do equipamento no exterior.
- Circuitos onde se aceite uma redução de fluxo significativa em horas de menor movimento.

O primeiro passo foi efetuar todas as leituras das grandezas elétricas necessárias, análise da rede de iluminação pública associada e análise das condições de instalação do Regulador de Fluxo Luminoso no exterior do posto de transformação.

Com os valores das correntes obtivemos a potência total absorvida (kW) atualmente em cada posto de transformação, nos circuitos de iluminação pública (IP) associados.

A seleção do equipamento (RFL) com o respetivo Calibre (kVA), foi feita com base nas especificações de fabricantes de reguladores, bem como a possibilidade de futuras ampliações do circuito IP e a otimização dos circuitos efetuando um equilíbrio de fases.

O valor do investimento foi obtido, tendo em conta um valor médio atual de mercado de um regulador de fluxo (para a potência selecionada), já com o armário exterior, a instalação eletromecânica, os trabalhos de construção civil, o sistema de telegestão e o quadro elétrico a instalar no interior do posto de transformação, para possibilitar a colocação em *by-pass* e em isolamento do RFL, bem como o ensaio com tensão mínima ao circuito de IP diretamente do interior do posto de transformação e a proteção do cabo de ligação ao RFL.

A poupança prevista indicada é aproximadamente de 30% com flutuações previsíveis, de acordo, com a estabilização da tensão nominal no período de arranque.

O consumo estimado para o ano de 2014 (sem aplicação de RFL), foi considerado tendo em conta a potência total absorvida e uma utilização média da iluminação pública 4.581 horas de utilização anual.

Efetuada o produto obteve-se então a energia consumida kWh/ano, e utilizando a tarifa em vigor de IP, obteve-se os custos estimados para cada posto de transformação, conforme indicado na tabela 5.

Tabela 5. Custos com aquisição de 15 RFL

PROPOSTA DE INSTALAÇÃO DE RFL EM 15 PT's	
Nº de RFL propostos	15
Custo dos RFL	162.965,85 €
Consumo anual das luminárias com RFL	631.755,1
TonCO2eq	296,9
Horas de funcionamento anuais da iluminação	4581
Custo energético anual da solução Existente	123.527,41 €
Custo energético anual da solução Proposta	95.021,08 €

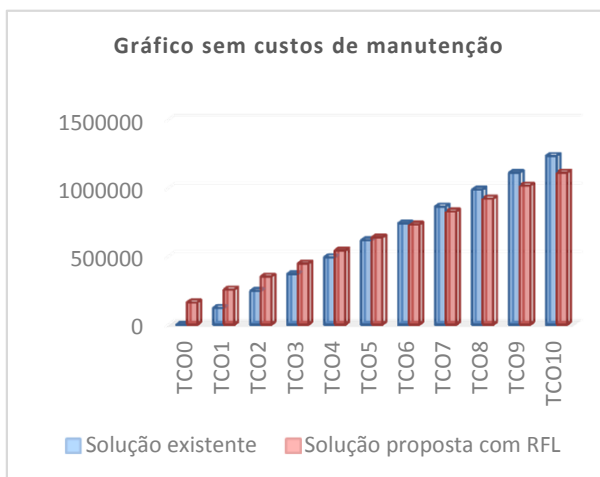


Gráfico 1. Análise gráfica da solução proposta em comparação com a solução existente

Considerando somente os custos energéticos, a solução proposta ao fim de 6 anos atinge um custo total de propriedade igual ao da solução existente, sendo daí para a frente lucro.

Ao fim do período de 10 anos a solução do RFL é mais barata que a solução existente em 122.097 euros.

#### IV. Conclusões

Em suma, é de grande relevância uma gestão cuidada dos sistemas de iluminação pública, dado que qualquer aumento, seja da tarifa, seja de qualquer outro imposto, terá sempre um grande impacto nas contas dos municípios.

Exemplo desta situação foi o aumento em Novembro de 2011 do IVA de 6 para 23 por cento sobre a fatura de eletricidade, e a extinção da tarifa especial para a iluminação pública, designada por tarifa BIP, em 31 de Dezembro de 2012, o que acelerou a necessidade da aplicação de medidas de redução de consumos. Desde 1 de Janeiro de 2013, com o mercado liberalizado, a tarifa dos municípios passou para tri-horária, ou seja, passou a diferenciar o preço da energia por kWh de acordo com três períodos horários: horas de vazio, horas cheias e horas de ponta, assim como passaram a pagar também a taxa de potência contratada, a qual era isenta na tarifa BIP.

Comparando os encargos com o consumo da IP dos últimos 6 anos percebe-se constata-se um aumento de 48 % e que reflete os constantes aumentos anuais da tarifa e também o da taxa do IVA aplicada às faturas de eletricidade. Este ano, 2014 verificou-se um aumento de 8,8 por cento na tarifa de iluminação pública, sendo que se prevê em 2015 um novo aumento de 3,5 por cento. Todos estes aumentos que em muito interferem nas contas dos municípios, acabam por “pressionar” os municípios a tomar medidas já, por forma a poderem fazer frente aos aumentos com racionalização de consumos de energia elétrica na IP.

No estudo de casos práticos, foram analisadas várias formas promoção de eficiência energética na iluminação pública, tendo-se constatado que existe uma grande potencial de redução de consumos energéticos com a instalação de equipamentos energeticamente mais eficientes, que para além de consumirem menos energia, pela diminuição da potência instalada, permitem melhores condições de visibilidade, como é o caso das luminárias LED que permitem reduzir o consumo de energia, permitindo o aumento do índice de restituição de cor, ou seja aumentando a capacidade de reconhecimento de pessoas ou objetos a quem circula nas vias.

Do levantamento feito na IP do caso de estudo, constatou-se que por exemplo no caso de luminárias de iluminação pública, grande parte do parque de IP têm baixo rendimento luminoso, devido às características construtivas e dos seus

materiais, como o exemplo de difusores plásticos, que em pouco tempo ficam escuros e com bastante sujidade, o que influencia as condições luminotécnicas dos espaços que iluminam.

É muito importante primeiro conhecermos o parque IP que temos para depois se poder avançar para medidas de redução e promoção de eficiência energética. As tecnologias que dispomos em mercado, começam a ter preços mais acessíveis do que à alguns anos, e podendo ainda aproveitar candidaturas a fundos comunitários, afiguram-se como investimentos muito interessantes, sempre dependendo do caso em concreto onde se pretenda aumentar a eficiência energética dos equipamentos.

Do estudo elaborado, constata-se que a iluminação LED se coloca como a tecnologia no presente mais interessante, com poupanças que podem chegar aos 75%, enquanto na instalação de reguladores de fluxo luminoso, e na alteração para balastros eletrónicos duplo-nível, as reduções são na ordem dos 30%

O investimento inicial é que é bastante diferente para qualquer uma das tecnologias atrás descritas, e no caso da iluminação LED é bastante elevado, mas acaba por ter retornos muito mais interessantes, além de tecnicamente ser uma melhor solução.

Constatou-se assim, tem de ser sempre analisada qualquer solução de instalação de equipamentos de eficiência energética, caso a caso, para avaliar qual o sistema mais interessante para o caso em concreto.

Relativamente à regulação de fluxo é um sistema interessante, mas terá que ser sempre também estudado com base no caso concreto do posto de transformação onde se pretenda a sua instalação, sendo fatores muito importantes a idade da instalação IP assim como se têm redes IP muito extensas, uma vez que com as quedas de tensão em fim de linha, aplicar sem uma análise rigorosa um RFL, poderá fazer com que nas reduções de tensão programadas possa desligar completamente os ramais de IP em fim de linha.

Em suma, a iluminação LED afigura-se como a melhor e mais eficiente solução, implicando investimentos mais elevados, sendo no entanto as poupanças sempre mais elevadas, o que analisando a médio/longo prazo tem retornos muito interessantes. Além das poupanças nos consumos um fator muito importante é o facto das luminárias LED ter períodos de ciclo de vida superiores a 13 anos, o que permite grandes poupanças em custos fixos com manutenção das luminárias.

A principal característica dos sistemas de IP é, acima de tudo promover a sua segurança, potenciar locais e trazer uma boa qualidade de vida a quem a utiliza, fazendo da luz um instrumento de orientação e de mobilidade, individualizando percursos urbanos e ambientes específicos[5].

## Referências

- [1] Documento de referencia Eficiência Energética na Iluminação Pública, <http://www.lighting-living-lab.pt> [Online]
- [2] Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de outubro de 2012, ponto 1; <http://www.elecpor.pt>, [Online]
- [3] Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, pagina 2056, <http://www.promar.gov.pt/>, [Online]
- [4] Wikipédia - TCO, [http://pt.wikipedia.org/wiki/Total\\_cost\\_of\\_ownership](http://pt.wikipedia.org/wiki/Total_cost_of_ownership) [Online]
- [5] Magalhães, João, Eficiência Energética na Iluminação Pública, Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2014

## Divulgação:

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

António Augusto Araújo Gomes

## INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

### CANALIZAÇÕES ELÉTRICAS

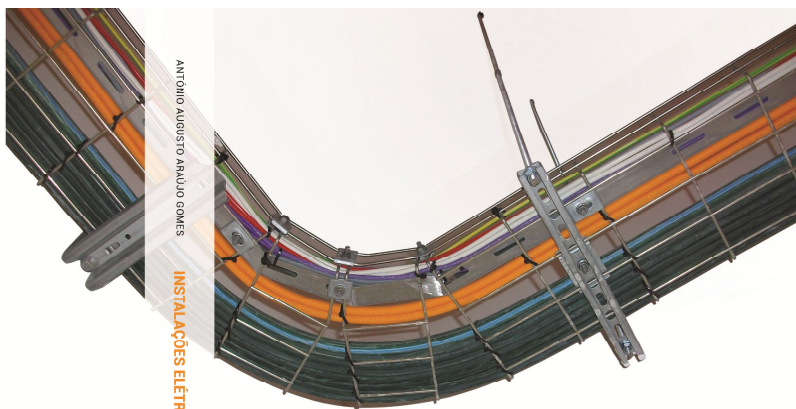
#### Sobre o livro

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia 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 planejar a instalação nos quais sejam intervenientes, selecionar o tipo de canalização e o modo de instalação mais adequados, de forma a maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como os custos de execução e exploração das instalações.

#### Sobre o autor

Bacharel em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto. Licenciado em Engenharia Eletrotécnica e Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Mestre (grê Bolonha) em Engenharia Eletrotécnica e Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Assistente no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999. Investigador do GECAD – Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio a Usúas, do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde esse mesmo ano.

Coordenador de Obras na CERBERUS – Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999. Sócio da empresa Neutro & Tera – Gabinete de Engenharia Lda, entre 2003 e 2006. Prestação de serviços de formação e/ou projetos e/ou assessoria técnica consultoria no âmbito das instalações elétricas, telecomunicações, segurança, gestão de energia, eficiência energética, a diversas entidades, nomeadamente: NORMA – Consultores de Engenharia, S.A.; Schumal – Engenharia e Serviços, Lda; ENERKO – Consultores de Engenharia, Lda; ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade-Quilómetros – Fabrica de Quadros Elétricos, S.A; EP – Instituto Eletrotécnico Português; CENERTEC – Centro de Energia e Tecnologia; ANACOM – Autoridade Nacional das Telecomunicações; IDT – Instituto para o Desenvolvimento Tecnológico EDV – Agência de Energia Entre Docas e Viagem.



António Augusto Araújo Gomes

## INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

### CANALIZAÇÕES ELÉTRICAS

SEGUNDO AS REGRAS TÉCNICAS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

Disponível em formato eBook

[www.engedbook.com](http://www.engedbook.com)



ISBN 978-989-723-026-4

Publindústria



Publindústria