

NEUTRO À TERRA

Honrando o compromisso que temos convosco, voltamos à vossa presença com a publicação da 16ª Edição da nossa revista “Neutro à Terra”. A terminar um ano que foi difícil, mas que ao mesmo tempo permitiu podermos viver sem a Troika, esperamos que por muito tempo, ou para sempre, a indústria eletrotécnica que não esteve imune às dificuldades que todos sentiram, manteve apesar de tudo uma dinâmica muito apreciável. No âmbito da nossa revista, esta dinâmica fez-se sentir fundamentalmente no interesse que algumas empresas do setor eletrotécnico manifestaram pelas nossas publicações, demonstrando vontade em colaborar connosco não só com a publicação de artigos técnicos, mas também colaborando no desenvolvimento de assuntos técnico-científicos em que vários dos autores da nossa revista se encontram envolvidos.

José António Beleza Carvalho, Professor Doutor



Máquinas e Veículos Elétricos
Pág. 05



Produção, Transporte e Distribuição Energia
Pág. 23



Instalações Elétricas
Pág. 37



Telecomunicações
Pág. 51



Segurança
Pág. 61



Gestão de Energia e Eficiência Energética
Pág. 65



Automação, Gestão Técnica e Domótica
Pág. 79

Índice

03| Editorial

05| Máquinas e Veículos Elétricos

Requisitos do projeto elétrico de motores de indução para acionamento por variador de velocidade

Henrique Gonçalves

Types and construction of power transformers.

Manuel Bolotinha

Utilização de um veículo elétrico para abastecer uma residência no horário de ponta.

Horst Huldreish Ardila Hamada Marques, Fernando Maurício Dias

23| Produção, Transporte e Distribuição de Energia

Impacto da introdução de baterias de armazenamento de energia em Smart Grids.

Diogo Soares, Judite Ferreira, José Puga

Previsão do diagrama de carga de subestações da REN utilizando redes neuronais.

Silvana Mafalda Rocha, Maria Teresa Costa, Manuel João Gonçalves

37| Instalações Elétricas

Interruptores (mecânicos) para instalações elétricas fixas, domésticas e análogas.

António Augusto Araújo Gomes

Análise da Qualidade de Energia. Instalações elétricas com Miniprodução.

Carlos Silva, Roque Brandão

51| Telecomunicações

ITD3 – Dimensionamento das redes de cabos coaxiais.

José Eduardo Pinho, Marco Rios da Silva, Sérgio Filipe Ramos

ITUR2 – Dimensionamento das redes de cabos coaxiais.

Sérgio Manuel Correia Vieira, Marco Rios da Silva, Sérgio Filipe Ramos

61| Segurança

NFPA 850. Fire trace e os fogos em turbinas de vento.

Carlos Neves

65| Gestão de Energia e Eficiência Energética

Tecnologias de produção de frio: Estudo e análise de medidas de eficiência energética.

Fernando Barrias, Teresa Nogueira, João Pinto

Redução de consumos na iluminação pública.

Pedro Caçote, Roque Brandão

79| Automação, Gestão Técnica e Domótica

SMARTPANEL: Medição, controlo e monitorização num clique.

Luís Carvalho, Paulo Vaz

85| Autores

FICHA TÉCNICA

DIRETOR:

José António Beleza Carvalho, Doutor

SUBDIRETORES:

António Augusto Araújo Gomes, Eng.º
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

CONTACTOS:

jsc@isep.ipp.pt ; aag@isep.ipp.pt

PUBLICAÇÃO SEMESTRAL:

ISSN: 1647-5496

Estimados leitores

Honrando o compromisso que temos con vosco, voltamos à vossa presença com a publicação da 16ª Edição da nossa revista “Neutro à Terra”. A terminar um ano que foi difícil, mas que aomesmotempopermitiu podermos viver sem a Troika, esperamos que por muito tempo, ou para sempre, a indústria eletrotécnica que não esteve imune às dificuldades que todos sentiram, manteve a par de tudo a dinâmica muito apreciável. No âmbito da nossa revista, esta dinâmica fez-se sentir fundamentalmente no interesse que algumas empresas do setor eletrotécnico manifestaram pelas nossas publicações, demonstrando vontade em colaborar conosco não só com a publicação de artigos técnicos, mas também colaborando no desenvolvimento de assuntos técnico-científicos em que vários dos autores da nossa revista se encontram envolvidos.

Um facto importante, que se deve destacar, é o crescimento exponencial que se tem verificado da procura e visualização da revista “Neutro à Terra” um pouco por todo o mundo, destacando-se nestes casos os Estados Unidos. Assim, mantemos o compromisso de publicar um artigo de natureza mais científica em língua inglesa, nesta edição um interessante artigo sobre Transformadores, “Types and Construction of Power Transformers”, da autoria do Engenheiro Manuel Bolotinha.

Ainda num âmbito mais científico, destaca-se a publicação do artigo “Requisitos do Projeto Elétrico de Motores de Indução para Acionamento por Variador de Velocidade”, da autoria do Doutor Henrique Gonçalves, um investigador sobre o assunto que também exerce as suas atividades na WEG – Euro Indústria Elétrica, SA.

Nesta edição da revista merecem particular destaque vários assuntos que corresponderam a trabalhos de investigação realizados no ISEP, muitos deles em colaboração com várias Empresas, tendo vários deles correspondido a trabalhos realizados no âmbito de dissertações de mestrado.

Destacam-se ainda a publicação de outros interessantes artigos no âmbito das Instalações Elétricas (Interruptores mecânicos para instalações elétricas fixas, domésticas e análogas), no âmbito das Telecomunicações (ITUR2 – Dimensionamento das redes de cabos coaxiais), no âmbito da Segurança (NFPA 850. Fire trace e os fogos em turbinas de vento) e no âmbito da Gestão de Energia e da Eficiência Energética, com um artigo sobre tecnologias de produção de frio e outros sobre redução de consumos de energia elétrica e iluminação pública.

Estando certo que esta edição da revista “Neutro à Terra” apresenta artigos de elevado nível técnico e científico, como elevado interesse para todos os profissionais do setor eletrotécnico, satisfazendo assim novamente as expectativas dos nossos leitores, apresento os meus cordiais cumprimentos e desejo a todos um Bom Ano de 2016.

Porto, 29 dezembro de 2015

José António Beleza Carvalho

Visualização de páginas por país

Entrada	Visualizações de páginas
Portugal	15729
Estados Unidos	2353
Brasil	1070
Alemanha	337
Angola	142
Rússia	128
Reino Unido	127
França	80
Andorra	75
Espanha	73



ANÁLISE DA QUALIDADE DE ENERGIA : INSTALAÇÕES ELÉTRICAS COM MINIPRODUÇÃO



Resumo

A qualidade da energia a compilar do sistema elétrico nacional é um fator de elevada exigência quanto à sua gestão. Com a implementação da microgeração numa 1.ª fase (DL 363/2007) e a miniprodução numa 2.ª fase (DL 34/2011), a gestão da qualidade de energia na rede elétrica tornou-se ainda mais complexa, dificultando a ação dos players do SEN, desde a produção à entrega ao cliente final.

1. Enquadramento

Com a necessidade de cumprir todas as metas de Quioto, Portugal tornou-se um exemplo na concretização das mesmas, sendo o pioneiro na criação de parques eólicos quer na conceção de empresas capazes de se posicionarem nos lugares cimeiros na disputa da sustentabilidade a nível global (como é o caso da EDP Renováveis). Na cauda da produção eólica, seguiu-se a produção de energia através do sol, tendo sido criados mecanismos de promoção e bonificação para implementação de produção de energia através de fontes renováveis junto dos locais de consumo, inicialmente em habitações com pequenos sistemas até 3,68 kVA, promovidos pela Lei da microprodução (DL 363/2007) e mais

tarde alargados ao setor Terciário através da Lei da miniprodução (DL 34/2011) com sistemas de maior dimensão e complexidade até 250 kVA. Atualmente já existe a Lei do autoconsumo (DL 153/2014) que promove a instalação de sistemas até 1 MVA. Apesar dos Decretos permitirem a utilização das várias fontes renováveis, a tecnologia fotovoltaica destacou-se na escolha dos produtores pelas suas simplicidade e custo, quer na instalação e exploração, quer na previsão de produção a longo prazo e no contrato de compra e venda de energia, permitindo o cálculo e dimensionamento das centrais de forma técnico-financeiramente viável.

No entanto, a elevada expansão destes sistemas na rede elétrica fez com que surgissem várias anomalias técnicas quer para o distribuidor, quer para o produtor, sendo que na sua maioria, o produtor é a entidade mais afetada pela imposição normativa e regulamentar existente desde a produção de equipamentos à instalação e exploração, que protege o primeiro lugar da rede elétrica e a segurança da mesma em detrimento da continuidade dos serviços das instalações de miniprodução, o que afeta diretamente a rentabilidade destas instalações mas que, não existe ainda

contornar sem que algumas exceções sejam abertas nomeadamente no Regulamento de Qualidade de Serviço na EN50160. Por outro lado, o panorama das instalações elétricas particulares em Portugal, na sua maioria, são de dois tipos, envelhecidas, que foram crescendo sem planeamento e sem regulação e que por isso possuem canalizações desgastadas, com fugas de isolamento, máquinas com pouca eficiência, sem manutenção e com um risco de avaria elevados, ou então, são instalações elétricas recentes com eletrónica de potência, abundantes em cargas não lineares. Num caso ou noutro, a qualidade da energia nestas instalações é por si só um fator preocupante para as mesmas, quando instalamos centrais fotovoltaicas de mini produção nestes tipos de instalações elétricas, a qualidade de energia afeta o rendimento das centrais fotovoltaicas de forma preocupante. Até à data, as paragens de serviços das centrais de produção em regime de mini produção, eram associadas à qualidade dos equipamentos instalados, má configuração do sistema e em muitos casos sem razão aparente. O presente artigo pretende elucidar para o facto de que a má qualidade das instalações elétricas e consequentemente a má qualidade da energia que nela transita, afeta diretamente e com grande impacto a rentabilidade das centrais de mini produção associadas ao mesmo ponto de interligação.

2. Anomalias Frequentes

A rentabilidade de uma central fotovoltaica de mini produção, está diretamente relacionada com o número de horas de funcionamento. As horas de funcionamento têm como base vários fatores, entre os quais, a radiação solar que depende da zona geográfica, o sombreamento e a manutenção, etc. Estes fatores incidem sobre o gerador fotovoltaico (lado DC da central a montado no inversor), no entanto existem fatores do lado AC (ajustado no inversor) que também afetam as horas de funcionamento da central fotovoltaica sendo esse o nosso objeto de estudo. Toda a rede elétrica a jusante do inversor (lado AC) respeita as Normas de Segurança e Qualidade de Energia impostas pela Norma EN 50160 que apesar de exigente, possui algumas lacunas onde cabalmente aparecem as anomalias que provocam

descontinuidades de serviços das centrais fotovoltaicas de mini produção. Num instalação elétrica particular (figura 1), a má qualidade de energia intrínseca não se faz notar de forma evidente, visto que é no ponto de interligação com a Rede Pública que se fazem notar os seus efeitos, e como a rede pública possui uma potência muito superior à instalação de utilização particular, as anomalias não tendo dimensões suficientes, são absorvidas pela rede pública de forma discreta.

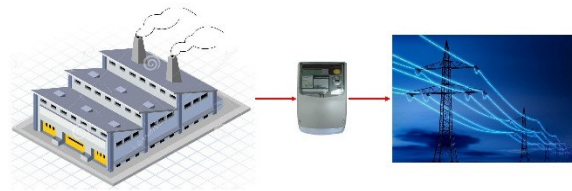


Figura 1. Instalação de utilização particular ligada à rede pública de eletricidade

Se o ponto de interligação adicionamos uma central de produção fotovoltaica (figura 2) em que a sua potência é inferior à potência da instalação de utilização particular, as anomalias tendem para a central de produção, afetando as suas proteções, medições e rendimentos, resultando em grandes perdas de produção e envelhecimento precoce dos equipamentos e canalizações, colocando em causa a sua esperança de vida e o retorno do investimento.

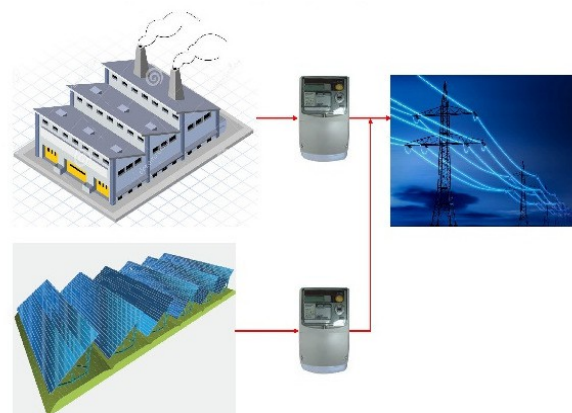


Figura 2. Instalação de utilização particular com mini produção ligada à rede pública de eletricidade

2.1. SubeSobretensões

Tensidoverificadojádesdeamicrogeraçãoumefeito elevatórionaamplitudedatensãoosemprequeexisteuma central fotovoltaica instalada nummesmo ponto de interligaçãodeumainstalaçãodeutilizaçãoparticularcoma RESP. Esteefeitoverifica-seessencialmenteeminstalações elétricasdebaixapotênciacomcentraldeprodução,ligadas emfimde linha a redes elétricas do tipo radial. As sobretensõesesmsituaçõesdestetipo, verificam-se sempre queacarganaredeébaixa,quandoporsuavezaprodução dacentraléalta.Nestecasoamplitudedacorrenteeléctrica quepercorrearederadial nosentido“rede-pontode consumo”édetal formapequenaqueaquedadetensão entre a subestação e o ponto de interligação coma miniproduçãoétambémelapequena.

Postoisto,comumadiferençadepotencialquasenulaentre acentraldeproduçãoeasubestaçãoeaimpedânciadarede sendoelatambémelevada, onível detensãoonopontode interligação tende a subir chegando a valores extrarregulamentares, provocandoasaídadesserviçodo inversor fotovoltaicopor máximodetensão. Omesmo aconteceseo cenárioforoinverso, seoconsumonarede fordetalformaelevadoeaproduçãodetalformabaixaque a queda detensãoentrea subestaçãoeo pontode interligaçãodaproduçãofordetalformaelevadaqueonível da tensão atinge valores inferiores ao limite mínimo regulamentar provocandoasaídadesserviçodo inversor fotovoltaicopormínimodetensão.

Postoisto, asparagensdeserviçoprovocadasporsubou sobretensõesnascentraisfotovoltaicasdemini produção, e porquenasuamaioriaacontecemnosperíodosde maior rendimento fotovoltaico, são anomalias sem impacto técnico,vistoquenãoprovocamqualquerefeitonefastonos equipamentos e canalizações, mas com grande impacto económico na rentabilidade financeira da central pela reduçãodashorasdeprodução.

2.2. CavasdeTensão

Ascavasdetensão(figura3)sãodeigualformaanomalias

verificadasnaamplitudedetensão,noentantoocorremde formabruscacomdescidadatensãooparavaloresinferioresa 10%eperíodosinferioresa1s.

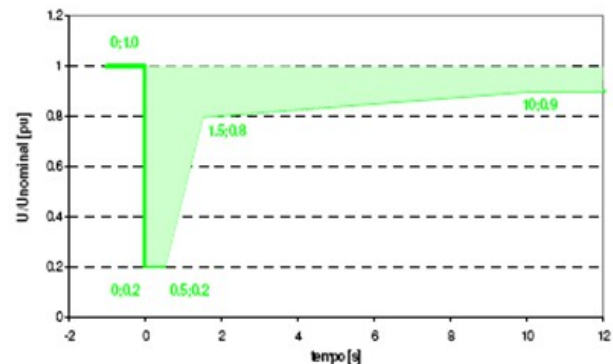


Figura 3. Cava de tensão

Estasocorrências,frequentesemtodaaredeeléctrica,desde abaixaàaltatensão, têmmais influênciaemcentrais fotovoltaicasdeMinigeraçãointerligadasàRESPemMédia tensão.Seporumladoascavasdetensãoocorremtambém embaixatensão,masdeformatãorápidaqueosinversores fotovoltaicosnãosãocapazesdeleraquebradetensão,por outro, emcentrais ligadas emMédia tensão, que são protegidasnopontodeinterligaçãopelorelédeproteção configuradopelodistribuidor paraatuaçãoiigual a1s, as cavasdetensão, provocamasaídadesserviçodacentral fotovoltaicapordisparodorelédeproteçãodainterligação (figura4). Estetipodeanomaliasprovocasaídadesserviço dacentraldemini produçãoquenapráticatradszem-semais umavezemcustosporfaltadeprodução, agravadosneste casopelanecessidadededeslocaçãodeequipastécnicas habilitadasparaamanobra dequadrosdemédiatensão.

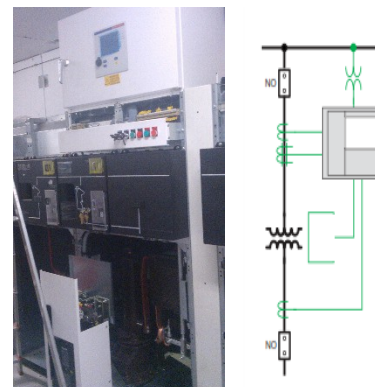


Figura 4. Relé de proteção da interligação

2.3. Harmônicos

Cada vez mais, as instalações elétricas particulares, principalmente em edifícios de serviços e industriais, possuem cargas não lineares. Os edifícios de serviços possuem cargas predominantemente do tipo, computadores, impressoras, iluminação com balastros eletrônicos, servidores informáticos, etc, também os edifícios industriais possuem cada vez mais máquinas com controladores eletrônicos do tipo variadores de velocidade, quadros de comando com fontes comutadas, sistemas de climatização com variador de velocidade, são também cada vez mais informatizados e por consequência necessitam também estes de grandes servidores informáticos. Todas estas cargas, são a receita ideal para que a corrente elétrica consumida por estas cargas nas instalações particulares possua uma distorção relativamente à tensão que a RESP disponibiliza à entrada da instalação. A este efeito chama-se distorção harmônica. A distorção harmônica provocada na rede interna das instalações elétricas particulares, provocada pelas cargas dessas mesmas instalações promove a circulação de correntes harmônicas no sentido da fonte de energia que é a RESP, no entanto, quando aplicamos uma central de miniprodução no ponto de interligação dessas instalações como a RESP, as correntes harmônicas tendem para a fonte de produção com menor impedância, sendo esta a miniprodução. Quando a instalação elétrica possui uma distorção harmônica elevada, as correntes harmônicas que tendem para a miniprodução podem atingir valores de tal forma elevados que as anomalias verificadas, são bastante preocupantes e colocam em risco o funcionamento e a segurança da central de miniprodução. São muitas vezes verificadas as seguintes anomalias:

- Disparo intempestivo das proteções

A presença de correntes harmônicas na canalização elétrica de uma miniprodução inserida numa instalação elétrica com distorção harmônica, possui um efeito destrutivo nas proteções e nas respetivas canalizações, essencialmente se estivermos na presença de harmônicos de 3.^a e 5.^a ordem, visto que o valor eficaz da corrente (RMS) que percorre a canalização e respetiva proteção cresce exponencialmente

provocando aquecimento e consequente fadiga térmica tanto na canalização como na proteção, originando disparos intempestivos das proteções e a médio prazo a rotura da capacidade de isolamento das canalizações e da própria alma condutora.

- Subdimensionamento do condutor de neutro

A presença de correntes harmônicas múltiplas de 3 aparece somadas no condutor de neutro, chegando muitas vezes a valores superiores ao condutor de fase. Tendo normalmente o condutor de neutro metade da secção do condutor de fase, visto que a miniprodução a sua maioria é de configuração trifásica e de produção equilibrada nas três fases, na presença de correntes harmônicas no condutor de neutro, este estará subdimensionado face à corrente que o atravessa, originando a curto prazo fadiga térmica e decréscimo da resistência de isolamento.

- Interferências nas medições

A corrente harmônica presente na canalização elétrica da miniprodução, pode afetar a capacidade de leitura dos equipamentos de medição, visto que a medição se baseia na leitura da tensão e na leitura da corrente. Portanto, se existir uma distorção entre a corrente e a tensão, o cálculo será distorcido, causando deficiência no funcionamento dos equipamentos. Esta anomalia provoca dificuldade na entrada em funcionamento dos inversores, e de desgaste acentuado na eletrônica de potência dos mesmos devido ao trabalho excessivo de comutação. Os equipamentos de contagem de energia exportada para a RESP podem também eles ser afetados e influenciados pela contagem.

- Ressonância

Numa grande parte das instalações elétricas particulares, a compensação de energia reativa ou não existe ou, mais grave ainda, é deficiente, sendo por isso verificado um valor médio do fator de potência abaixo do valor desejado (entre 0,97 a 1), este fator associado à presença de harmônicos na instalação elétrica provoca ressonância LC tendo como efeito a amplificação da corrente harmônica que por sua vez tende para a miniprodução provocando as anomalias já referidas.

A compensação do fator de potência deficiente provoca ainda em algumas situações sobre elevação da tensão para valores extrarregulamentares.

Todas estas anomalias, possuem um efeito nefasto na central de miniprodução, provocando saídas de serviço, dificuldade de entrada em serviço, desgaste e destruição das canalizações e proteções e adulteração das medições de energia exportada para a RESP, causando graves perdas financeiras e afetando gravemente a rentabilidade da miniprodução.

3. Casos de estudo

Existem alguns casos de estudo como suporte a este artigo, alguns dos quais iremos apresentar para que se japerceptível o impacto real destas anomalias na rentabilidade das centrais fotovoltaicas de miniprodução e a influência da qualidade de energia no ponto de interligação com a RESP.

3.1. Instalação industrial com miniprodução

A figura 5 mostra a instalação com miniprodução.



Figura 5. Central de miniprodução

Nestes casos práticos pretende-se demonstrar o impacto das cavas de tensão como origem na RESP. Como o nível de contagem do consumo é em Média Tensão (figura 6), o ponto de interligação da miniprodução com a RESP é em Média Tensão, o que por si só, elimina a possibilidade de interferência da instalação de consumo na miniprodução, no entanto devido à necessidade de instalação do relé de proteção da interligação e à sua regulação muito exigente

pelos distribuidores, esta instalação apresenta saídas de serviço sempre que ocorre uma cavada de tensão na rede elétrica de Média Tensão.



Figura 6. Posto de transformação de miniprodução

Caraterização da Instalação			
Tipo de Ligação:	Ligação em Média Tensão através de Posto de Transformação de 1200kVA		
Nível da Contagem:	A Contagem de Energia Consumida é em Média Tensão		
Tipo de Instalação	Tipo de cargas	Estado de Conservação da Instalação Elétrica	Compensação da Energia Reativa
Indústria Metalomecânica	Máquinas de Corte de Chapa	Em excelente estado. Sujeita a manutenção preventiva. Bem dimensionada	O quadro de compensação de Energia Reativa é atual e bem dimensionado
	Desenroladores Industriais		
	Pontes Rolantes		
	Iluminação Fluorescente com balastro eletrónico		
	Variadores de Velocidade		

Quadro 1: Quadro de características da instalação elétrica particular de consumo

Caraterização da miniprodução	
Tipo de Ligação:	Ligação em Média Tensão através de Posto de Transformação de 250kVA
Nível da Contagem:	A Contagem de Energia Exportada é em Média Tensão
Potência Instalada:	315 kVA - Fotovoltaico
Potência de Ligação:	250 kVA (Transformador Seco) (248 kVA em Inversores)
Quantidade de Inversores	17 Inversores de Rede (16 un de 15 kVA e 1 un de 8 kVA)

Quadro 2: Quadro de características da instalação elétrica de miniprodução

4. Análise Técnico-económica

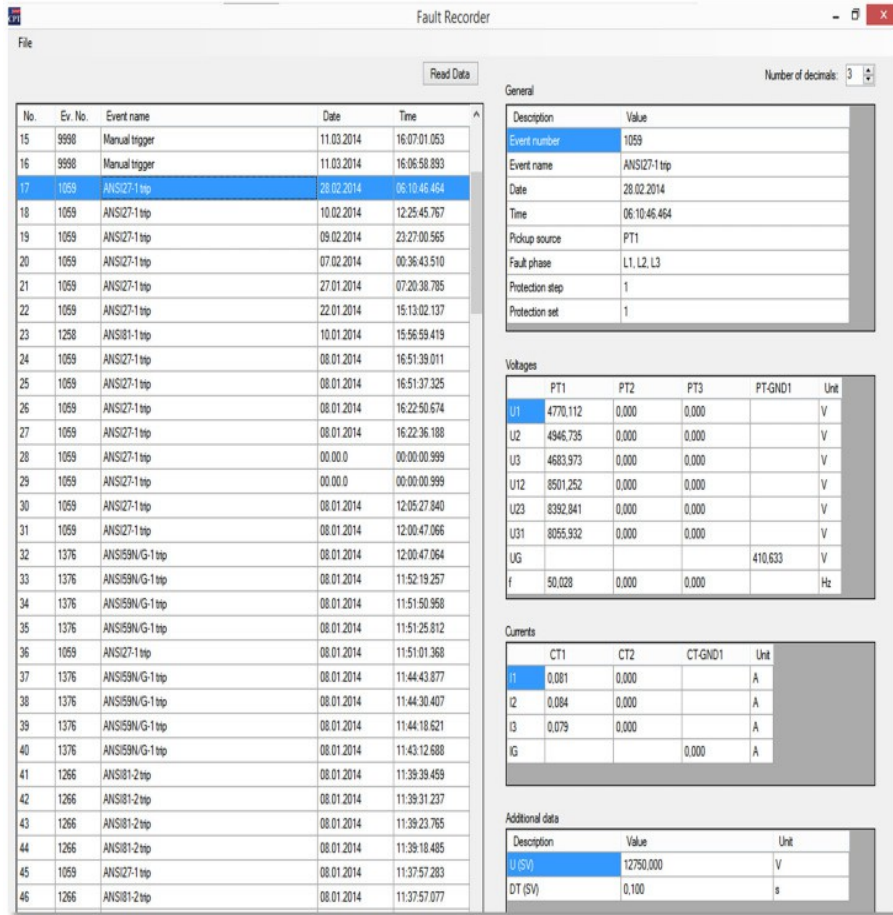


Figura 7. Cava de tensão registada pelo relé de proteção da interligação

2014	
Mês	N.º de Dias de Não Produção
Janeiro	2
Fevereiro	4
2015	
Mês	N.º de Dias de Não Produção
Janeiro	3
Abril	1
TOTAL	10

Quadro 3. Número de dias sem produção devido às cavas de tensão

Quantificados os dias de Não Produção registados no quadro 3, para calcular o prejuízo financeiro, é necessário consultar a tabela de produção prevista que serve de base de cálculo ao investimento.

Fixed system: inclination=30°, orientation=0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	736.00	22800	3.13	97.1
Feb	812.00	22700	3.52	98.5
Mar	1150.00	35800	5.17	160
Apr	1160.00	34700	5.28	158
May	1300.00	40200	5.95	185
Jun	1380.00	41400	6.43	193
Jul	1380.00	42900	6.48	201
Aug	1390.00	43100	6.56	203
Sep	1230.00	36900	5.72	172
Oct	992.00	30800	4.46	138
Nov	713.00	21400	3.09	92.6
Dec	610.00	18900	2.59	80.3
Yearly average	1070	32600	4.87	148
Total for year	391000			1780

Quadro 4. Quadro de produção prevista

Mês	N.º de Dias de Não Produção	Produção Estimada/Dia (kWh)	Produção Estimada Perdida/Mês (kWh)	Tarifa Contratada (€/kWh)	Produção Estimada Perdida/Dia (€)
jan/14	2	736	1472	0,25 €	367,85 €
fev/14	4	812	3248		811,68 €
jan/15	3	736	2208		551,78 €
abr/15	1	1160	1160		289,88 €
TOTAL	10	Total Não Produção (MWh)	8		

Quadro 5. Quadro de cálculo de perdas de produção

Somado a estes custos a mão de obra das deslocações para reposição de serviço, obtemos para estas casas de estudo uma penalização de cerca de 3% na recuperação do investimento (quadro 6).

	Custo (€)	Rendimento Estimado (€)	Peso Parcial (%)	Total de Perdas (%)
Não Produção	1 179,00 €	97 750,00 €	1,21%	2,87%
Mão-de-obra	1 630,00 €		1,67%	

Quadro 6. Total das perdas referentes a esta anomalia

Soluções

A resolução prática desta anomalia, passa por alterar o tempo de análise do relé de proteção de interligação, no entanto esta medida não é aceite pelo distribuidor, posto isto, de forma a minimizar o impacto, inibiu-se o disparo da proteção da interligação do lado da média tensão, permitindo com isto eliminar a necessidade de deslocação de uma equipa especializada para a religação do central, diminuindo de forma expressiva as perdas por não produção.

3.2. Instalação de Serviços com miniprodução

Neste tipo de instalações, em algumas de estudo em particular, a instalação de utilização é bastante antiga, não existindo manutenção preventiva nem melhoria contínua. Esta instalação possui graves problemas de qualidade de energia, que por sua vez interferiram gravemente como funcionamento e exploração da central fotovoltaica de minigeração a ela interligada.



Figura 8. Central fotovoltaica de minigeração em edifício de serviços (Ensino)

Caraterização da Instalação			
Tipo de Ligação:	Ligação em Baixa Tensão através de Posto de Transformação de 430kVA		
Nível da Contagem:	A Contagem de Energia Consumida é em Baixa Tensão		
Tipo de Instalação	Tipo de cargas	Estado de Conservação da Instalação Elétrica	Compensação da Energia Reativa
Industria Metalomecânica	Servidores Informáticos	Bastante degradada Não sujeita a manutenção preventiva	O quadro de compensação de Energia Reativa é bastante antigo e não se encontra ajustado à realidade atual da instalação
	Computadores		
	UPS	Canalizações antigas e sobrecarregadas	
	Iluminação Fluorescente com balastro eletrónico		
	Impressoras		

Quadro 7. Quadro de caraterísticas da instalação elétrica particular de consumo

Caraterização da miniprodução	
Tipo de Ligação:	Ligação em Baixa Tensão
Nível da Contagem:	A Contagem de Energia Exportada é em Baixa Tensão
Potência Instalada:	154,25 kVA - Fotovoltaico
Potência de Ligação:	116 kVA
Quantidade de Inversores	8 Inversores de Rede (7 un de 15 kVA e 1 un de 11 kVA)

Quadro 8. Quadro de caraterísticas da instalação elétrica de miniprodução

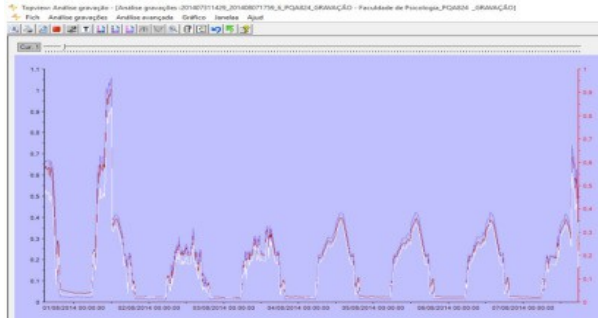


Figura 9. Harmônicos de corrente de 3.ª ordem

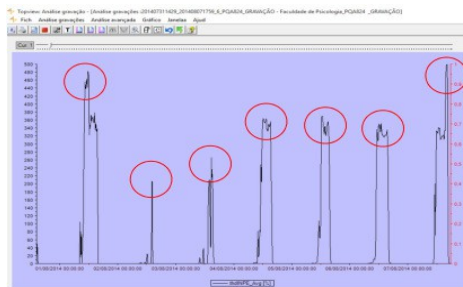


Figura 10. THDI no condutor de neutro

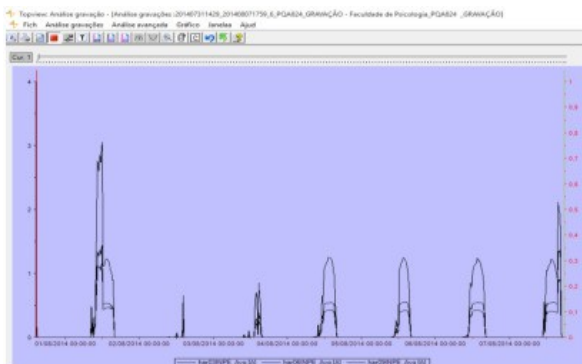


Figura 11. harmônicos múltiplos de 3 no condutor de neutro

Mês	N.º de Dias de Não Produção
Maio	0
Junho	30
Julho	27
Agosto	26
Setembro	7
TOTAL	90

Quadro 9. Número de dias sem produção devido aos disparos intempestivos provocados pela poluição harmónica

Quantificados os dias de Não Produção registados no quadro 9, para calcular o prejuízo financeiro, é necessário consultar a tabela de produção prevista que serve de base de cálculo ao investimento.

Fixed system: Inclination=30°, orientation=20°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	180.00	5590	3.26	101
Feb	197.00	5510	3.63	102
Mar	282.00	8740	5.29	164
Apr	282.00	8460	5.38	161
May	314.00	9740	6.03	187
Jun	331.00	9940	6.50	195
Jul	342.00	10600	6.75	209
Aug	336.00	10400	6.66	207
Sep	300.00	9000	5.89	177
Oct	248.00	7670	4.72	146
Nov	175.00	5250	3.28	98.5
Dec	163.00	5040	2.98	92.4
Yearly average	263	8000	5.04	153
Total for year		95900		1840

Quadro 10. Quadro de produção prevista

Penalizações	Custo (€)	Rendimento Estimado (€)	Peso Parcial (%)	Total de Perdas (€)	Total de Perdas (%)
Não Produção	7 497,00 €	23 750,00 €	31,57%	9 924,13 €	41,79%
Equipamentos	1 577,13 €		6,64%		
Mão-de-obra	850,00 €		3,58%		

Quadro 11. Quadro de cálculo de perdas de produção

Somado a estes custos a mão de obra das deslocações para reposição de serviço e os materiais de substituição necessários para reparos danificados, obtemos para este caso de estudo uma penalização de cerca de 41.79% na recuperação do investimento (quadro 12).

Mês	N.º de Dias de Não Produção	Produção Estimada/Dia (kWh)	Produção Estimada Perdida/Mês (kWh)	Tarifa Contratada (€/kWh)	Produção Estimada Perdida/Mês (€)
Maio	0	314	0	0,2499 €	0,00 €
Junho	30	331	9930		2 481,51 €
Julho	27	342	9234		2 307,58 €
Agosto	26	336	8736		2 183,13 €
Setembro	7	300	2100		524,79 €
TOTAL	90	Total Não Produção (MWh)	30		7 497,00 €

Quadro 12. Quadro de cálculo de perdas de produção

Soluções

Na prática a resolução destas anomalias passa por investimentos avultados, pois requerem um estudo mais profundo da instalação elétrica de consumo, obriga a reconfigurações da instalação e investimento em equipamentos tecnológicos e soluções de engenharia que transformariam o investimento em prejuízo a curto prazo.

De forma a minimizar a interferência da poluição harmónica na central fotovoltaica, numa primeira fase deveríamos substituir as proteções do tipo disjuntor para proteções do tipo fusível, isto porque o fusível não possui circuito magnético (bobine), com o total apresenta um elevado grau de imunidade à ação dos harmónicos de corrente. No entanto seria obrigatório, aumentar a secção das fases e igualar a secção do neutro de forma a garantir as condições de compatibilidade eletromagnética e isolamento da canalização elétrica a longo prazo. Seria importante ainda, neste caso em concreto, ajustar a compensação do fator de potência de forma a evitar a ressonância e consequente amplificação dos harmónicos de corrente na instalação elétrica particular.

4. Conclusão

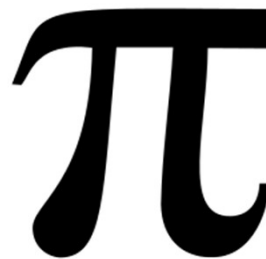
É importante sublinhar que, instalar uma mini produção numa qualquer instalação de consumo, não devem ser analisadas apenas as condições de instalação, como se percebe neste artigo, existe um risco elevado de quebras de produção provocadas pela má qualidade da rede elétrica da instalação de consumo e também, apesar de serem menor escala, da rede elétrica de distribuição, quebras que afetam técnico-financeiramente a rentabilidade das instalações e se podem até colocar em risco a segurança das instalações e utilizadores. Posto isto é importante retirar deste estudo a necessidade de avaliar estes riscos quando da análise prévia da instalação, para evitar tecnicamente o projeto de desenvolvimento das soluções a instalar, tendo em conta o tipo de instalação de consumo e o seu estado de exploração.

Neste tipo de soluções, qualquer percentagem mínima afeta a rentabilidade da mini produção, sendo uma solução com esperança de vida de 25 anos, torna-se primordial a sua exploração em harmonia com a instalação de consumo.

Bibliografia

- [1] TAVARES, Hugo—ISEP, Regimes de Neutro em Média Tensão em Subestações de Distribuição de Energia Elétrica. Porto, 2013.
- [2] ENERGIA, Portal—Energia Fotovoltaica: manual sobre tecnologias, projeto e instalação. União Europeia, 2004.
- [3] DGEG—Guia Técnico das Instalações de Produção Independente de Energia Elétrica. Lisboa, 2009.
- [4] SCHNEIDER—Qualidade de Energia, Harmónicas. Brasil, 2003.
- [5] XU, Xiao-yan, HUANG, Yue-hui, LIU, Chun, WANG, Wei-sheng—Impact of Dispersed PV Generation on Voltage Rise of Distribution Grid, 2010.
- [6] ERSE —Manual de Procedimentos da Qualidade de Serviço do Setor Elétrico, 2013.
- [7] EDP, ISR—Manual da Qualidade da Energia Elétrica, 2005.
- [8] ISE—Aspectos Gerais da Qualidade de Energia, 2012
- [9] ERSE—Regulamento da Qualidade de Serviço do Setor Elétrico, 2013.

Notas soltas:



$\pi = 3,14159265358979323846264338327950288419716939937510582097494459230781640628620899862803482534211706798214808651328230664709384460955058223172535940812848111745028410270193852110559644622948954930381964428810975665933446128475648233786783165271201909145648566923460348610454326648213393607260249141273$

(Aproximação do número pi até a tricentésima casa decimal)

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

ELEVADORES

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



www.schmitt-elevadores.com



COLABORARAM NESTA EDIÇÃO :



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.



Carlos André Rodrigues da Silva

1030399@isep.ipp.pt

Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto.
Diretor Técnico de Projeto e Gestão de Centrais Fotovoltaicas da empresa CAPA.



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, Controlo de Processos Industriais e em Sistemas de Aquecimento e Tração 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 túneis rodoviários. A Tecnisis tem 25 anos de atividade em Portugal com milhares de aplicações em todos os segmentos da indústria.
www.tecnisis.pt



Diogo Filipe Pinto Dantas Soares

diogodantas.soares@gmail.com

Licenciado e Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia, pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto.
Estagiário na EDPP Produção, Direção de Gestão de Obras – Gestão de Obras e Equipamentos (DGO–GOEQ), desde Junho 2015.



Fernando Jorge Justo Taveira Barrias

1070157@isep.ipp.pt

Licenciado e Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia, pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto.
Realizou um estágio curricular na empresa SKK – Refrigeração e Climatização, Lda sobre a temática da eficiência energética nos sistemas de refrigeração, resultando na dissertação de mestrado.



Fernando Mauricio Teixeira De Sousa Dias

fmd@isep.ipp.pt

Doutor em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, na Área Científica de Sistemas Elétricos de Energia. Título de Especialista na área de Eletricidade e Energia.
Professor Adjunto no Instituto Superior de Engenharia do Porto, departamento de Engenharia Eletrotécnica.
Diretor da Revista ELEVARE da área de equipamentos de elevação. Membro da Comissão Técnica CT-63 Ascensores e Montagem de Cargas. Presidente da Assembleia Geral da ONG Engenho & Obra.

COLABORARAM NESTA EDIÇÃO :

Henrique Nuno Baptista Gonçalves

ngoncalves@gmail.com

Doutoramento em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores.

Desde 2015 até à data: Engenheiro – Pesquisa, Desenvolvimento e Certificação, WEGeuro-Indústria Eléctrica, S.A.. De 2009 a 2014, Investigador Auxiliar no Grupo de Eletrónica de Potência e Energia – Centro Agoriti – Universidade do Minho. De 2006 a 2009, Professor de Informática, Ministério da Educação – Direção Regional de Educação do Norte. De 1999 a 2006, Docente no Instituto Politécnico de Bragança – Departamento de Eletrotécnica. De 1998 a 1999, Investigadora na EFACEC Universal Motors S.A. – Departamento de Estudos Estratégicos.



Horst Huldreish Ardila Hamada Marques

ho_huldreish@hotmail.com

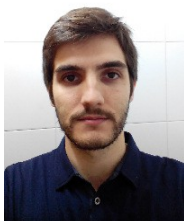
Brasileiro, ingressou entre os 5 primeiros alunos no curso técnico de mecânica em 2008, na Escola Técnica Estadual Prof. Basílio de Godoy. Formado com bolsa de estudos integral em Engenharia Elétrica – Sistemas de Potência, Energia e Automação pela Universidade Presbiteriana Mackenzie, UPM, ganhou prêmios pela 3ª melhor média geral do curso e 3º melhor Trabalho de Conclusão de Cursos dos formandos daquele semestre. Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto, ISEP, foi o 1º aluno deste curso a concluir o acordo bilateral de Dupla Titulação celebrado entre UPM e ISEP, fazendo uma dissertação conjunta com orientadores brasileiro e português. Atualmente, trabalha como Engenheiro de Compras na Siemens LTDA."



João Paulo Pinto

jpp@skk.pt

Licenciado em Eng. Mecânica na FEUP, tem um DES pelo Institut Français du Pétrole, um MBA pelo então Instituto Superior de Estudos Empresariais da Universidade do Porto tendo realizado várias formações executivas em diversas escolas, em particular, em Harvard, MIT e Insead. Depois de ter sido consultor na Accenture, esteve 18 anos no Grupo Sonae onde foi administrador de várias empresas, em vários setores de atividade e em vários países. Em Março de 2014 fundou a SKK, Lda empresa da qual é CEO



José Eduardo Mendes Saavedra De Pinho

1060398@isep.ipp.pt

Frequentou a Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia (LEE-SEE) no Instituto Superior de Engenharia do Porto – Instituto Politécnico do Porto (ISEP/IPP), tendo completado o grau em 2014/2015. As suas áreas de interesse estão vocacionadas para as telecomunicações, bem como energias renováveis.



José Ricardo Teixeira Puga

jtp@isep.ipp.pt

Doutoramento em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores.

Professor da unidade curricular de Eletromagnetismo, no Instituto Superior de Engenharia do Porto. Detém ainda responsabilidades de vice-diretor da Licenciatura de Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia e de Vice-Diretor do Centro de Prestação de Serviços – TID.



Luis Ricardo Matos Cunha Vianade Carvalho

luiscunhacarvalho@gmail.com

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, e Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto. Desde Outubro de 2015 que desempenha funções na Schneider Electric Portugal, como Field Sales Specialist Engineer.

COLABORARAM NESTA EDIÇÃO :



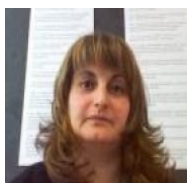
Manuel Bolotinha manuelbolotinha@gmail.com
Licenciou-se em 1974 em Engenharia Eletrotécnica no Instituto Superior Técnico, onde foi Professor Assistente.
Tem desenvolvido a sua atividade profissional nas áreas do projeto, fiscalização e de obra e gestão de contratos de empreitadas de instalações elétricas, não só em Portugal, mas também em África, na Ásia e na América do Sul.
Membro Sênior da Ordem dos Engenheiros e Membro da Cigré, é também Formador Profissional, credenciado pelo IEF, conduzindo cursos de formação, de cujos manuais é autor, em Portugal, África e Médio Oriente.



Manuel João Dias Gonçalves mdg@isep.ipp.pt
Licenciado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
Exerce funções docentes no Instituto Superior de Engenharia, na categoria de Professor Adjunto, no Departamento de Engenharia Eletrotécnica.



Marco Aurélio Rios da Silva masi@isep.ipp.pt
Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia (MEESEE) no Instituto Superior de Engenharia do Porto – Instituto Politécnico do Porto (ISEP/IPP). Desde outubro de 2007 que desempenha funções no GECAD, como investigador. As suas áreas de investigação são relacionadas com gestão dos recursos energéticos distribuídos.



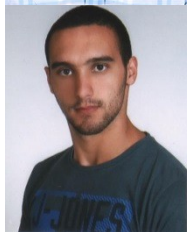
Maria Judite Madureira Da Silva Ferreira mju@isep.ipp.pt
Doutoramento em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores.
Professora de diversas unidades curriculares em Engenharia Eletrotécnica, no Instituto Superior de Engenharia do Porto. É também detentora do cargo de diretora da Licenciatura de Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia e de diretora do Centro de Prestação de Serviços – TID.



Maria Teresa Do Valle Moura Costa mco@isep.ipp.pt
Licenciada em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, recebeu o grau de Mestre em Investigação Operacional e Engenharia de Sistemas, pelo Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa e o grau de Doutora em Ciências de Engenharia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
Exerce funções docentes no Instituto Superior de Engenharia, na categoria de Professor Adjunto, no Departamento de Matemática. Ocupa o cargo de Diretor de Curso de Licenciatura em Engenharia de Sistemas.



Paulo Martins Vaz paulo.vaz@schneider-electric.com
Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica – Ramo de Eletrónica, Instrumentação e Computação pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
Key Account Panel Builders na Schneider Electric – Acompanhamento Técnico-Comercial Rede de Fabricantes de Quadros Elétricos, aconselhamento de produtos e soluções à escala das necessidades do mercado.



Pedro Miguel Soares Caçote 1130264@isep.ipp.pt
Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto.

COLABORARAM NESTA EDIÇÃO :



Roque Filipe Mesquita Brandão

rfb@isep.ipp.pt

Doutorem Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, na Área Científica de Sistemas Eléctricos 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 eletrotécnica.



Sérgio Filipe Carvalho Ramos

scr@isep.ipp.pt

Doutorado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores pelo Instituto Superior Técnico de Lisboa. Docente do Departamento de Engenharia Eletrotécnica do curso de Sistemas Eléctricos de Energia do Instituto Superior de Engenharia do Porto. Prestação, para diversas empresas, de serviços de projeto de instalações elétricas, telecomunicações e segurança, formação, assessoria e consultoria técnica. Investigador no GECAD (Grupo de Investigação em Engenharia e Computação Inteligente para a Inovação e o Desenvolvimento), do ISEP.



Sérgio Manuel Correia Vieira

1110096@isep.ipp.pt

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia no ISEP (2015). Estágio curricular no GECAD onde desenvolveu uma aplicação de auxílio ao dimensionamento de redes de cabo coaxial nas ITUR Privadas (2015). Aluno do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia no ISEP. Curso Profissional de Técnico de Instalações Eléctricas na Escola Secundária Carlos Amarante em Braga (2011). Estágio na empresa OTISE Elevadores, delegação de Braga, na área de manutenção e reparações de elevadores (2011).



Silvana Mafaldada Silva Rocha

1131360@isep.ipp.pt

Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia no Instituto Superior de Engenharia do Porto – Instituto Politécnico do Porto (ISEP/IPP). Licenciada em Ciências de Engenharia – Perfil de Engenharia Eletrotécnica na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP). As suas áreas de interesse estão vocacionadas para as energias renováveis e sistemas eléctricos de energia.



Teresa Alexandra Ferreira Mourão Pinto Nogueira

(tan@isep.ipp.pt)

Doutoramento em Engenharia Eletrotécnica e uma experiência de 20 anos de docência no ISEP. Desde 2010 é diretora do curso de mestrado em Eng.ª Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia. Áreas de trabalho: mercados de eletricidade, energias renováveis, eficiência energética e qualidade de serviço eléctrico.
Trabalhou 5 anos como projetista de máquinas elétricas: transformadores e aparelhos elétricos.

