

# NEUTRO À TERRA

Revista Técnico-Científica | Nº12 | Dezembro de 2013

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

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

Professor Doutor José Beleza Carvalho



**Máquinas Elétricas**  
Pág.5



**Energias Renováveis**  
Pág. 11



**Instalações Elétricas**  
Pág. 29



**Telecomunicações**  
Pág. 45



**Segurança**  
Pág. 51



**Eficiência Energética**  
Pág.55



**Automação Domótica**  
Pág. 61

---

## Índice

---

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

## FICHA TÉCNICA

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

## Estimados leitores

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

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

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

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

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

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

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

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

Porto, dezembro de 2013

José António Beleza Carvalho

## A TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA DE PELÍCULA FINA.

### AFINAL COMO ESTAMOS?

#### 1. Introdução

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

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

#### 2. Células fotovoltaicas de película fina

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

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

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

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



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



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



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

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

- inorgânicas;
- orgânicas;
- híbridas.

### 2.1 Células inorgânicas

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

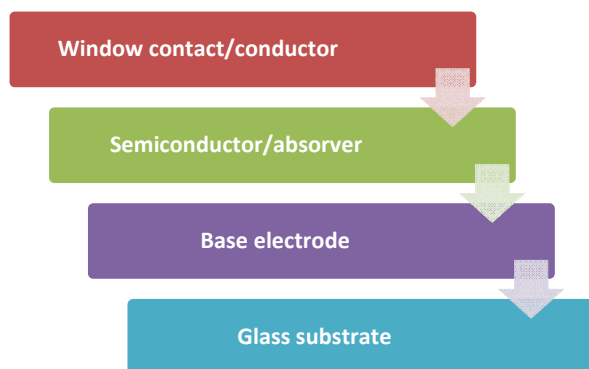


Figura 4 - Estrutura básica de uma célula de película fina [5]

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

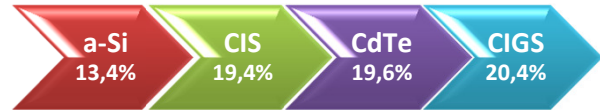


Figura 5 - Ranking de eficiência das tecnologias inorgânicas (laboratório) [1, 7, 8]

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

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

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

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

## 2.2 Células orgânicas

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

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

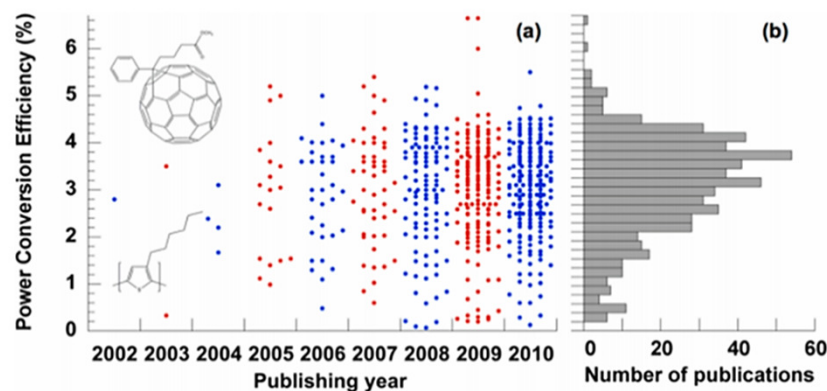


Figura 6 - Distribuição das publicações até 2010 sobre células OPV e a eficiência de conversão reportada. Adaptado de [11]

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

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

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

## 2.3 Células Híbridas

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

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

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

### 3. Posição e Evolução no Mercado

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

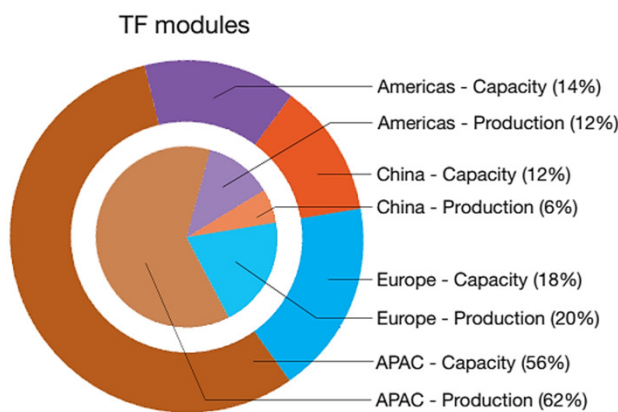


Figura 7 - Capacidade de e produção a nível mundial de TFPC em 2012 [3]. APAC - Asia Pacific Region

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

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

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

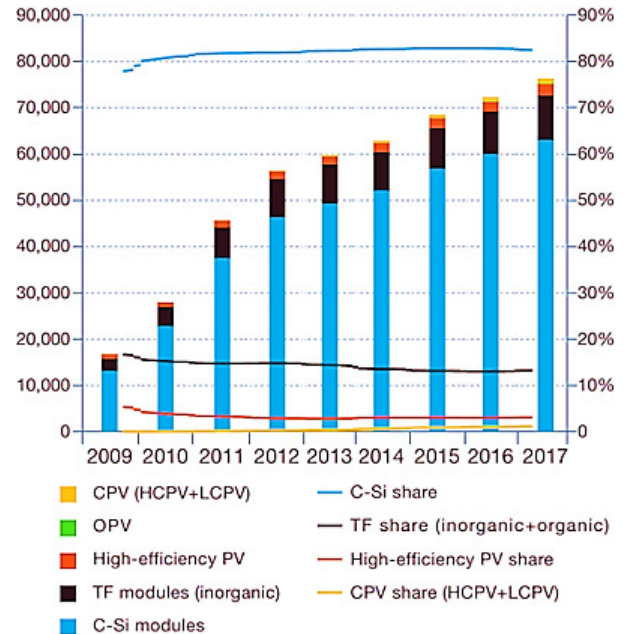


Figura 8 - Evolução do mercado até 2012 e previsão de evolução até 2017 ao nível das diferentes tecnologias fotovoltaicas [3]

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

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



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

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

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

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

#### 4. Conclusão

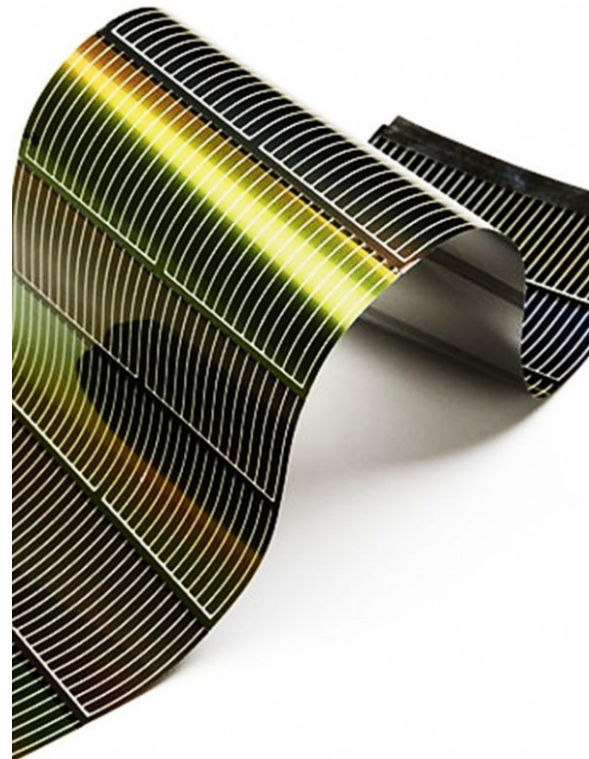
O facto de os custos atuais de produção de painéis tradicionais atingirem mínimos históricos, nomeadamente no que diz respeito aos fabricantes chineses, aliado à saturação do mercado, minoram a taxa de crescimento no mercado dos painéis solares de filmes finos.

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

#### 5. Bibliografia

1. SERIS. Solar cell technologies – present and future. 2011 10-10-2013]; Available from:  
  
[http://www.seris.sg/Upload/Item/Presentation/Presentation%202011/pdf\\_Lu\\_Japan\\_photonic\\_oct2010-data.pdf](http://www.seris.sg/Upload/Item/Presentation/Presentation%202011/pdf_Lu_Japan_photonic_oct2010-data.pdf).
2. Hoffmann, W. and T. Pellkofer, Thin films in photovoltaics: Technologies and perspectives. *Thin Solid Films*, 2012. 520(12): p. 4094-4100.
3. Masson, G., et al., *Global Market Outlook*, 2013.
4. Green, M.A., Third generation photovoltaics: solar cells for 2020 and beyond. *Physica E-Low-Dimensional Systems & Nanostructures*, 2002. 14(1-2): p. 65-70.
5. Pagliaro, M., G. Palmisano, and R. Ciriminna, *Flexible Solar Cells*. 2008: Wiley.
6. GIFFORD, J. A thin film frontier. 2011 14-09-2013]; Available from:  
  
[http://www.pvmagazine.com/archive/articles/beitrag/a-thinfilmmfrontier\\_100004102/86/?tx\\_ttnews%5BbackCat%5D=174&cHash=dd2884118f39454bcf75d0044489cdcf#a xzz2gmV4eTDc](http://www.pvmagazine.com/archive/articles/beitrag/a-thinfilmmfrontier_100004102/86/?tx_ttnews%5BbackCat%5D=174&cHash=dd2884118f39454bcf75d0044489cdcf#a xzz2gmV4eTDc).
7. GIFFORD, J. Solar Frontier achieves CIGS "cells" at 19.7%. 2013 26-10-2013]; Available from:  
  
[http://www.pvmagazine.com/news/details/beitrag/solar-frontier-achieves-cigs-cells-at-197\\_100009746/#axzz2HZvLPps2](http://www.pvmagazine.com/news/details/beitrag/solar-frontier-achieves-cigs-cells-at-197_100009746/#axzz2HZvLPps2).

8. NREL. Best Research-Cell Efficiencies. 2012 13-10-2013]; Available from:  
  
[http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency\\_chart.jpg](http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg).
9. Eisenberg, D.A., et al., Comparative alternative materials assessment to screen toxicity hazards in the life cycle of CIGS thin film photovoltaics. *Journal of Hazardous Materials*, 2013. 260(0): p. 534-542.
10. Kim, M.-S., Understanding Organic Photovoltaic Cells: Electrode, Nanostructure, Reliability, and Performance, in *Materials Science and Engineering 2009*, University of Michigan. p. 130.
11. Leber, J. A Solar Startup that Isn't Afraid of Solyndra's Ghost. 2012; Available from:  
  
<http://www.technologyreview.com/news/429347/a-solar-startup-that-isnt-afraid-of-solyndras-ghost/>.
12. Heliatek. Heliatek consolidates its technology leadership by establishing a new world record for organic solar technology with a cell efficiency of 12%. 2013 24-10-2013]; Available from:  
  
[http://www.heliatek.com/newscenter/latest\\_news/neuer-weltrekord-fur-organische-solarzellen-heliatek-behauptet-sich-mit-12-zelleffizienz-als-technologiefuehrer/?lang=en](http://www.heliatek.com/newscenter/latest_news/neuer-weltrekord-fur-organische-solarzellen-heliatek-behauptet-sich-mit-12-zelleffizienz-als-technologiefuehrer/?lang=en).
13. Fusion, D. Organic Solar Cells: Electron Spin Control Shows Promise. 2013 08-10-2013]; Available from:  
  
<http://www.solarfeeds.com/organic-solar-cells-electron-spin-control-shows-promise/>
14. Luber, E.J. and J.M. Buriak, Reporting Performance in Organic Photovoltaic Devices. *ACS Nano*, 2013. 7(6): p. 4708-4714.
15. Liu, M., M. Johnston, and H. Snaith, Efficient planar heterojunction perovskite solar cells by vapour deposition. *Nature*, 2013. 501(7467).
16. Rinaldi, N. Solar PV Module Costs to Fall to 36 Cents per Watt by 2017. 2013 12-09-13]; Available from:  
  
<http://www.greentechmedia.com/articles/read/solar-pv-module-costs-to-fall-to-36-cents-per-watt>.
17. Bullis, K. Is Thin-Film Solar Dead? 2012 08-10-2013]; Available from:  
  
<http://www.technologyreview.com/news/429497/is-thin-film-solar-dead/>
18. Mints, P. The commercialization of thin film technologies: Past, present and future. in *Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 2010 35th IEEE*. 2010.
19. Whytock, P. Organic Photovoltaics: A Bright Idea That Needs More Blue-Sky Thinking. 2013 14-10-2013]; Available from:  
  
<http://electronicdesign.com/blog/organic-photovoltaics-bright-idea-needs-more-blue-sky-thinking>.



## COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



**Ana Paula de Freitas Assis Antunes**

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

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

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

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

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



### **Top Informática, Lda.**

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



**António Augusto Araújo Gomes**

[aag@isep.ipp.pt](mailto:aag@isep.ipp.pt)

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

Docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999. Coordenador de Obras na CERBERUS - Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999. Prestação, para diversas empresas, de serviços de projeto de instalações elétricas, telecomunicações e segurança, formação, assessoria e consultoria técnica. Investigador do GECAD (Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão), do ISEP, desde 1999.



**António Manuel Luzano de Quadros Flores**

[aqf@isep.ipp.pt](mailto:aqf@isep.ipp.pt)

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

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

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

Docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1993;

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



**Carlos Alberto Gomes Resende**

[1120937@isep.ipp.pt](mailto:1120937@isep.ipp.pt)

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

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



**Daniel Filipe da Silva Paiva**

[danielfspaiva@gmail.com](mailto:danielfspaiva@gmail.com)

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

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

Bolseiro de Investigação em Eficiência Energética, GECAD, ISEP.

## COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



**Fábio Emanuel dos Santos Nogueira**

**1130258@isep.ipp.pt**

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



**Fábio Joel Gouveia Pereira**

**1100343@isep.ipp.pt**

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



**José Caldeirinha**

**jose.caldeirinha@certiel.pt**

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



**CERTIEL – Associação Certificadora de Instalações Elétricas**

**Paulo Alexandre Caldeira Branco**

**paulo.branco@pt.abb.com**

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



**ABB, S.A.**

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



**Roque Filipe Mesquita Brandão**

**rfb@isep.ipp.pt**

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



**Sérgio Filipe Carvalho Ramos**

**scr@isep.ipp.pt**

Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, na Área Científica de Sistemas Elétricos de Energia, pelo Instituto Superior Técnico de Lisboa. Aluno de doutoramento em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores no Instituto Superior Técnico de Lisboa. Docente do Departamento de Engenharia Eletrotécnica do curso de Sistemas Elétricos de Energia do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 2001. Prestação, para diversas empresas, de serviços de projeto de instalações elétricas, telecomunicações e segurança, formação, assessoria e consultoria técnica. Investigador do GECAD (Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão), do ISEP, desde 2002.

