

Células solares para a produção de energia eléctrica[†]

Miguel C. Brito e João M. Serra

Departamento de Física da FCUL

As questões ambientais que se colocam cada vez mais com maior pertinência, aliada à previsível futura escassez de combustíveis fósseis, tem levado a um forte incremento na procura de novas formas de produção de energia eléctrica baseadas em fontes limpas e renováveis. A electricidade solar, por conversão fotovoltaica de radiação solar em energia eléctrica, é uma das formas de responder a esse grande desafio da humanidade. Neste artigo, primeiro de um conjunto de dois sobre electricidade solar, relata-se resumidamente a a história do desenvolvimento das tecnologias de células solares ao longo de mais de um século e meio.

1. Breve história das células solares

O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839 por Edmund Becquerel, que produziu uma corrente eléctrica ao expor à luz dois eléctrodos de prata num electrólito¹. Em 1877, W.G. Adams e R.E. Day construíram a primeira célula solar baseada em dois eléctrodos de selénio que produziam uma corrente eléctrica quando expostos à radiação² mas a eficiência destes sistemas era tão reduzida que o desenvolvimento de células solares realmente interessantes teve que esperar por uma compreensão mais completa dos semicondutores, até à descoberta dos transistores, por Shockley, Bardeen e Brattain³ em 1947.

Os anos que se seguiram foram o início de uma intensa actividade no desenvolvimento de células solares.

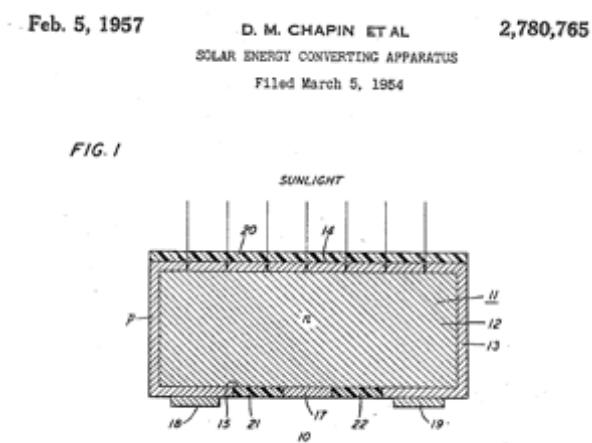


Figura 1: Extracto da patente da primeira célula solar, registada em Março de 1954 por D.M. Chapin e colaboradores do Bell Laboratories.

[†] Publicada na revista QUANTUM, nº1, 2005

¹ E. Becquerel, *Memoires sur les effets electriques produits sous l'influence des rayons*, Comptes Rendues **9** (1839) 561

² W.G. Adams, R.E. Day, *The action of light on selenium*, in Proceedings of the Royal Society, A25, 113

³ W. Shockley, *The theory of p-n junctions in semiconductors and p-n junction transistors*, Bell System Tech. Journal **28** (1949) 435; J. Bardeen, W.H. Brattain, *The transistor: a semi-conductor triode*, Physical Review **74** (1948) 230

Em Janeiro de 1954, P. Rappaport, da RCA Laboratories, publicou o primeiro artigo sobre o efeito electro-voltaico numa junção pn exposta a bombardeamento β^4 e, poucos meses depois, em Maio, D.M. Chapin e colaboradores, do Bell Laboratory, publicaram o primeiro artigo sobre células solares em silício – ao mesmo tempo que registavam a patente de uma célula com uma eficiência de 4.5%⁵.

Ao longo dos anos a eficiência das células solares foi aumentando, tendo atingido os 10% em 1959. Na época, o preço das células solares era exorbitante: a primeira célula solar disponível comercialmente custava \$25 e produzia 14mW, ou seja \$1785/W⁶. A sua utilização só podia ser economicamente competitiva em aplicações muito especiais, como por exemplo para produzir electricidade em satélites. E assim sucedeu. O primeiro satélite equipado com células solares foi lançado logo em Março de 1958: o Vanguard I, que tinha um painel com cerca de 100cm² e produzia quase 0.1W para alimentar um pequeno transmissor de 5mW. O Vanguard I esteve operacional durante 8 anos. No mesmo ano foram ainda lançados outros três satélites mantidos com células solares: o Explorer III, o Vanguard II e o Sputnik-3. E muitos outros se seguiram nas décadas seguintes.



Figura 2: Imagem do Vanguard I, o primeiro satélite com uma célula solar, foi lançado em Março de 1958 levando a bordo um pequeno painel solar com 100cm² visível na janela em cima à esquerda.

A situação mudou de figura em 1973, quando se deu o choque petrolífero. A necessidade de desenvolver tecnologias de produção de energia que não fossem baseadas nas energias fósseis levou a um investimento em larga escala, privado mas também público, em projectos e institutos I&D de tecnologias solares. Foi reconhecido então, como ainda hoje o é, que o principal obstáculo à utilização generalizada de painéis solares para produzir electricidade reside no custo, pelo que a investigação abordou todos os modos e formas de reduzir os custos e/ou aumentar a eficiência das células solares. Alguns dos exemplos dos desenvolvimentos que tiveram origem nesse período pós-choque petrolífero são a produção de silício multicristalino (significativamente mais barato que o silício monocristalino que se utilizava até então, embora a eficiência das células seja ligeiramente inferior) ou a utilização de métodos de processamento de células mais baratos (utilizando serigrafia para colocar os contactos em vez de os depositar por evaporação).

Mas o tempo foi passando, e como a tecnologia solar tardava em apresentar custos e eficiências comparáveis com as energias fósseis, enquanto novos reservatórios de petróleo eram revelados um pouco por todo o mundo, dilatando assim o período de abundância até

⁴ P. Rappaport, *The Electron-Voltaic Effect in p-n Junctions Induced by Beta Bombardment*, Phys. Rev. **93** (1954) 246

⁵ D.M. Chapin, C.S. Fuller, G.L. Pearson, *A New Silicon p-n Junction Photocell for Converting Solar Radiation into Electrical Power*, Journal of Applied Physics **25** (1954) 676; D.M. Chapin, C.S. Fuller, G.L. Pearson, *Solar Energy Converting Apparatus*, Patente US2780765

⁶ Hoffman Electronics – Semiconductor Division

às muitas dezenas de anos, e os governos continuavam a financiar a construção de centrais nucleares, o fervor solar foi esmorecendo até voltar a cair numa relativa discrição durante os anos de oitenta.

Na última década, porém, a electricidade solar voltou de novo à ribalta, desta feita com a percepção, por parte da opinião pública, primeiro, e dos governantes, depois, do impacto ambiental da utilização desenfreada do petróleo, em particular com as mudanças climáticas associadas à emissão de gases inerentes à queima dos combustíveis fósseis.

2. Presente

Em laboratório, já foram produzidas células solares de silício monocristalino com rendimento de 24.7%⁷. Estas células de alta eficiência são dispositivos que requerem uma tecnologia muito complexa como, por exemplo, processos especiais de texturização da superfície, para reduzir a reflectividade da célula, ou a criação de campos eléctricos na traseira da célula para reduzir a recombinação.

Um dos caminhos que tem sido explorado é o crescimento de silício cristalino directamente na forma de fita e não em lingotes. O processo clássico de fabrico de silício para aplicações solares consiste em crescer um cristal de silício na forma de lingote que é cortado em fatias muito finas, com cerca de 0.2–0.3mm de espessura, onde é depois processada a célula solar. Se o cristal de silício for crescido directamente na forma de uma fita já com a espessura desejada, evitam-se os custos associados ao processo de corte e reduz-se significativamente o material utilizado uma vez que se eliminam os desperdícios de material associados ao corte⁸.

Uma abordagem radicalmente nova são as células solares de materiais electrónicos orgânicos, como por exemplo polímeros semicondutores, por vezes também chamadas "soft cells"⁹. Este tipo de materiais registou um desenvolvimento impressionante nos últimos cinco anos – incluindo um Prémio Nobel da Química atribuído em 2000 pela descoberta de polímeros condutores¹⁰ – e tem um grande potencial para aplicações solares pelo muito baixo custo de fabrico, uma vez que o processo de fabrico é de rolo-para-rol. Nesta fase ainda muito preliminar de investigação, as células solares orgânicas apresentam eficiências da ordem dos 3-4%.

Uma outra componente muito relevante para a redução do custo das células solares, para além da inovação tecnológica, é o factor económico: quantas mais células forem fabricadas menor é o custo unitário. Um estudo entitulado MUSIC FM, financiado pela Comissão Europeia e publicado em 1997¹¹, mostrou que, utilizando a tecnologia actual, uma fábrica de painéis solares com um nível de produção da ordem dos 500MW anuais

⁷ J. Zhao, A. Wang, M.A. Green, F. Ferrazza, *Novel 19.8% efficient honeycomb textured multicrystalline and 24.4% monocrystalline silicon solar cell*, Applied Physics Letters 73 (1998) 1991

⁸ R. Gamboa, *Desenvolvimento de técnicas de processamento do silício para aplicação fotovoltaica*, Tese de Doutoramento, FCUL (2002)

⁹ J. Nelson, *Organic photovoltaic films*, Current Opinion in Solid State and Materials Science 6 (2002) 87

¹⁰ A.J. Heeger, A.G. MacDiarmid, H. Shirakawa, *for the discovery and development of conductive polymers* Nobel Prize in Chemistry (2000)

¹¹ T. Bruton, *et al*, *Multimegawatt upscaling of silicon and thin film solar cell and module manufacturing - MUSIC FM*, Final Report RENA-CT94-0008 (1997)

levaria a uma redução dos custos dos painéis solares para valores competitivos com a energia convencional (1€/Wp).

Esta verdade insofismável levou ao financiamento público da electricidade solar, primeiro no Japão e mais tarde em alguns países da União Europeia e nos Estados Unidos da América, nomeadamente através de programas de incentivos fiscais e subsídios diversos incluindo, muito recentemente, as chamadas “tarifas garantidas”: as pessoas instalam painéis solares nos seus telhados, não para produzir a electricidade para consumir mas para a vender, a uma tarifa garantida e subsidiada, às redes de distribuição de energia eléctrica.

O resultado prático deste tipo de incentivos foi a “explosão” do mercado da energia solar, que tem registado nos últimos anos um crescimento consolidado superior a 30% por ano.

3. Conclusões

Ao longo de mais de um século o efeito fotovoltaico passou de um interessante mas um pouco esotérico fenómeno da natureza para uma forma de produção de electricidade limpa e renovável em franca expansão a nível global. Este desenvolvimento foi conseguido através de um enorme e permanente esforço de investigação e inovação.