

Energia solar fotovoltaica de terceira geração

Por Fernando Ely e Jacobus W. Swart*

Segundo o professor Richard E. Smalley da Rice University, a energia ocupa o primeiro lugar entre os dez maiores problemas a serem enfrentados pela humanidade nos próximos 50 anos. Por exemplo, estima-se que a geração e consumo de energia elétrica passe dos aproximadamente 23 Tera kilowatt hora (TkWh) para 40 TkWh em 2040, de acordo com levantamento realizado em 2014 pelo U.S. Energy Information Administration (EIA). Globalmente, desse total cerca de 65% da energia elétrica produzida é obtida a partir da queima de combustíveis fósseis (carvão e gás natural). A busca por alternativas menos poluentes e renováveis tem aumentado grandemente a capacidade instalada de usinas solares e eólicas no mundo inteiro. Do ponto de vista prático, é possível extrair em torno de 370 TkWh a partir dos ventos. Este número bastante significativo é sensivelmente inferior ao potencial da energia solar, que gira em torno de 600 TkWh. Um caso específico da geração de energia elétrica a partir do sol são os sistemas fotovoltaicos, onde fótons são convertidos em elétrons.

Diversos fatores depõem favoravelmente à energia solar fotovoltaica, como: o alto rendimento energético por hectare (cinco vezes maior que a eólica e dez vezes maior que a cana-de-açúcar) e a alta eficiência termodinâmica. Além disso, fotovoltaicos são silenciosos, modulares, utilizam combustível gratuito e possuem baixo custo operacional e de manutenção. No entanto, dois grandes desafios necessitam ser vencidos para que a energia solar fotovoltaica atinja todo o seu potencial: o custo de geração e armazenamento da energia necessitam ser menor que os de combustíveis fósseis.

O custo por watt pode ser reduzido aumentando-se a eficiência das células solares individuais e dos painéis e ou reduzindo o custo de fabricação. Assim, as novas tecnologias precisam ser simultaneamente de alta eficiência e de baixo custo. Uma figura de mérito para isso é que se energia solar

é coletada a um custo instalado de US\$ 1 (cerca de R\$ 2,40) por W_p , então os painéis produzirão eletricidade durante a sua vida útil a um custo equivalente a US\$ 0,05 kWh-1 (aproximadamente R\$ 0,12). Esses valores seriam extremamente competitivos com os preços atuais da energia elétrica sem necessitar de qualquer subsídio.

Historicamente, silício cristalino tem sido usado como semicondutor absorvedor de luz na maioria das células fotovoltaicas. Embora, seja um fraco absorvedor de luz e necessite filmes consideravelmente espessos (centenas de micrometros) o Si representa

90% do mercado de painéis fotovoltaicos. Silício mostra-se conveniente, pois produz painéis solares estáveis com boas eficiências (11% - 18%) e usa a tecnologia desenvolvida na indústria de microeletrônica.

Alguns setores na indústria identificam diferentes “gerações” da tecnologia solar fotovoltaica, onde o silício cristalino corresponderia à primeira geração. A segunda geração é considerada aquela baseada em filmes finos inorgânicos, por exemplo: CdTe, disseleneto de cobre e índio (CIS), disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e silício amorfo (a-Si).

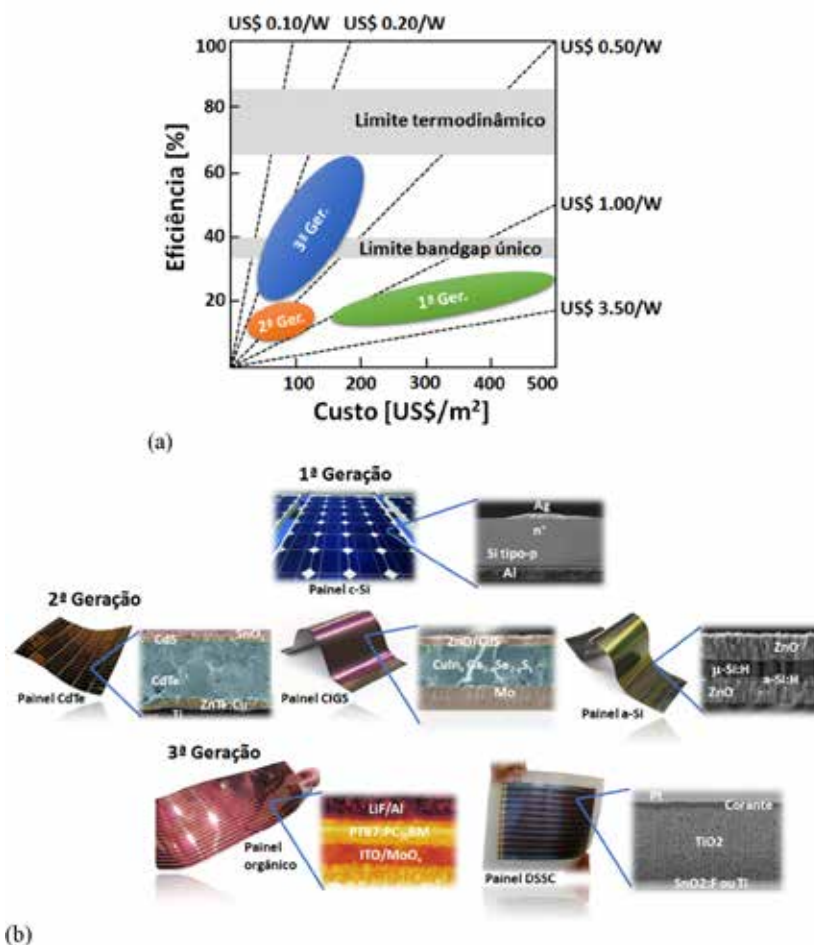


Figura 1 - (a) Análise comparativa de custo/eficiência das três gerações de fotovoltaicos. (b) Gerações de fotovoltaicos e correspondentes estruturas.

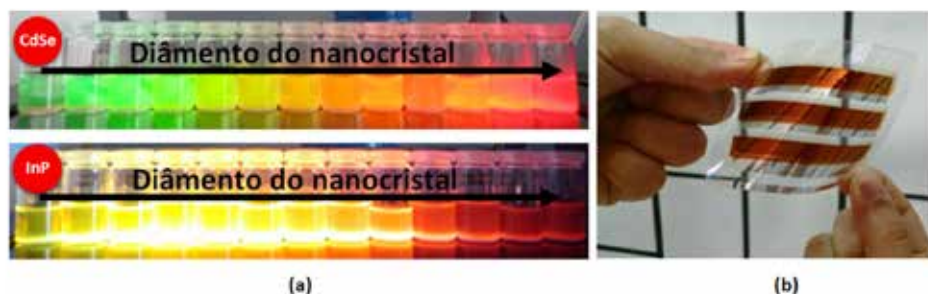


Figura 2 - (a) Nanocristais (PQs) de CdSe e InP sob iluminação UV mostrando a mudança do comprimento de onda de emissão com o aumento do diâmetro. (b) Foto digital do painel flexível impresso por jato de tinta contendo PQs de CdSe na camada ativa. Ely, F. e Greco, T., 2013, resultados não publicados.

A terceira geração é um pouco ambígua na definição de quais tecnologias são englobadas, embora haja uma tendência de incluir tecnologias orgânicas, pontos quânticos (PQs), células tandem/multi-junção, células de portadores quentes (hot carriers), células solares sensibilizadas por corantes (DSSC) e tecnologias de upconversion. Uma definição útil para a terceira geração de células solares é a seguinte: são células que permitem uma utilização mais eficiente da luz solar que as células baseadas em um único band-gap eletrônico. De forma geral, a terceira geração deve ser altamente eficiente, possuir baixo custo/watt e utilizar materiais abundantes e de baixa toxicidade. A Figura 1 mostra um diagrama que relaciona a eficiência com o custo dos painéis para as três gerações.

As células fotovoltaicas de terceira geração incluem, como já citado, as baseadas em materiais orgânicos (OPV) e aquelas que utilizam pontos quânticos (PQs). Estas células de terceira geração embora ainda careçam de eficiência de conversão exibem grande potencial e diversas vantagens sobre as tecnologias estabelecidas. Dentre essas estão o processamento de baixo custo sobre grandes áreas, possível semitransparência, flexibilidade mecânica e baixo peso. Aplicações desses dispositivos incluem equipamentos de baixa potência (eletrônica de consumo) e integração em edificações, conhecida como BIPV (do inglês, Building Integrated Photovoltaics).

No Brasil, o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Sistemas Micro e Nanoeletrônicos (Namitec) desenvolve atividades na área de fotovoltaicos de terceira geração (www.namitec.org.br). As pesquisas são realizadas na divisão de Empacotamento Eletrônico, o Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer, localizado em Campinas. O grupo tem por objetivo estabelecer uma firme base para o desenvolvimento de células solares impressas, focando em aspectos que têm impedido a sua comercialização e adoção em larga escala.

Os pesquisadores utilizam, por exemplo, técnicas avançadas de síntese química para obter nanocristais semicondutores, ou simplesmente pontos quânticos, que absorvam mais eficientemente os fótons da luz solar. PQs coloidais são minúsculos cristais com 1-10 nanômetros de diâmetro, aproximadamente o tamanho de 10 a 50 átomos. Devido ao tamanho extremamente pequeno dos cristais, dominam efeitos de confinamento quântico. Em outras palavras, é possível controlar as propriedades de absorção da luz em função do tamanho e da composição do nanocristal. A Figura 2 ilustra este comportamento extraordinário dos nanocristais e um protótipo de painel solar impresso por jato de tinta no CTI.

Atualmente, o grupo do CTI está em fase de captação de recursos privados e ampliando a área laboratorial, visando o aumento da escala de fabricação. O alvo é atingir eficiências de fotoconversão de 10%, o que poderia conduzir a um custo, em larga escala, de US\$ 0,50 por watt num curto espaço de tempo.

REFERÊNCIAS

- International Energy Outlook 2014*, Ed. U.S. Energy Information Administration. Washington (2014).
 Edward H. Sargent, *Nat. Photonics*, 2012, 6, 133-135.
 Green, M. A. *Third Generation Photovoltaics: Advanced Solar Energy Conversion*, Vol. 12. Ed. Springer Series in Photonics (2005).

* Fernando Ely possui mestrado e doutorado em Química e é, atualmente, tecnólogo Pleno III no Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), unidade do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

Jacobus Swart é engenheiro eletricista, com doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo e pós-doutorado pela Universidade Católica de Leuven, Bélgica. É professor titular da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e membro fellow do IEEE.