

FILMES DE TiO_2 E SUA APLICAÇÃO EM CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

AMARAL, Ana C¹, PORTUGAL, Eliza¹, OLIVEIRA, Itiane B¹, SANTOS, Enri A¹, FREITAS, Ivo², NOGUEIRA, Ana F², CARREÑO, Neftali L. V¹, AVELLANEDA, César O.¹

¹CDTec, Universidade Federal de Pelotas, CEP 96010-00, Pelotas, RS, Brasil;

²LNES, IQ, Unicamp, Bloco B100-105, C.P. 6154, CEP-13083-970, Campinas – SP, Brasil
anacarolina.mrl@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

O Sol sempre foi essencial à vida no planeta, entretanto, apenas na era industrial, iniciou-se o entendimento da luz solar como fonte de energia e também a percepção de que a exploração e a utilização dos combustíveis fósseis afetam o meio ambiente. A superfície da Terra recebe em média cerca de $1,2 \times 10^7$ W de potência solar, ou seja, em menos de uma hora a energia solar fornecida à Terra é suficiente para suprir toda a demanda energética da população humana durante um ano.

Quase todas as fontes de energia – hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis e energia dos oceanos – são formas indiretas de energia solar. Além disso, a radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes, e para a geração de potência mecânica ou elétrica. Pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica, por meio de efeitos sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. A conversão de energia solar em eletricidade de forma direta, a partir da utilização das propriedades fotovoltaicas de materiais adequados, é um processo de conversão de energia limpo e mais simples do que as termoelétricas, as usinas hidrelétricas, os reatores nucleares, etc. [1].

As **células fotoeletroquímicas** são sistemas heterogêneos que se baseiam no efeito fotovoltaico de uma interface semicondutor/eletrólito, ao invés de uma junção *p-n*. Nessas células, os semicondutores mais utilizados são os óxidos ZnO , WO_3 , SnO_2 e TiO_2 , que apresentam valores de E_g entre 3,2 e 3,8 eV, os quais se encontram na região do ultravioleta. Como os semicondutores têm uma resposta muito restrita de absorção da luz visível, utilizam-se corantes associados a eles. Assim, os comprimentos de onda de absorção dos fotoeletrodos são alterados a partir da sensibilização por um corante.

Uma vez que o semicondutor é insensível ao comprimento de onda da luz incidente, a molécula de corante torna-se responsável pela absorção da luz na região visível nas células solares sensibilizadas por corantes, denominadas DSSC, do inglês, *dye-sensitized solar cell*. Após a captura do fóton, a molécula de corante é excitada para um nível de energia acima do limite da banda de condução do óxido semicondutor tipo *n*. O corante excitado torna-se então capaz de injetar um elétron na banda de valência do semicondutor, tornando-se positivamente carregado nesse processo. O estado fundamental não-carregado do corante é regenerado pela reação com o eletrólito redox. O elétron injetado migra para o contato ôhmico, passa através do circuito externo, atinge o contra-eletrodo de platina, o qual regenera o par redox do eletrólito [1,2]

O esquema da Figura 1 e as Equações 1 a 4 abaixo descrevem a operação de uma célula regenerativa que converte luz em eletricidade:

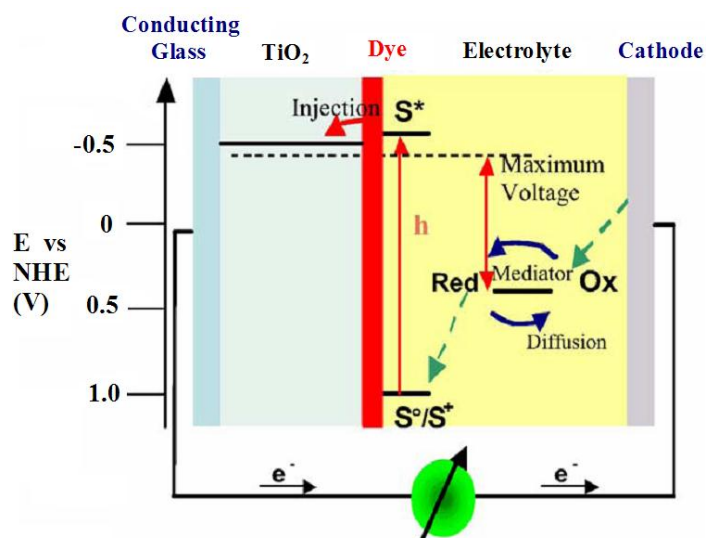
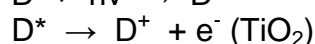


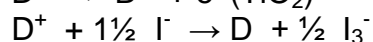
Figura 1: Esquema de funcionamento de uma célula fotoeletroquímica de TiO₂/corante nanocristalino.



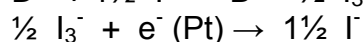
Equação 1



Equação 2



Equação 3



Equação 4

A fotoexcitação do corante D (Equação 1) resulta na injeção de um elétron na banda de condução do TiO₂ (Equação 2). D é regenerado (Equação 3) através da reação com o eletrólito, a espécie iodeto, impedindo a recaptura do elétron da banda de condução pelo corante oxidado. Já a regeneração do iodeto, I⁻, (Equação 4) ocorre através da redução do triiodeto I₃⁻ no contra-eletrodo de platina Pt. O circuito torna-se completo pela migração eletrônica através de um carregador externo. A fotovoltagem gerada sob iluminação corresponde à diferença entre a energia do nível de Fermi do elétron no sólido e o potencial redox do eletrólito [3,4].

2 METODOLOGIA (MATERIAL E MÉTODOS)

Preparo da pasta de TiO₂ a partir do óxido comercial da Degussa (P90)

A preparação da suspensão coloidal de TiO₂ foi realizada de acordo com o procedimento usado no Hahn-Meitner Institut em Berlin, Alemanha.

A pasta coloidal foi preparada pela mistura de 3g de TiO₂ (Degussa P90) e 1,2g de PEG 20.000 (que evita rachaduras no filme durante o aquecimento) com 5 mL de água destilada e 100 µL de acetilacetona (que impede a formação de aglomerados). A mistura é feita com almofariz e pistilo por aproximadamente 30 minutos. Finalmente 50 µL do tensoativo Triton-X (que facilita o espalhamento da pasta sobre o substrato), são lentamente adicionados à mistura, a qual prossegue por mais 10 minutos. A pasta é armazenada em um recipiente bem fechado e sob proteção da luz. Adiciona-se um agitador magnético e a pasta é agitada cerca de 30 minutos antes da sua utilização [3].

Preparação do filme de TiO₂

Os fotoeletrodos são compostos por um substrato condutor transparente revestido pelo óxido semiconductor TiO₂ nanoestruturado.

Para preparação dos filmes do óxido foi utilizada a pasta TiO_2 pelo método *doctor blading* em um vidro recoberto com um substrato condutor transparente FTO. Antes do recobrimento dos substratos de vidro condutor FTO com as dispersões de TiO_2 , estes são lavados com detergente e depois imersos em isopropanol por 15 min em banho de ultra-som para a sua limpeza. Fitas adesivas (Scotch Magic Tape 3M/Espessura: 50 μm) foram colocadas previamente sobre o substrato condutor, paralelamente e distanciadas a aproximadamente 1cm, para controlar a espessura dos filmes. Após secos, receberam tratamento térmico de 450°C por 30 minutos com velocidade de aquecimento de 10 °C por minuto em forno EDG modelo 3000.

Sensibilização do filme pelo corante

Foi utilizado o corante $\text{RuL}_2(\text{NCS})_2$ da Solaronix, onde L =2,2'-bipiridina-4,4'-ácido dicarboxílico. Os filmes de TiO_2 foram recobertos com uma monocamada do corante pela imersão durante 18 horas em solução $1,2 \times 10^{-3} \text{ molL}^{-1}$ do corante em etanol. Posteriormente, os eletrodos foram lavados com o respectivo solvente e deixados secar no escuro em atmosfera ambiente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os dispositivos preparados com os filmes usando a pasta de TiO_2 P90 (Evonik) é apresentada a curva de corrente em função do potencial (I–V) na Figura 2, sobre irradiação de 100 mW cm^{-2} . Existem trabalhos que sugerem que o formato da curva I-V para as células de Gratzel é dependente da intensidade de irradiação, porque o fluxo de elétrons através do filmes de óxido nanoestruturado também depende deste fator. A tabela 1 apresenta os valores dos parâmetros da DSSC para diferentes intensidades de 100 e 10 mW cm^{-2} , respectivamente.

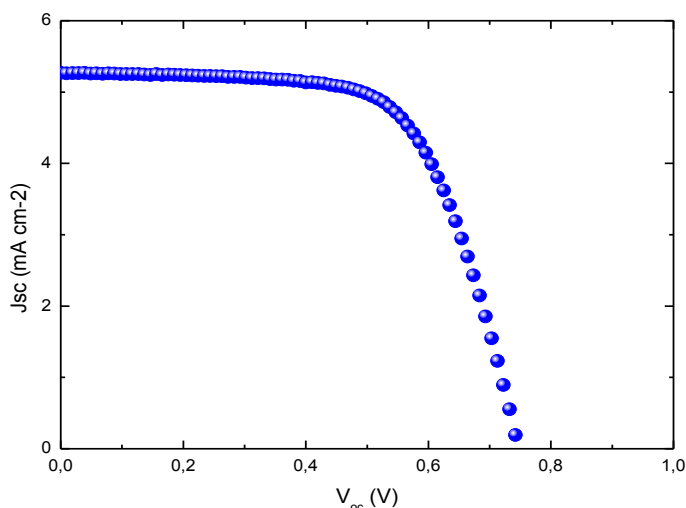


Figura 1. Curvas I-V da célula solar de TiO_2 P90 sob 100 mW/cm^2 .

Tabela 1.

	I_{sc}	V_{oc}	FF	η %
10	5,0	0,66	0.66	2,4
100	5,3	0,75	0.66	2,6

4 CONCLUSÃO

Foram preparados filmes de TiO₂ nanoestruturado utilizando a técnica de *doctor blading*. Estudos realizados em função da intensidade de irradiação mostraram que para este filme a melhor resposta obtida foi de 2,6 % para 100 mW/cm².

5 REFERÊNCIAS

- [1] Graetzel, M., Nature 414, 338 (2001)
- [2] O'Regan, B., Graetzel, M., Nature 353, 737 (1991)
- [3] Ana Flavia Nogueira, Tese de Doutorado, Instituto de Química, Unicamp, 2001.
- [4] Freitas J.N, Dissertação de mestrado, Instituto de Química, Unicamp 2005.