

PROPRIEDADES ÓPTICAS DE FILMES FOTOCRÔMICOS DE WO<sub>3</sub>LANDARIN, Daiane M.<sup>1</sup>; ALCÁZAR, José Carlos B.<sup>1</sup>; BULHÕES, Luis Otavio S.<sup>2</sup>,  
AVELLANEDA, César O.<sup>1</sup><sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, CDTec, Pelotas, RS, Brasil;–

dailandin@gmail.com, alcazarjosecarlos0@gmail.com, cesaravellaneda@gmail.com

<sup>2</sup>Centro Universitário Franciscano – UNIFRA, Santa Maria, RS, Brasil – losbulhoes@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

Diversos materiais e compostos apresentam mudanças nas suas propriedades óticas quando expostos a certos tipos de radiação, retornando ao seu estado inicial na ausência desta. Este processo reversível é denominado fotocromismo. Assim o fotocromismo pode ser definido como a mudança reversível na absorção submetida por um sistema quando uma fonte de ativação irradia a substância. A absorção induzida desaparece quando a fonte de ativação é removida. Esta definição pode ser representada pela equação dada na Figura 1.

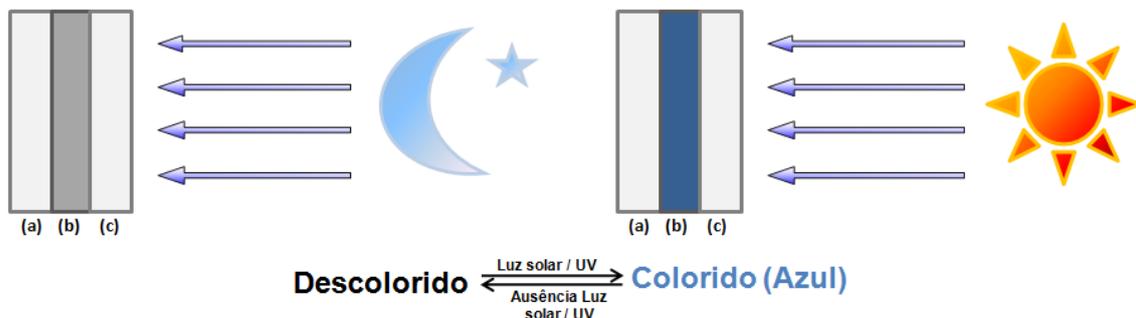
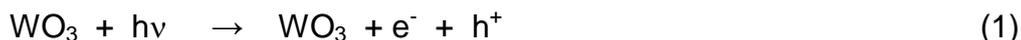


Figura 1. Representação esquemática do fenômeno de fotocromismo: (a) e (c) vidro; (b) filme opticamente inativo (descolorido) e ativo (colorido)

Este fenômeno tem sido observado em substâncias orgânicas e inorgânicas na forma sólida e líquida. A energia de irradiação eletromagnética  $h\nu$ , a qual induz a formação de espécies coloridas (ativas), é geralmente localizada na região do azul e/ou na região do UV do espectro [1].

Fotocromismo em materiais inorgânicos envolve imperfeições das substâncias. Defeitos localizados, impurezas e deslocamentos são responsáveis pela formação do par elétron-buraco no processo de excitação e para a formação de centro de cor, pelo trapeamento dos transportadores livres.

O processo fotocromico na região do UV de óxidos de metais de transição, por exemplo, WO<sub>3</sub>, pode ser explicado da seguinte maneira:



Elétrons e buracos são formados quando filmes WO<sub>3</sub> é irradiado com a luz UV (equação 1) os elétrons fotogerados são injetados na banda de condução do WO<sub>3</sub>, por outro lado a fotogeração de buracos reage com espécies absorvidas tais como H<sub>2</sub>O, produzindo prótons (equação 2). Os prótons difundem no WO<sub>3</sub> e subsequentemente o filme torna-se azul [3].

O interesse neste trabalho é desenvolver filmes que apresentem propriedades fotocromicas, para isso foram analisados os parâmetros ópticos dos filmes de  $WO_3$  e  $WO_3:ZrO_2$ , isto é, a medida de transmitância, o índice de refração e a constante dielétrica, tanto no estado descolorido como no estado colorido.

A cor das amostras depende de sua característica de absorção, esta absorção seletiva produz uma cor bem definida a partir do processo de fotocromismo que para os filmes de  $WO_3$ , a cor é azul. É importante salientar que dependendo do filme a cor é mais ou menos intensa, o processo de descoloramento é mais rápido para aqueles filmes que apresentaram baixa intensidade. Enquanto que os filmes azuis com maior intensidade apresentam um processo de descoloramento mais lento, indicando que o óxido de tungstênio azul é mais estável.

## 2. METODOLOGIA

O sol de  $WO_3$  foi preparado usando a rota proposta por Cronin et al. [5]. Tungstênio metálico foi dissolvido na presença de peróxido de hidrogênio (30%) e ácido acético glacial a uma temperatura de  $0^\circ\text{C}$  durante 24 horas. A solução é misturada, filtrada e finalmente evaporada obtendo-se um pó amarelo. O pó obtido é dissolvido em etanol, Figura 2.

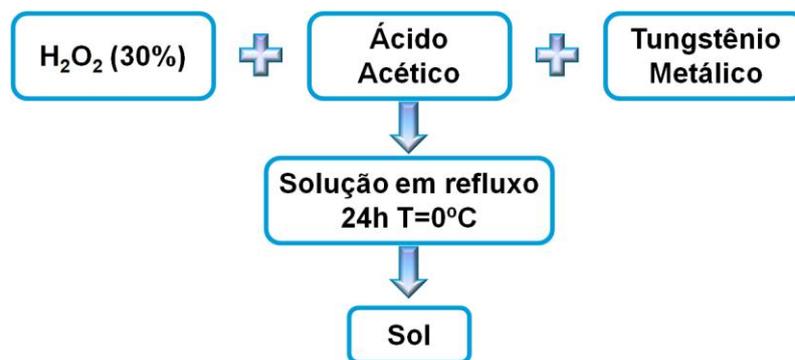


Figura 2. Preparação dos sóis de  $WO_3$  e  $WO_3:ZrO_2$

As medidas de transmitâncias foram realizadas utilizando espectrofotômetro Varian modelo 5G nas faixas de 250 até 2200 nm para os estados coloridos e descoloridos.

Os filmes a serem caracterizados foram depositados pela técnica dip-coating e preparados a uma velocidade de 20 cm/min e calcinados a temperatura de  $240^\circ\text{C}$  durante uma hora conforme Figura 3 [5].

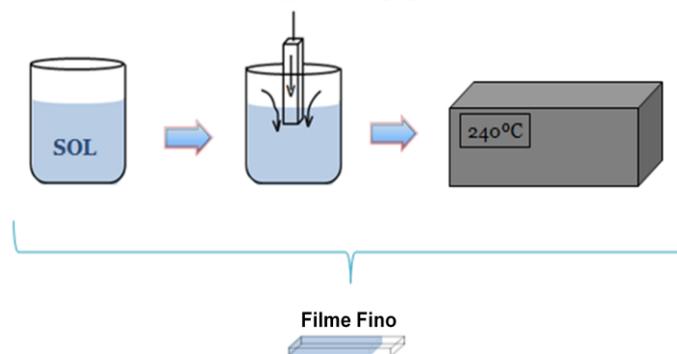


Figura 3. Preparação dos filmes de  $WO_3$  e  $WO_3:ZrO_2$

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4 observamos que todos os filmes (no estado descolorido) apresentam regiões tanto não-dispersas como dispersas quando  $\delta n/\delta \lambda = 0$  e  $\delta n/\delta \lambda < 0$ , a região dispersa torna-se dominante quando  $\lambda < 400$  nm.

Também se observa que as amostras no estado transparente apresentam uma ligeira transição da região não dispersa até a região dispersa. Os máximos de índice de refração para os estados coloridos estão relacionados com a absorção seletiva do filme de  $WO_3$ . O mínimo do índice de refração está localizado em 400 nm e pode ser explicado pela existência de um filme multicomponente, e cada componente apresenta um espectro diferente de  $n$  em função de  $\lambda$ , uma hipótese seria que cada filme de óxido de tungstênio tem uma composição diferente [6].

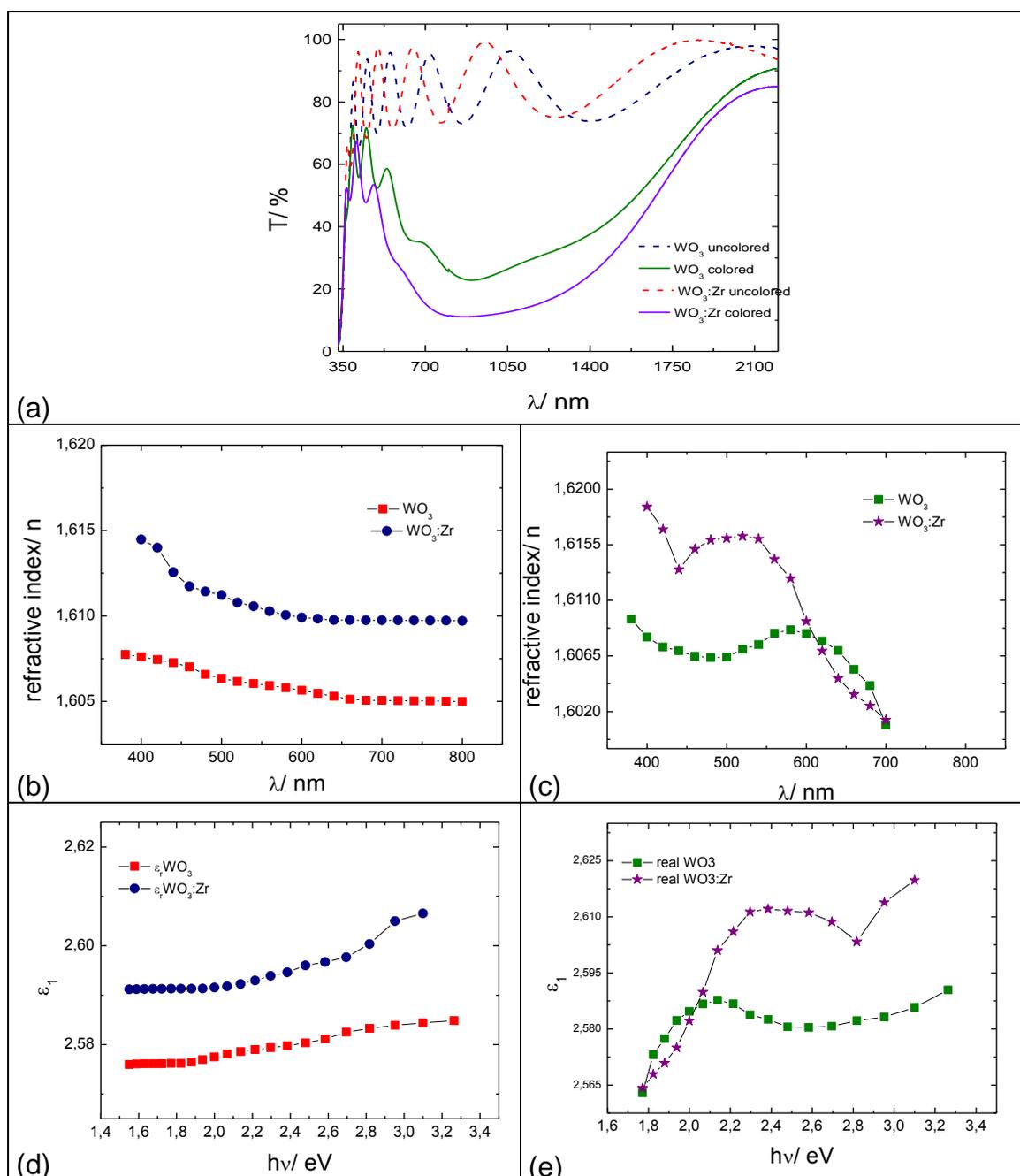


Figura 4. Parâmetros óticos do filme  $WO_3$  e  $WO_3:ZrO_2$ , colorido e descolorido: (a) medidas de transmitância; (b) e (c) índice de refração; (d) e (e) constante dielétrica.

#### 4. CONCLUSÕES

Foi possível observar o fenômeno do fotocromismo nos filmes de  $WO_3$  dopado e não dopado. A influência do  $ZrO_2$  no filme de  $WO_3$  melhora as propriedades fotocromicas.

Todos os efeitos fotocromáticos foram observados em filmes amorfos.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. C.M. Lampert, C.G. Granqvist (Eds.), Large-Area Chromogenics: Materials and Devices for Transmittance Control, vol 54, SPIE Opt.Eng. Press, Washintong, 1990.
2. K. Bange, Solar Energy Materials & and Solar Cells, 58, p. 1, 1999.
3. C.G. Granqvist. Handbook of Inorganic Electrochromic Materials. Elsevier, Amsterdam, 1995.
4. P.M.S. Monk, R.J. Mortimer, D.R. Rosseinsky. Electrochromism Fundamentals and Applications. VCH. Weinheim. 1995.
5. M.A. Aegerter. Sol-Gel Chromogenic Materials and Devices, in Structure and Bonding, Springer, Berlin Heidelberg, 1996.
6. M.A. Quevedo-López, D, Mendoza-Gonzalez, R.F., Reidy, R. Ramirez, R.A, Orozco-Teran, J. of Physics and Chemistry of Solids, 61, p. 729, 2000.