

## CARACTERIZAÇÃO DE FILMES FINOS DE ÓXIDO DE TITÂNIO (TiO<sub>2</sub>) REVESTIDOS COM ÓXIDO DE TUNGSTÊNIO (WO<sub>3</sub>)

Michelle Ortiz Moran<sup>1</sup>; Luana Uszacki Krüger<sup>2</sup>;  
Camila Cholant<sup>3</sup>; César O. Avellaneda<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – miichelleortizm@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – luanauszacki@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – camila.cholant@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – cesaravellaneda@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

Em decorrência da preocupação mundial com o esgotamento das fontes de energia e os impactos ambientais causados pelo consumo de eletricidade, a comunidade científica tem se voltado a uma série de estudos atribuídos a novas tecnologias que reduzam o consumo de energia elétrica, assim como maximizem a eficiência energética. (TORRESI, 2000)

Neste contexto, dispositivos eletrocromicos, também chamados como vidros inteligentes tem se tornado muito promissores nesse campo de pesquisa, em virtude de sua característica de mudança de coloração reversível, quando aplicado um potencial ou corrente elétrica, assim sendo são capazes de controlar a faixa de luz e clima em ambientes fechados, o que permite economia energética com sistemas de iluminação e climatização (OLIVEIRA et al., 2015).

Tais dispositivos normalmente são constituídos por cinco camadas, sendo elas: vidro, condutor transparente geralmente feito de óxido de estanho dopado com flúor (FTO) ou dopado com índio (ITO), filme eletrocromico (eletrodo de trabalho), condutor iônico e um reservatório de íons (contra eletrodo). (SENTANIN et al., 2012). E para sua aprimoração, estas camadas devem ser analisadas individualmente com o propósito de se obter o material com as características desejadas.

No presente trabalho foram desenvolvidos e estudados filmes finos de óxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) e filmes de óxido de titânio revestidos com óxido de tungstênio (WO<sub>3</sub>) os quais fazem parte de dispositivos eletrocromicos. Estes estudos foram efetivados através de análises eletroquímicas, como a voltametria cíclica e cronocoulometria.

### 2. METODOLOGIA

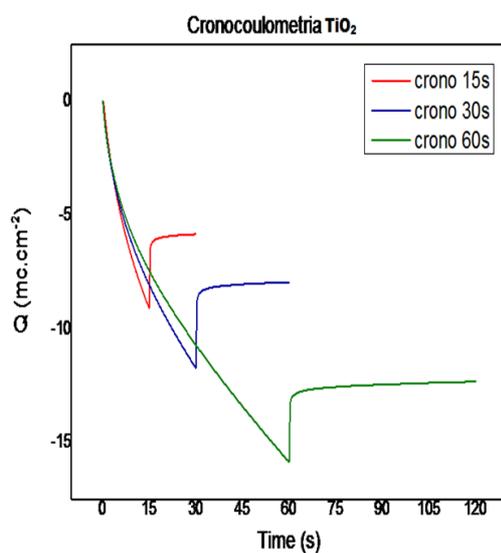
A deposição do filme de TiO<sub>2</sub> ocorreu pela técnica de *Doctor Blade*, aplicando-se uma pasta obtida comercialmente pela Dysol de óxido de titânio sobre uma placa de vidro recoberta por um substrato de óxido de estanho dopado com flúor (FTO). Posteriormente, os filmes obtidos sofreram tratamento térmico de 450 °C durante 1 hora.

Para os filmes revestidos, a primeira camada foi composta a base de TiO<sub>2</sub> depositada com o procedimento supracitado, posteriormente, este substrato vítreo através da técnica de *dip-coating* a uma velocidade de 120mm/min foi imerso verticalmente em uma solução obtida de coloração amarela, contendo como precursor tungstênio metálico (W), solvente peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e como catalisador ácido acético glacial (CH<sub>3</sub>COOH). O filme revestido foi tratado termicamente a 240°C durante 1 hora dando fim a preparação.

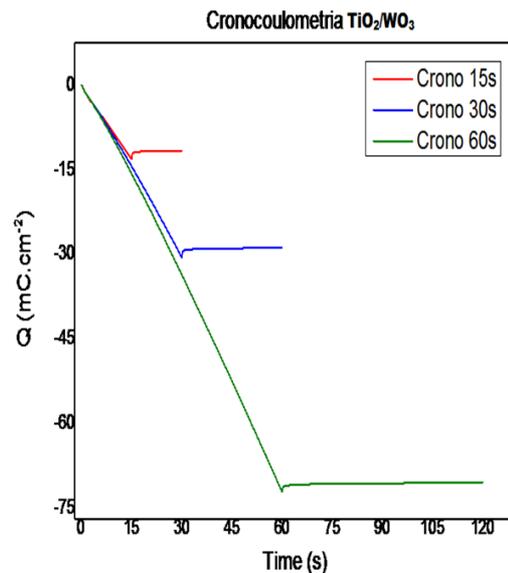
A exploração das propriedades eletroquímicas foram feitas em um potenciostato/galvanostato (AUTOLAB PGSTAT 302N) acoplado a uma célula eletroquímica, onde o eletrólito empregado foi o Perclorato de Lítio ( $\text{LiClO}_4$ ) de 0,1mol dissolvido em carbonato de propileno (PC) tendo como eletrodo de referência fio de prata e contra eletrodo lâmina de platina de  $1\text{cm}^2$ . A cronocoulometria ocorreram com tempos de inserção/extração de carga de 15 segundos, 30 segundos e 60 segundos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras abaixo são apresentadas as curvas de cronocoulometria, onde se estuda a quantidade de carga inserida/extraída. Processo de inserção e extração de cargas estão diretamente relacionados à coloração e descoloração do filme.



Nesse gráfico, pode-se analisar que nos primeiros 15 segundos mediu-se  $9\text{mC}\cdot\text{m}^{-2}$  de carga inserida, em 30 segundos houve inserção de  $11\text{mC}\cdot\text{m}^{-2}$  e em 60 segundos  $15\text{mC}\cdot\text{m}^{-2}$ .



Já as curvas de cronocoulometria referente ao filme revestido permitiram analisar a influência da camada de  $\text{WO}_3$ , observando-se uma melhora nas densidades de cargas catódicas, nos primeiros 15 segundos foi de  $-12\text{mC.m}^{-2}$ , em 30 segundos  $-30\text{mC.m}^{-2}$ , e em 60 segundos  $-71\text{mC.m}^{-2}$ .

#### 4. CONCLUSÕES

Após testes preliminares, concluiu-se que a camada a base de óxido de tungstênio ( $\text{WO}_3$ ) de fato teve influência sobre o filme de óxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), modificando as propriedades eletroquímicas e ópticas do filme puro.

Os filmes apresentaram comportamento eletroquímico, comprovando o atual investimento em pesquisas relacionadas ao melhoramento das suas propriedades.

No que se refere às caracterizações morfológicas, os filmes se mostraram livres de rachaduras e homogêneos. Assim, as metodologias, bem como os procedimentos e parâmetros utilizados se mostraram adequados para a confecção dos filmes.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GALVÃO, J.R.; SCARMINIO, J. Fotocromismo em filmes finos de óxidos de tungstênio de diferentes composições. **Química Nova**, Brasil, v.26, n.4, p.488-492, 2003.

REYES, K.; STEPHENS, Z.D.; ROBINSON, D.B. Composite WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> nanostructures for high electrochromic activity. **Sandia National Lab**, United States, 2013.

DINH, N.N.; NINH, D.H.; THAO, T.T.; VO-VAN, T. Mixed Nanostructured Ti-W Oxides Films for Efficient Electrochromic Windows. **Journal of Nanomaterials**, p.1-7, 2012.

PACHECO, W.F.; SEMAAN, F.S.; ALMEIDA, V.G.K; RITTA, A.G.S.L; AUCÉLIO, R.Q. Voltametrias: Uma Breve Revisão Sobre os Conceitos. **Revista Virtual de Química**, Brasil, v.5, n.4, p.516-537, 2013.

BI, Z.; LI, X.; CHEN, Y.; XU, X.; ZHANG, S.; ZHU, Q. Bi-functional flexible electrodes based on tungsten trioxide/zinc oxide nanocomposites for electrochromic and energy storage applications. **Electrochimica Acta**, v. 227, p 61- 68. 2017.

AVELLANEDA, C.O.; BULHÕES, L.O.S.; Kinetics and thermodynamic behavior of WO<sub>3</sub> and WO<sub>3</sub>:P thin film. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v.90, p.395 – 401, 2006.

OLIVEIRA, R.S.; SEMAAN, F.S.; PONZIO, E.A. Janelas Eletrocrômicas: Uma nova era em eficiência energética. **Revista Virtual de Química**. v.7, n.1, 2015.

OLIVEIRA, S.C.; TORRESI, R.M.; TORRESI, S.I.C.; Uma visão das tendências e perspectivas em eletrocromismo: a busca de novos materiais e desenhos mais simples. **Química Nova**, v.23, n.1, p.79 – 87, Brasil, 2000.

ZEFERINO, V. H. H. **Propriedades eletroquímicas de filmes finos de dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>)**. 2018. 38f. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Graduação em Engenharia de Materiais, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas.

SENTANIN, F.C. **Desenvolvimento de janelas eletrocrômicas**. 2012. 93f. Tese (Doutorado) – Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.