

ANÁLISES DE PROPRIEDADES ÓPTICAS DE JANELAS ELETROCRÔMICAS **JOSEANE DA SILVA PORTO¹; CAMILA MONTEIRO SCHOLANT²; CRISTIANE** **FERRAZ DE AZEVEDO³; CESAR ANTONIO OROPESA AVELLANEDA⁴**

¹Universidade Federal de Pelotas 1 – joseaneclmd@gmail.com 1

²Universidade Federal de Pelotas 2 - camila_scholant@hotmail.com 2

³Universidade Federal de Pelotas 3 - cristiane.quim@gmail.com 3

⁴ Universidade Federal de Pelotas – cesaravellaneda@gmail.com 4

1. INTRODUÇÃO

O uso descontrolado das reservas esgotáveis de combustíveis fósseis e os danos ambientais causados pela exploração desses recursos energéticos conjectura um cenário preocupante para anos futuros. Diversos estudos apontam para esta situação, tendo ainda como agravante o aumento crescente da demanda energética por parte da população. Uma das fontes renováveis de energia que tem grande destaque é a energia do sol, esta é inesgotável na escala terrestre de tempo, como fonte de luz e calor, além de não ser poluente sendo considerada por muitos estudiosos a alternativa mais promissora do milênio (OLIVEIRA, 2010).

É com o intuito de otimizar o consumo de energia e aproveitar a luz solar que surgem ideias, pesquisas e estudos relacionados ao vidro já que este está presente com bastante frequência na arquitetura e construção civil moderna. O vidro apesar de proporcionar uma estética elegante, boa luminosidade, aproximação ao ambiente externo devido sua transparência (vista para o exterior), causa certo desconforto térmico, já que depende das condições climáticas externas devido a sua propriedade de condutância térmica, que por ser um bom condutor, faz com que o ambiente interno aqueça e resfrie mais intensamente em um período de tempo mais curto.

Na última década houve um aumento considerável nas pesquisas e desenvolvimento de dispositivos eletrocrômicos, devido à variedade do potencial de suas aplicações como retrovisores de veículos automotores, tetos solares e janelas inteligentes MONK et al. (1995); HEUSING; AEGERTER (2005). Atualmente, existem aplicações em escala industrial destes sistemas, sendo só disponíveis comercialmente, dispositivos eletrocrômicos de pequenas áreas como, por exemplo, retrovisores eletrocrômicos, assim como óculos eletrocrômicos VIEIRA; PAWLICKA (2010). As razões pelas quais maiores áreas ainda não são disponíveis são múltiplas; uma delas é a técnica de deposição a ser usada para a fabricação dos filmes eletrocrômicos, contra eletrodos, eletrólitos e condutores eletrônicos.

Dispositivos eletrocrômicos ou janelas inteligentes, apresentam transmitância variável, proporcionam bom contraste visual entre os ambientes interiores e exteriores e, são capazes de minimizar a passagem dos raios ultravioleta e infravermelho aos ambientes internos, diminuindo assim o aquecimento desses ambientes, adequando sua luminosidade e calor, e consequentemente diminuindo o consumo de energia ENGFELDT et al. (2011); De Mello et al. (2012).

Uma janela eletrocrômica muda de cor devido à aplicação de potencial ou corrente; é essencialmente uma célula eletroquímica onde o eletrodo de trabalho (eletrocrômico) está separado do contra-eletrodo por um eletrólito (sólido ou líquido) e a mudança de cor ocorre devido ao carregamento e descarregamento da célula eletroquímica por meio de um potencial aplicado ou corrente elétrica.

Durante a aplicação deste potencial ocorre a dupla inserção de íons e elétrons que mudam o estado de oxidação do eletrodo de trabalho e consequentemente sua coloração. A aplicação do potencial contrário provoca a extração dos íons e elétrons inseridos no eletrodo de trabalho e consequentemente a descoloração da janela MONK et al. (1995).

É relevantemente importante que a preparação destes filmes apresente propriedades óticas desejáveis para seu uso em um DEC (Dispositivos eletrocromicos). O processo sol-gel e a técnica *dip-coating* oferecem muitas vantagens sobre as técnicas tradicionais na preparação de filmes finos eletrocromicos e armazenadores de íons BRINKER et al. (1990). Através deste processo, pode-se conseguir filmes com excelente homogeneidade uma vez que os materiais de partida são misturados a nível molecular.

Contudo, os conhecidos dispositivos eletrocromicos permitem regular a reflexão ou transmissão da luz quando uma pequena voltagem é aplicada nos seus condutores eletrônicos. Deste modo, as janelas inteligentes possibilitam o controle da luminosidade e do calor em ambientes fechados, reduzindo o consumo de energia gasta por lâmpadas e aparelhos de ar condicionados, além de oferecer um conforto térmico (MELO, 2001).

Existem muitas possibilidades de aplicações das janelas eletrocromicas no campo da arquitetura para regulagem da luminosidade e calor de ambientes fechados. A utilização da janela inteligente, diminui o consumo de energia gasto por lâmpadas e aparelhos de ar condicionados, de forma que, nos meses de verão, a janela eletrocromica pode minimizar a passagem dos raios ultravioleta e infravermelho diminuindo o aquecimento dos ambientes internos, e nos meses de inverno acontece o inverso. Isso demonstra que a pesquisa no campo de desenvolvimento das janelas eletrocromicas além de ser interessante do ponto de vista científico, também, pode ser benéfica à população (RAPHAEL, 2010).

A partir dos resultados obtidos neste trabalho serão realizadas simulações computacionais, o que nos permitirá analisar uma grande quantidade de dados que são necessários para o cálculo do desempenho termo energético e luminoso de edificações.

O WO_3 é o óxido mais estudado por apresentar ótimas propriedades eletrocromicas. No entanto, devemos analisa-lo para melhorar as propriedades de estabilidade, nas medidas de longa duração.

Do ponto de vista prático, as propriedades eletrocromicas do WO_3 são muito sensíveis ao método de preparação. No processo sol-gel, os filmes de WO_3 sempre apresentam contenção de água e estrutura porosa, o que provavelmente faz com que a difusão dos íons seja favorecida, consequentemente melhorando o desempenho eletrocromico do material ZOPPI (2000); AVELLANEDA (2001); QUINTANILHA (2010).

O presente trabalho tem como objetivo estudar as propriedades óptico e eletroquímicas do filme de WO_3 dopado com lítio.

2. METODOLOGIA

2.1 PREPARAÇÃO DOS SOIS E FILMES PARA CARACTERIZAÇÃO ELETROCROMICA

O sol de WO_3 será preparado usando a rota proposta por Cronin e colaboradores (1991). Tungstênio metálico irá ser dissolvido na presença de peróxido de hidrogênio (30%) e ácido acético glacial a uma temperatura de 0°C durante 24 horas. A solução então será misturada, filtrada e evaporada obtendo-se um pó amarelo, este pó é finalmente dissolvido em etanol.

Para a preparação do sol de $\text{WO}_3\text{:Li}^+$, o sol de WO_3 é dopado com 5% mol de Li^+ (LiCF_3SO_3).

2.2 PREPARAÇÃO DOS FILMES ELETROCRÔMICOS DE WO_3

Os filmes eletrocrômicos de WO_3 , a serem caracterizados serão depositados pela técnica *dip-coating* sendo preparados a uma velocidade de 10 cm/min e calcinados a temperatura de 240°C durante uma hora.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES FINOS ELETROCRÔMICOS DE WO_3

Os filmes eletrocrômicos foram caracterizados através de técnicas eletroquímicas, estruturais, térmicas e morfológicas para entender melhor o seu comportamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram feitas medidas de voltametria cíclica em filmes de 1 camada. Essas medidas de voltametria cíclica para o filme de WO_3 dopado com 3 % de lítio foi realizada a uma velocidade de varredura de 50 mV/s, para os potenciais de $-0,7$ V (catódico) e $+1,0$ (anódico). A Figura 2 mostra a voltametrias cíclica do filme de WO_3 dopado com 3 % de lítio. Observa-se uma mudança visível no potencial versus a corrente, esta mudança está associada a inserção de ions de Li^+ na região catódica de $E=-0,1\text{V}$ até $-0,7$ V, depois este potencial inicia o processo de extração dos íons de Li^+ tendo uma máxima onda anódica localizada a $E=-0,1\text{V}$, a influência do sal lítio, influencia nas propriedades de reversibilidade, permanecendo uma coloração azul no filme.

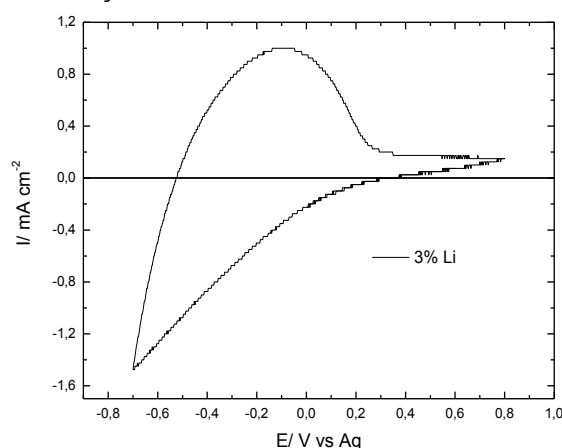


Figura 2- Voltametria cíclica dos filmes de $\text{WO}_3\text{:Li}^+$, velocidade de varredura de 50 mV/s.

4. CONCLUSÕES

As medidas de voltametria cíclica demonstraram que, no caso do filme dopado com lítio, o processo de inserção/extração é reversível, enquanto medidas cronoamperométricas, demonstraram que o processo de intercalação atinge o seu valor máximo ($\sim 14\text{mC/cm}^2$) em 15s- à $-0,7\text{V}$, para filmes dopados numa razão molar de 5% de lítio, com tratamento térmico entre camada e camada de 240°C por 60 minutos. As mesmas medidas mencionadas sugerem que o filme de

$\text{WO}_3:\text{Li}^+$ pode ser utilizado como eletrodo de trabalho num dispositivo eletrocromico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AVELLANEDA, C.O; BUENO, P.R ; FARIA, R.C ; BULHOES, L.O.S . **Electrochromic properties of lithium doped WO_3 films prepared by the sol-gel process**. *Electrochimica Acta*, Estados Unidos, v. 46, p. 1977, 2001.
- BRINKER, J. C.; SHERER, G. W., **Sol-Gel Science**. Boston, Academic Press INC., 1990. p. 1 – 228.
- CRONIN, J.P.; TARICO, D.J.; TONAZZI, J.L.; AGRAWAL, A.; ZHANG, L. U.S. Patent No. 5-277-986, 1996.
- DE MELLO, D. A. A.; OLIVEIRA, M. R. S.; DE OLIVEIRA, L. C. S.; DE OLIVEIRA S. C. **Solid eletrolytes for electrochromic devices based on reversible metal electrodeposition**. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, v. 103, n., p.17-24, 2012.
- ENGFELDT, J.D.; GEOREN,P.; LAGERGREN, C.; LINDBERGH, G. **Methodology for measuring current distribution effects in electrochromic smart Windows**. *Applied Optics*, v. 50, n.29, p.5639-5646, 2011.
- MELO, L. O. **Preparação e Caracterização de Filmes Finos Sol-gel de Nb_2O_5 Dopados com Li^+ Visando Possível Aplicação na Arquitetura**. 2001. 81f. Dissertação (mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Escola de Engenharia de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos, Instituto de Física São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001.
- MONK, P.M.S.; MORTIMER, R.J.; ROSSEINSKY D.R. **Electrochromism Fundamentals and Applications**. VCH. Weinheim. 1995.
- OLIVEIRA, A. M. **A importância da Energia Solar**, 2010. <http://www.webartigos.com/artigos/a-importancia-da-energia-solar/32718/> Acessado em 30/07/2016.
- QUINTANILHA R. C.; ROCHA I.; VICHESSI R. B.; LUCHT E.; NAIDEK K.; WINNISCHOFER H.; VIDOTTI M. **Eletrocromismo: Fundamentos e a Aplicação de Nanomateriais no Desenvolvimento de Eletrodos de Alto Desempenho**. *Quim. Nova*, Vol. 37, No. 4, 677-688, 2014.
- RAPHAEL, E. **Estudo de Eletrólitos Poliméricos à Base de Agar para Aplicação em Dispositivos Eletrocromicos**. 2010. 138p.Doutorado – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
- SCHNEIDER, C.L. **Propriedades Eletrocromicas de Filmes Finos de WO_3 , $\text{WO}_3:\text{Li}^+$ E $\text{WO}_3:\text{Li}^+:\text{TiO}_2$** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pelotas, 2013.
- VIEIRA, D. F.; PAWLICKA, A. **Optimization of performances of gelatin/ LiBF (4)-based polymer electrolytes by plasticizing effects**. *Electrochimica Acta*, v. 55, n.4, p. 1489-1494, 2010.
- ZOPPI, R. A.; MORTEAN, N. H. R. **Sol-gel titanium dioxide: Properties and electrochromicbehavior**. *Dióxido de titânio sol-gel: Propriedades e comportamento eletrocromico*, v. 23, n. 6, p. 727-32, 2000.