

FILMES FINOS ELETROCRÔMICOS V₂O₅

BRUNO GOMES DA SILVA¹;

LUANA KRÜGER²

CESAR ANTONIO OROPESA AVELLANEDA³

¹Universidade Federal de Pelotas – brunoifsul@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – luanauszacki@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – cesaravellaneda@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A problemática do aquecimento global se agrava cada vez mais, a utilização de fontes alternativas de energia na busca de economia de energia é uma das ações que podem ajudar a minimizar os efeitos dessa problemática (BAUER; TREML, 2024). Portanto, existe a necessidade em desenvolver materiais e tecnologias que diminuam o consumo de energia elétrica (PORTO, 2023; BORGES, 2024).

A melhora na eficiência energética é um dos principais objetivos no desenvolvimento de dispositivos eletrocromicos (LAURA, 2024). Porque os dispositivos eletrocromicos consomem menos energia, assim, agredindo menos o meio ambiente (VIEIRA, 2024). Os materiais eletrocromicos são conhecidos pela capacidade de mudar suas propriedades ópticas, quando submetidos a uma diferença de potencial (ROCHA et al., 2024). Os materiais eletrocromicos bloqueiam os raios ultravioletas e atuam em diversas faixas de temperatura (JIA et al., 2024).

Devido ao alto custo em armazenar e produzir energia elétrica, tem se desenvolvido pesquisas na busca de energias renováveis (ETUKUDOH et al., 2024). As aplicações que podem ajudar nesse processo de eficiência energética são as janelas inteligentes, produzidas a partir de propriedades dos materiais eletrocromicos (YOON; KIM; HONG, 2024).

Os dispositivos eletrocromicos possuem aplicações na indústria arquitetônica em janelas inteligentes para controlar a luminosidade e a troca de calor com o ambiente externo, proporcionando aos usuários a possibilidade de interferência dos raios UV (LI et al., 2024).

Uma vez que o vidro eletrocromico apresenta características de mudança de coloração quando submetido a um estímulo elétrico, podendo assim minimizar o consumo de energia de uma edificação (BAI et al., 2023).

Os dispositivos eletrocromicos possuem também aplicação na indústria automobilística, nos tetos solares, espelhos retrovisores, vidros ou para-brisas de veículos (ATANGULOVA; KOCHNOV; SENNIKOVA, 2024).

Além disso, podem ser aplicados em outros setores tecnológicos que trabalham com a construção de mostradores ópticos, como displays ou óculos eletrocromicos (WANG et al., 2023).

Esse dispositivo é basicamente uma célula eletroquímica, onde o eletrodo de trabalho está separado do contra-eletrodo por um eletrólito e a mudança de cor ocorre devido ao carregamento e descarregamento da célula eletroquímica (LIU et al., 2023). Os óxidos de metais são muito explorados entre os materiais eletrocromicos (ZHAO et al., 2024). E o pentóxido de vanádio possui grande potencial de aplicação (SHANKAR et al., 2024).

2. METODOLOGIA

Assim, este estudo teve como objetivo preparar filmes finos electrocrômicos com a configuração ITO/ V_2O_5 pelo processo *Sol-Gel*, foram adicionados 30% de H_2O_2 e 0,62g de V_2O_5 . Agitado por 2h a uma temperatura de $63^\circ C$. Foi adicionado 0,5 ml de Triton X 100 para aumentar a viscosidade da solução.

Após a solução ficar pronta foi depositada nos substratos ITO com dimensões de (1,1 cm por 2,5 cm) pela técnica de deposição *Doctor Blade*. Os filmes foram tratados termicamente a $120^\circ C$ por uma hora.

Foram construídos estudos electroquímicos sobre cada filme electrocrômico, com as técnicas de voltametria cíclica, cronoamperometria e cronocoulometria.

As medidas foram realizadas a uma velocidade de varredura de 20 cm/min e foram aplicados potenciais catódicos de -1.0 V e anódicos de +1.0 V. O eletrólito utilizado foi uma solução de $LiClO_4$ dissolvido em carbonato de propileno e concentração de 0,1 M. Foram estudadas as cinéticas de intercalação e as densidades de carga catódicas e anódicas para diferentes tempos de polarização, 15, 30 e 60 segundos. As medidas foram realizadas em uma célula electroquímica e o Autolab, conforme a figura 1 a seguir.



Figura 1: Célula electroquímica e Autolab

Fonte: Autores (2024).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 apresenta a voltametria cíclica de filmes ITO/ V_2O_5 , depositados pela técnica *Doctor Blade*. Podemos observar a estabilidade da voltametria.

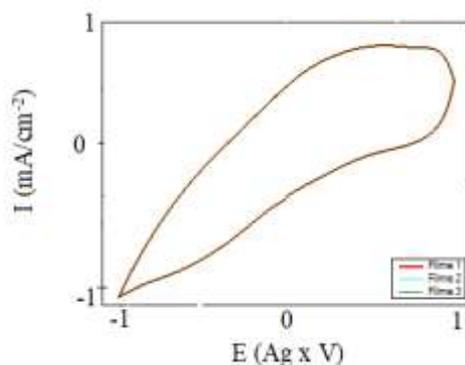


Figura 2: Voltametria Cíclica dos filmes ITO/ V_2O_5 por *Doctor Blade*

Fonte: Autores (2024).

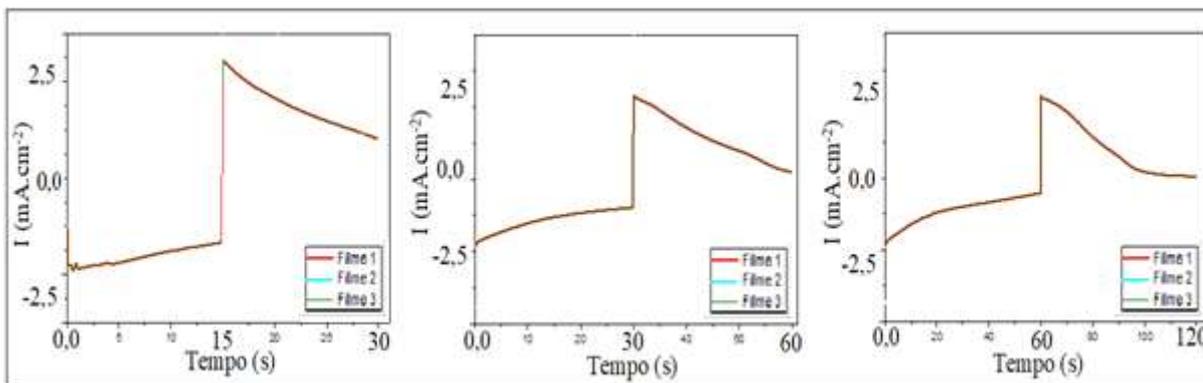


Figura 3: Cronoamperometria por *Doctor Blade*

Fonte: Autores (2024)

A figura 3 apresenta a medida de cronoamperometria de filmes ITO/V₂O₅. As medidas foram realizadas para potencias catódico de -1.0 V e anódico de +1.0V para o tempo de polarização de 15, 30 e 60 segundos, respectivamente.

Foram realizadas medidas de cronocoulometria dos filmes ITO/V₂O₅. Aplicados potencias catódicos de -1.0 V e anódicos de + 1.0 V para tempos de inserção de 15, 30 e 60 segundos, respectivamente. A figura 4 mostra as densidades de cargas em função dos tempos de inserção e de extração cargas nos filmes electrocrômicos.

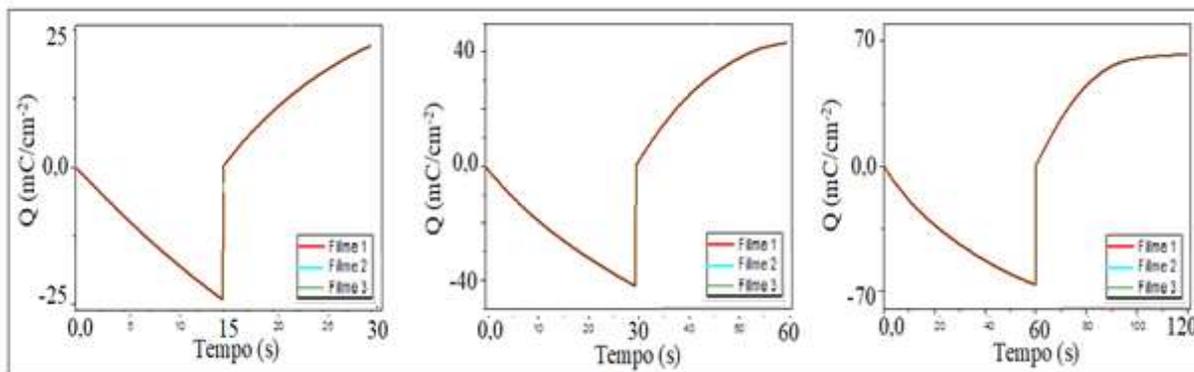


Figura 4: Cronocoulometria por *Doctor Blade*

Fonte: Autores (2024)

Observando-se, que armazenaram densidade de carga, com 23mC/cm² para o tempo de 15 segundos, 42mC/cm² para o tempo de 30 segundos e 65mC/cm² para o tempo de 60 segundos de entrada e saída de carga. Toda carga que entrou saiu, mostrando-se que os filmes foram reversíveis.

4. CONCLUSÕES

Esse estudo possui como objetivo principal desenvolver um melhor entendimento sobre os filmes ITO/V₂O₅, depositados pela técnica *Doctor Blade*. Bem como, possuiu como objetivos secundários a confecção dos filmes fino electrocrômicos pela técnica *Doctor Blade*. E os filmes deram uma boa resposta em relação a densidade de carga armazenada. Para isto foram analisadas as respostas electroquímicas dos filmes electrocrômicos. E a partir desse olhar, a comunidade científica e a iniciativa privada possam aplicar os filmes electrocrômicos de uma forma mais eficaz ao seu objetivo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATANGULOVA, A.; KOCHNOV, A.; SENNIKOVA, A. Systems of Automatic Control of Electrochromic Devices, v. 6, **International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE)**, Moscow, Russian Federation, pp. 1-6, 2024.
- BAI, T.; LI, W.; FU, G.; ZHANG, Q.; ZHOU, K.; WANG, H. Dual-band electrochromic smart windows towards building energy conservation. **Journal Elsevier, Solar Energy Materials and Solar Cells**, Vol. 256, 1 July, 2023.
- BAUER, V. E.; TREMIL, K. S. As implicações socio ambientais relacionadas a comercialização do crédito de carbono. **Revista Academia de Direito**, [S. l.], v. 6, p. 1533–1560, 2024.
- BORGES, P. H. S. **Aplicações estratégicas de nanocompósitos multifuncionais de óxido de grafeno reduzido e hexacianoferratos bimetálicos**: da construção de sensores eletroquímicos à conversão e armazenamento de energia. 2024. 202 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2024.
- JIA, R.; YANG, L.; WANG, Z.; CHEN, H. XIAO, M. Electrically programmable color and shape morphing in photonic glass elastomers with reduced voltages, **Polymer**, 10.1016/j.polymer.126945, 299. 2024.
- LIU, Q.; HELU, M. A. B. WALCARIUS, A.; LIU, L. Visualization of working electrode reactivity from an electrochromic counter electrode. **Jornal Elsevier, Electrochimica Acta**, Vol. 444, March, 2023.
- LAURA, G. A. **Efeitos condutivos e polares em filmes finos de óxidos complexos visando aplicação em memórias de múltiplos estados**. 2024. Tese (Doutorado em Física) - Faculdade de Engenharia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá. 2024.
- LI, L.; YU, Z.; YE, C.; SONG, Y. Structural Color Boosted Electrochromic Devices: Strategies and Applications. **Advanced Functional Materials**: v. 34, n. 12, March, 2024.
- PORTO, E. P. **Estudo do efeito dos elementos meteorológicos na eficiência da geração de energia elétrica em células fotovoltaicas**. Florianópolis, 2023. (Dissertação de Mestrado) - Mestrado Profissional em Clima e Ambiente do Campus Florianópolis do Instituto Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2023.
- ROCHA, L. V.; SILVA, P. S.; SOUZA, D. H.; TAVARES, M. I. Molybdenum trioxide (MoO₃): a scoping review of its properties, synthesis and applications: Trióxido de molibdênio (MoO₃): uma revisão de escopo de suas propriedades, síntese e aplicações. **Concilium**, [S. l.], v. 24, n. 6, p. 443 – 462, 2024.
- SHANKAR, V.; MONA, Y.; SUGANYA, P.; KUMMAR, P. S.; GOVIDARAJAN, D.; GOWRI, V. M.; NARAYNAMOORTHY, E.; TSAI, P.; LIN, Y.; PONNUSAMY, V. K. Samarium-doped vanadium pentoxide nanorods anchored reduced graphene oxide nanocomposite as a bi-functional electrode material for supercapacitor and direct methanol oxidation fuel cell applications, **Process Safety and Environmental Protection**, v. 188, 2024.
- VIEIRA L. L. O impacto da logística reversa na sustentabilidade. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, [S. l.], v. 16, n. 5, p. e4132. 2024.
- WANG, J.; ZHANG, W.; TAM, B.; ZHANG, H.; ZHOU, Y.; YONG, L.; CHENG, W. Pseudocapacitive porous amorphous vanadium pentoxide with enhanced multicolored electrochromism. **Elsevier, Chemical Engineering Journal**, Vol. 452, Part 4, January. 2023.
- YOON, J.; KIM, K.; HONG, W. Thermochromic Vanadium Dioxide Nanostructures for Smart Windows and Radiative Cooling, **Chemistry – A European Journal**, v. 30, n. 43.
- ZHAO, F.; CHEN, T.; ZENG, Y.; CHEN, J.; ZHENG, J.; LIU, Y.; HANAD, G. Nickel oxide electrochromic films: mechanisms, preparation methods, and modification strategies— a review. **Journal of Materials Chemistry**. v. 12, Apr., 2024.