

FILMES FINOS ELETROCRÔMICOS DE V₂O₅ PREPARADOS POR DIFERENTES TÉCNICAS DE DEPOSIÇÃO

BRUNO G. DA SILVA¹; CÉSAR O. AVELLANEDA²

¹*Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)* – brunoifsul@gmail.com

²*Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)* – cesaravellaneda@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Com a problemática do aquecimento global, 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. Portanto a necessidade em desenvolver materiais e tecnologias que diminuam o consumo de energia elétrica tem incentivado pesquisas nas mais diversas áreas (GOMES; GIOCONDO, 2021).

A melhora na eficiência energética é um dos principais objetivos no desenvolvimento de dispositivos eletrocrônicos, pois possuem um menor consumo de energia agredindo menos o meio ambiente. Os materiais eletrocrônicos são chamados cromógenos e são conhecidos pela capacidade de mudar suas propriedades ópticas, em resposta a alterações nas condições do meio (CANNAVALE, 2020). Esses dispositivos eletrocrônicos são amplamente estudados, pois além de beneficiarem o meio ambiente, apresentam um alto contraste óptico, bloqueio dos raios ultravioletas e atuam em diversas faixas de temperatura (NIU et. al., 2021).

Devido ao alto custo em armazenar e produzir energia elétrica, tem desenvolvido pesquisas nas mais diversas áreas na busca de energias renováveis. Bem como, uma das aplicações que podem ajudar nesse processo de eficiência energética são as janelas inteligentes, produzidas a partir de propriedades dos materiais eletrocrônicos (ATAK et. al., 2023). Devido essas propriedades, estes dispositivos possuem aplicações potenciais em muitos campos, como 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 da radiação solar (NIU et. al., 2021).

Uma vez que o vidro eletrocrômico apresenta características de mudança de coloração quando submetido a um estímulo elétrico, podendo assim minimizar o consumo de energia de uma edificação, com a racionalização do uso de ar condicionados e de iluminação artificial, considerando que, o usuário vai definir quando permitirá ou não a passagem da radiação solar (BAI et. al., 2023).

Possuem também aplicação na indústria automobilística, aeronaves de última geração, atuando nos tetos solares, espelhos retrovisores, vidros ou para-brisas de veículos (MEHMOOD et. al., 2020). De forma a diminuir a intensidade de luzes ofuscantes nos olhos do motorista, ajudando assim a prevenir possíveis acidentes. Além disso, podem ser aplicados em outros setores tecnológicos que trabalham com a construção de mostradores ópticos, como displays ou óculos eletrocrônicos (WANG et. al., 2023).

Esse dispositivo é essencialmente 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. Para o alto desempenho desse dispositivo, ele deve possuir alta eficiência de coloração, estabilidade química de ciclos eletrocrônicos e tempo de resposta curto (LIU et. al., 2023).

Os óxidos de metais de transição são os materiais mais explorados entre os materiais eletrocrômicos (AQUINO, 2020). Dentre esses óxidos, o pentóxido de vanádio tem despertado interesse de inúmeros pesquisadores devido a seu grande potencial de aplicação. Além de tratar-se da mais estável fase entre os óxidos de vanádio, é um semicondutor e apresenta um conjunto de propriedades diferenciadas como, por exemplo: o band gap óptico, a estrutura em camadas, boa estabilidade química, térmica e excelentes propriedades eletrocrônicas. O vanádio também é considerado uma das classes mais importantes de materiais com aplicação em armazenamento de energia e está entre a categoria de materiais mais estudada como eletrodo positivo para células de lítio. Essas células compõem as bateriais utilizadas para armazenamento de energia em veículos, celulares, tablets e inúmeros mecanismos eletrônicos.

Assim, o presente trabalho tem como interesse de preparar e caracterizar filmes finos Sol Gel de V₂O₅ por diferentes técnicas de deposição, tais como *Dip Coating*, *Spin Coating* e *Doctor Blade*. Estes filmes foram estudados eletroquimicamente através das técnicas de voltametria cíclica, cronoamperometria e cronocoulometria. Resultados preliminares nos indicam que cada técnica de suas vantagens para seu uso em dispositivos eletrocrônicos.

2. METODOLOGIA

Assim, este estudo teve como intuito preparar filmes finos com a configuração ITO/V₂O₅ pelo processo Sol-Gel, para 40ml de H₂O foram adicionados 30% de H₂O₂ e 0,62g de V₂O₅. Depois agitado sem refluxo por 2h a uma temperatura de 63°C. Após isto a solução ficou pronta e foi depositada nos substratos ITO com dimensões de (1,1 cm por 2,5 cm) por diferentes técnicas de deposição: *Spin Coating*, *Dip Coating* e *Doctor Blade*. Posteriormente ao processo de deposição dos filmes, foram construídos estudos eletroquímicos sobre cada filme eletrocrônico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 apresenta as voltametrias cíclicas de filmes ITO/V₂O₅, depositados pelas técnicas de *Spin Coating*, *Dip Coating* e *Doctor Blade*, respectivamente. As medidas foram realizadas a uma velocidade de varredura de 20 cm/min e para os potenciais catódicos de -1.0 V e anódico e +1.0 V. O eletrólito utilizado foi uma solução de LiClO₄ dissolvido em carbonato de propileno e concentração de 0,1 M. Da figura 1 podemos observar as influências das técnicas de deposição nas respostas de densidade de corrente: sendo eu para filmes depositados por *Doctor Blade* a densidade de corrente é maior de todas. Acreditamos que estas respostas estão associadas as espessuras destes filmes. Importante salientar que para todas as técnicas a estabilidade das voltametrias é observada.

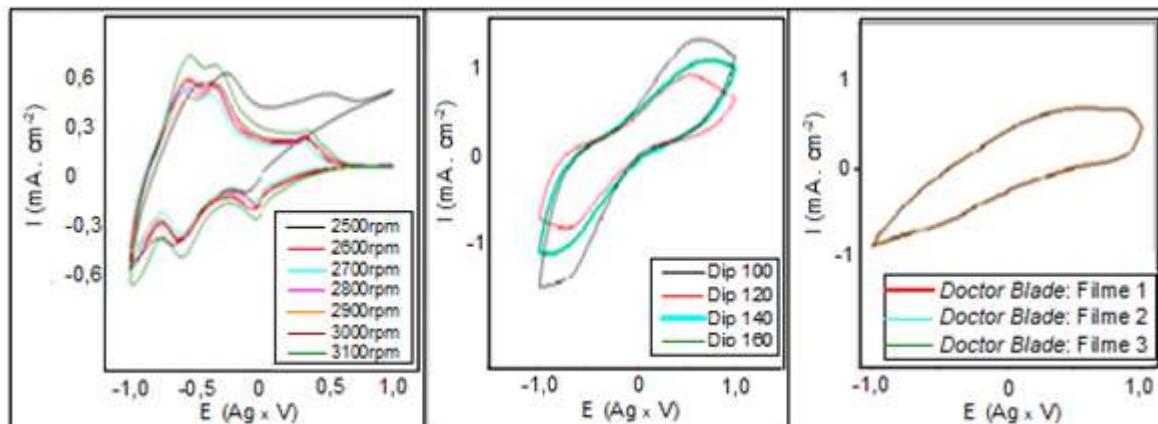


Figura 1: VC dos filmes ITO/V₂O₅ por *Spin coating*, *Dip Coating* e *Doctor Blade*
Fonte: Autoria própria

A figura 2 apresenta as medidas de cronoamperometria de filmes ITO/V₂O₅, depositados por *Spin Coating*, *Dip Coating* e *Doctor Blade*, respectivamente. As medidas foram realizadas para potencias catódico de -1.0 V e anódico de +1.0V para tempos de polarização de 15, 30 e 60 segundos, respectivamente. Das três técnicas estudadas, observa-se que para filmes depositados por *Dip Coating* a cinética de intercalação e de intercalação é mais rápida, sendo que que precisa pouco tempo para descolorir o filme.

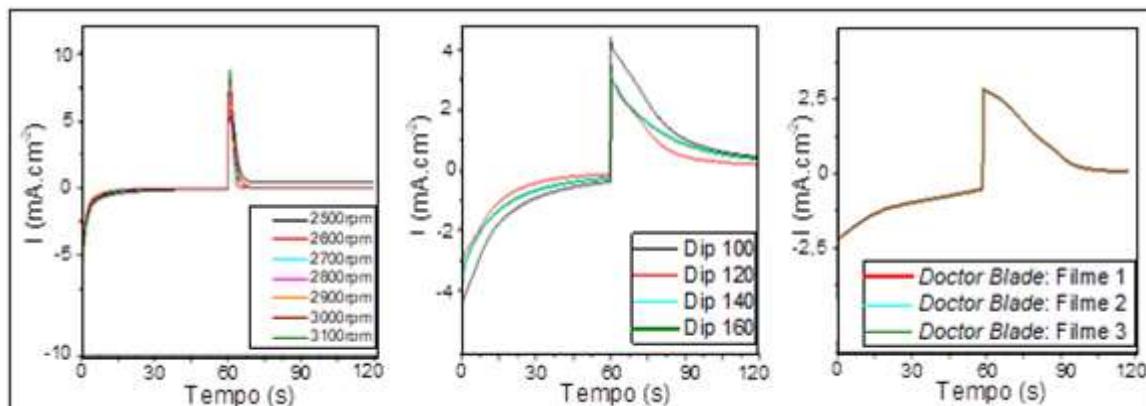


Figura 2: Cronoamperometria por *Spin coating*, *Dip Coating* e *Doctor Blade*
Fonte: Autoria própria

Foram realizadas medidas de cronocoulometria dos filmes ITO/V₂O₅ depositados por 3 técnicas diferentes, *Spin Coating*, *Dip Coating* e *Doctor Blade*. Foram aplicados potencias catódico de -1.0 V e anódico de + 1.0 V para tempos de inserção de 15, 30 e 60 segundos, respectivamente. As figuras 3 mostra os tempos de 60 segundos de inserção e mais 60 segundos de extração das técnicas de deposição, *spin coating*, *Dip coating* e *Doctor Blade*, respectivamente. Observando-se, que pela técnica *Dip Coating* os filmes armazenaram mais densidade de carga, com 81,17 mC/cm². Em segundo lugar a técnica *Doctor Blade* com 65 mC/cm² de armazenamento de densidade de carga. E em terceiro lugar a técnica *Spin Coating* com armazenamento de 25 mC/cm² de densidade de carga.

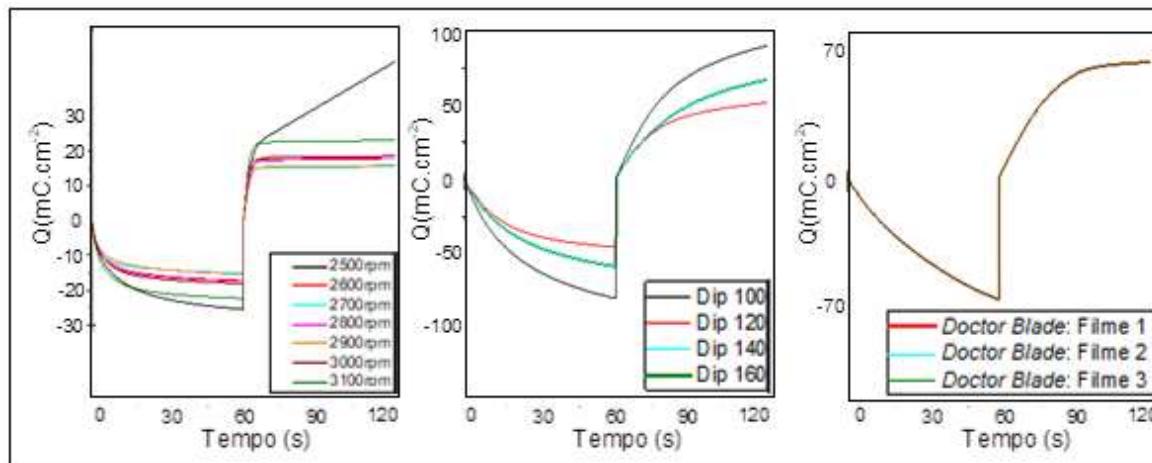


Figura 3: Cronocoulometria por *Spin coating*, *Dip Coating* e *Doctor Blade*
Fonte: Autoria própria

4. CONCLUSÕES

Esse estudo possui como principal intuito desenvolver um melhor entendimento sobre os filmes ITO/V₂O₅, para isto foram analisadas as respostas eletroquímicas para filmes depositados por três técnicas diferentes. E a partir desse olhar, a comunidade científica e a iniciativa privada possam aplicar os filmes eletrocrônicos de uma forma mais eficaz ao seu objetivo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATAK, G.; GHORAI, S.; GRANQVIST, C.; NIKLASSON, G.; PEHLIVAN, İ. Cycling durability and potentiostatic rejuvenation of electrochromic tungsten oxide thin films: Effect of silica nanoparticles in LiClO₄– Propylene carbonate electrolytes. **Elsevier, Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 250, 15 Jan., 2023.
- 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.
- CANNAVALE, A. et. al. Smart electrochromic windows to enhance building energy efficiency and visual comfort. **Energies**, v. 13, n. 6, p. 1449, 2020.
- GOMES G. L.; GIOCONDO I. C. F. Energia Solar - um estudo sobre o futuro da geração de energia elétrica. **Revista Científica Acerte - ISSN 2763-8928**, v. 1, n. 5, 2021.
- LIU, Q.; HELÚ, 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.
- NIU, J.; WANG, Y.; ZOU, X.; TAN, Y.; JIA, C.; WENG, X.; DENG, L. Infrared electrochromic materials, devices and applications. **Journal Elsevier, Applied Materials Today**, Vol. 24, September, 2021.
- MEHMOOD, A.; LONG, X.; HAIDR, A. A.; ZHANG, X. Trends in sputter deposited tungsten oxide structures for electrochromic applications: A review. **Jornal Elsevier, Ceramics International**, Vol. 46, October, 2020.
- WANG, J.; ZHAG, 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.