

## PROPRIEDADES ELETROQUÍMICAS DE FILMES FINOS DE PENTÓXIDO DE VANÁDIO ( $V_2O_5$ ) DEPOSITADOS SOBRE SUBSTRATO FLEXÍVEL

DANIELA NEVES PLACIDO<sup>1</sup>; LUANA USZACKI KRÜGER<sup>2</sup>;  
RAPHAEL DORNELES CALDEIRA BALBONI<sup>2</sup>; CAMILA MONTEIRO CHOLANT<sup>2</sup>;  
CÉSAR O. AVELLANEDA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CDTec-Universidade Federal de Pelotas - *danielaneves85@gmail.com*

<sup>2</sup>CDTec-Universidade Federal de Pelotas - *luanauszacki@gmail.com*

<sup>2</sup>CDTec-Universidade Federal de Pelotas - *raphael.balboni@gmail.com*

<sup>2</sup>CDTec-Universidade Federal de Pelotas – *camila\_scholant@hotmail.com*

<sup>3</sup>CDTec -Universidade Federal de Pelotas – *cesaravellaneda@gmail.com*

### 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, um aumento populacional provocou um crescimento no consumo de energia elétrica, gerando uma preocupação com o esgotamento das fontes de energia. Com isso, materiais foram desenvolvidos para contribuir na eficiência energética, como os dispositivos eletrocromáticos (também chamados de janelas inteligentes). Eles são capazes de minimizar a passagem de raios ultravioletas e infravermelhos aos ambientes internos, regulando assim a quantidade de calor e luz que são transmitidos através da janela, reduzindo assim o consumo de energia elétrica. Os materiais eletrocromáticos possuem a propriedade de mudança de coloração quando estão sujeitos à aplicação de potencial numa célula eletroquímica ou quando uma corrente passa através deles. A mudança de coloração pode ser gradual ou contínua e deve ser reversível se o potencial aplicado for invertido (Mota et al., 2016). Para exemplificar a aplicação dos materiais eletrocromáticos pode-se observá-los em displays eletrônicos, espelhos retrovisores modernos, janelas inteligentes (WANG, Z. et al., 2019).

Efeitos cromogênicos são constantemente estudados para obtenção destas janelas inteligentes. Metais de transição com propriedades cromogênicas, são utilizados na confecção das janelas, pois, são eles que garantem a mudança de coloração durante a etapa de oxidação e redução. A partir disso, iniciaram-se estudos a respeito do pentóxido de vanádio para o uso em dispositivo eletrocromático.

Este trabalho tem como objetivo o estudo das propriedades eletroquímicas do pentóxido de vanádio depositados em 1 e 2 camadas sobre o substrato flexível, este é o ITO PET, onde o Polietilenotereftalato (PET) é uma película revestida de óxido de estanho dopado com índio o que torna, a superfície condutora ainda mais transparente. Para as caracterizações eletroquímicas, utilizou-se Potenciostato/Galvanostato uma célula eletroquímica com três eletrodos (SPANAKIS et al., 2013).

### 2. METODOLOGIA

#### 2.1. LIMPEZA DO SUBSTRATO

Os substratos foram, inicialmente, lavados com água destilada e detergente, em seguida lavados com álcool isopropílico em banho de ultrassom por 30 minutos. Após esta etapa, foram lavados mais uma vez com água destilada para remoção dos resíduos restantes, como gordura ou poeira para posterior secagem e utilização.

## 2.2. PREPARAÇÃO DO SOL DE $V_2O_5$

Iniciou-se com uma mistura em um béquer álcool isopropílico ( $C_3H_8O$  - solvente) e ácido acético ( $C_2H_4O_2$  - catalisador) sob agitação magnética por 15 minutos, sem aquecimento. Em seguida, foi adicionado alcoxido de vanádio ( $OV(OCH(CH_3)_2)_3$ ) na solução permanecendo sob agitação por mais 15 minutos, resultando em um sol de  $V_2O_5$  de cor amarelada.

## 2.3. DEPOSIÇÃO DO FILME

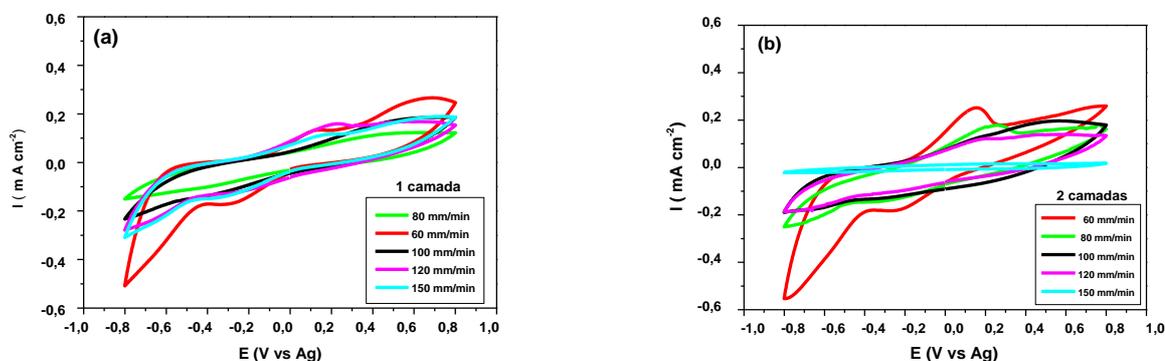
Os filmes foram obtidos através da deposição do sol de  $V_2O_5$  sobre o substrato flexível (ITO PET) com 1 e 2 camadas utilizando o equipamento *dip coating* (MARCONI-MA 765) com diferentes velocidades de deposição de imersão/emersão (60; 80; 100; 120 e 150 mm/min), seguidos de tratamento térmico a  $150^\circ\text{C}$  por 20 min, com rampa de aquecimento de  $10^\circ\text{C}/\text{min}$ .

## 2.4. ANÁLISE ELETROQUÍMICA

Para obter as análises de voltametria cíclica e cronocoulometria, foi utilizado potenciostato/galvanostato (Autolab PGSTAT-302N) acoplado a célula eletroquímica e eletrólito de 0,1 mol/L de perclorato de lítio ( $LiClO_4$  – Vetec) dissolvido em carbonato de propileno (CP – Sigma-Aldrich). Foi estabelecido uma faixa de potencial aplicado de -1V a +1V, com velocidade de varredura de 20mV/s.

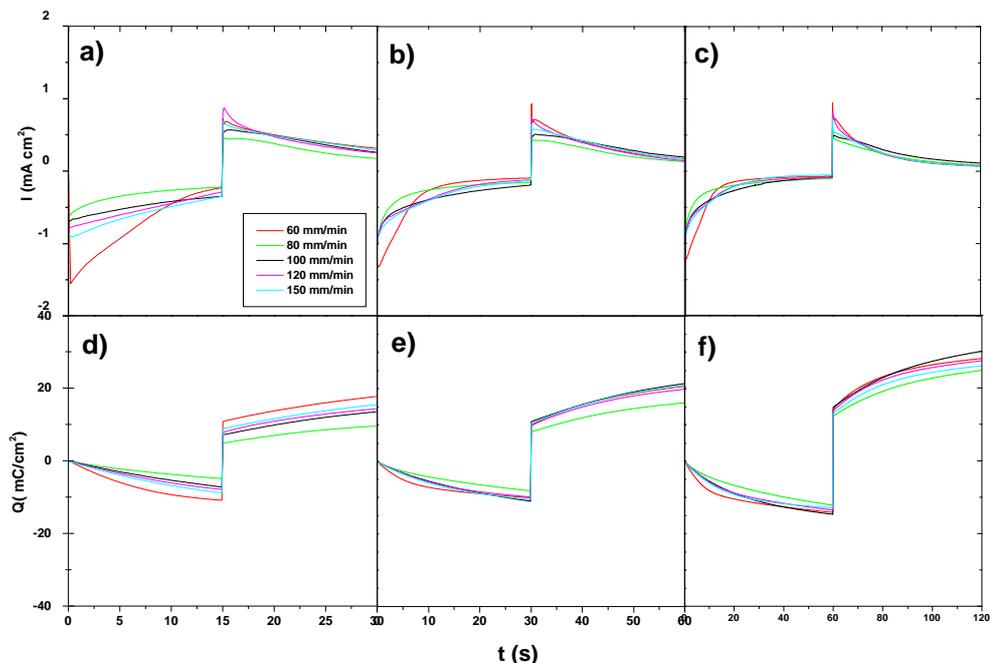
## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 01 representa a voltametria cíclica do filme de  $V_2O_5$  com 1 e 2 camadas de deposição. Pode-se perceber que houve um aumento da intensidade de corrente para a velocidade deposição de imersão/emersão de 60 mm/min para ambas as camadas, e conseqüentemente, um aumento na densidade de carga (figura 02). Nota-se que o aumento das camadas provocou um aumento na intensidade dos picos de densidade de corrente anódico e catódicos. Também observa-se a presença de dois picos de potenciais catódicos e dois picos de potenciais anódicos para ambas as camadas.



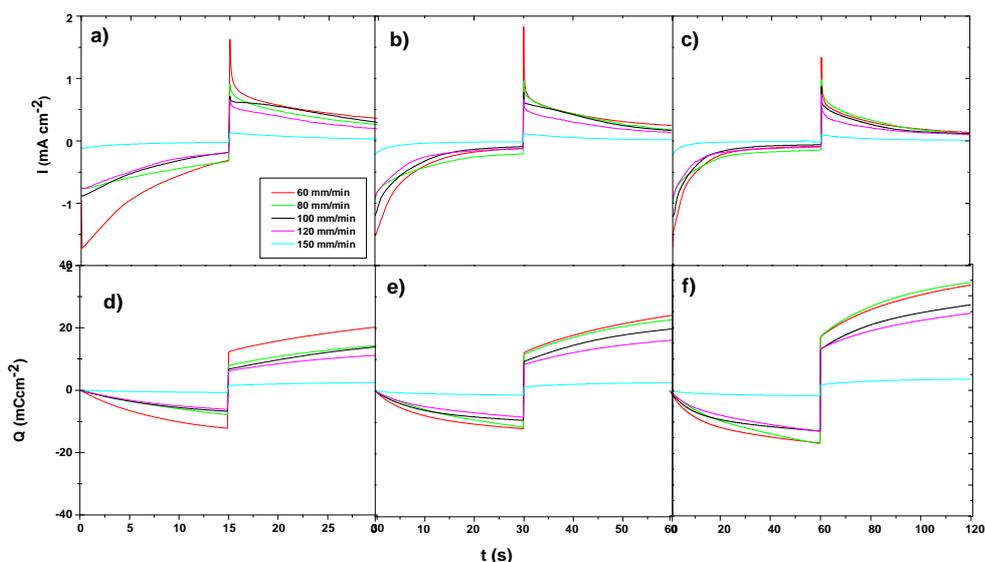
**Figura 01:** Voltametria Cíclica de  $V_2O_5$  a) 1 Camada e b) 2 Camadas de deposição.

Na figura 02, a, b e c representam as curvas de cronoamperometria para os tempos de inserção/extração de 15, 30 e 60s, respectivamente. De modo geral, observa-se que para o tempo de 60s, o processo de extração de carga, tende a ser mais rápido, ou seja, a extração é de ~ 16 s, e conseqüentemente, mais rápido o processo de reversão de coloração. Na figura 02 d, e, f, são apresentados as curvas de cronocoulometria, nota-se que para o tempo de 60s, tem-se o máximo de densidades de carga de ~15 mC.cm<sup>-2</sup> para a velocidade de deposição de 60 mm/min.



**Figura 02:** Cronoamperometria e Cronocoulometria de V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1 camadas para 15s, 30s e 60s.

A figura 03 a, b e c apresentam as curvas de cronoamperometria para os diferentes tempos de inserção/extração de 15, 30 e 60s, respectivamente. Percebe-se que para tempos maiores, 30 e 60s, a intensidade de densidade de carga tende a diminuir, o que pode estar relacionado a espessura do filme, já que nessas análises estão representadas para os filmes de V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 2 camadas. Da mesma forma, o processo de extração de carga, também tende a ser mais rápido, de ~ 20s para tempo de 60s de inserção/extração. As curvas de cronocoulometria para 2 camadas, são apresentados na figura 03 d, e, f. Observa-se o mesmo comportamento para 1 camada, porém um leve aumento da densidade de carga de ~17 mCcm<sup>-2</sup>.



**Figura 03:** Cronoamperometria e Cronocoulometria de  $V_2O_5$  2 camadas para 15s, 30s e 60s.

#### 4. CONCLUSÕES

Ao analisar os gráficos de voltametria cíclica de 1 e 2 camadas, respectivamente, percebe-se que houve uma maior inserção de lítio na velocidade de 60 mm/min, isso porque, quanto menor a velocidade de deposição, maior será o tempo que a solução terá para drenar no substrato e conseqüentemente mais fino será o filme. Ao comparar a velocidade de deposição de 60 mm/min no gráfico de 1 camada e de 2 camadas identifica-se picos catódicos e anódicos bem definidos no primeiro gráfico, pois os íons de lítio possuem uma maior facilidade para se introduzirem em um substrato em que a deposição da solução foi mais fina do que em uma mais grossa (2 camadas).

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DA MOTA, L. P. **ELETRÓLITOS POLIMÉRICOS A PARTIR DE POLI ( VINIL BUTIRATO ) PARA DISPOSITIVOS**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2016.

WANG, Z. et al. Hierarchical structure  $WO_3/TiO_2$  complex film with enhanced electrochromic performance. *Solid State Ionics*, 2019, 338, 168-176

SPANAKIS, E. et al. Effect of gold and silver nanoislands on the electrochemical properties of carbon nanofoam. **Electrochimica Acta**, v. 111, n. Supplement C, p. 305–313, 2013.