

CAPACITOR FLEXÍVEL A BASE DE CELULOSE E NANOTUBOS DE CARBONO

BRUNO DA SILVEIRA NOREMBERG¹; RICARDO MARQUES E SILVA²;
GUILHERME MARON³; JOSÉ HENRIQUE ALANO⁴; NEFTALI LENIN VILLAREAL
CARREÑO⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – bnoreMBERG@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas - ricardomarqueseng@globomail.com

³Universidade Federal de Pelotas - g_maron@hotmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas - henrique.al@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas - neftali@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A escassez dos combustíveis fósseis é um estímulo às energias limpas, como eólica e solar por exemplo. No entanto, o desenvolvimento destas tecnologias está atrelado a evolução e descoberta de novos materiais que permitam uma geração e armazenamento de energia mais eficiente, seguro, ambientalmente correto e economicamente viável. Com isso, grande parte das pesquisas que são voltadas a descoberta de novos materiais tem como foco os dispositivos de armazenamento de energia, devido ao potencial que estes apresentam para mudar o tradicional setor energético. Dentre os materiais mais promissores para tal desafio, destacam-se os materiais a base de carbono, como nanotubos de carbono e óxido de grafeno, que apresentam alta área superficial, baixa densidade e alta capacitância específica, o que permite um alto armazenamento energético (KHARE, K. S.; KHABAZ; KHARE, R., 2014). Deste modo, o presente projeto visa obter um material capacitivo e flexível, a base de matérias primas renováveis. Para isso se propôs a obtenção de uma papel a base de celulose obtida a partir da casca da banana, funcionalizada com nanotubos de carbono de paredes múltiplas.

2. METODOLOGIA

A obtenção do papel condutor foi realizada conforme o trabalho anteriormente publicado (NOREMBERG, *et al.*, 2017) onde inicialmente foi realizada a funcionalização de nanotubos de carbono com ácidos fortes (Nítrico e Sulfúrico). Neste processo são criados grupos funcionais na superfície dos nanotubos permitindo seu acoplamento químico na celulose (GOYANES, *et al.*, 2007). A celulose utilizada foi extraída de talos de banana conforme metodologia descrita na literatura (BELTRAN, 2014), baseados em processos de limpeza, autoclavagem, deslignificação e branqueamento, como ilustrados na Figura 1.

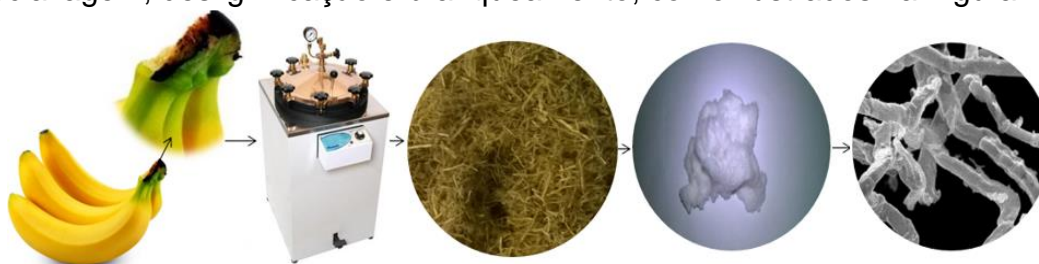


Figura 1 - Etapas da extração de celulose do talo da banana.

Sendo assim, para a obtenção do papel foi realizada uma reação de hidrólise ácida, onde almejou-se o acoplamento químico entre os grupos hidroxílicos disponíveis na celulose com os hidroxílicos (por meio de ligação de hidrogênio) ou carboxílicos (por meio de esterificação) dos nanotubos de carbono funcionalizados (TANG et al., 2013). Esta reação seguiu 4 etapas descritas a seguir: (1) preparo de uma dispersão de nanotubos funcionalizados de concentração 2mg/mL, realizada com o auxílio de um ultrassom (frequência nominal de 20kHz com potência de 500W) a 25°C durante 30min; (2) à 50mL desta dispersão foram adicionados 0,5g de celulose, 10mL de H₂SO₄ 10,2M e 10mL de água. Este frasco foi mantido sob agitação durante 4h a 80°C; (3) adicionalmente o frasco foi deixado em banho ultrassônico a 75°C durante 4h; (4) por fim, a solução resultante foi centrifugada e o precipitado lavado até que o sobrenadante atingisse pH 7. Com este precipitado, foi preparada uma nova dispersão de 25g/L em água destilada. Os papéis condutores, Figura 2, foram preparados através de uma simples secagem da dispersão do compósito, onde 15mL de solução foi vertida em uma placa de Petri de 25mL que foi mantida em dessecador a temperatura de 25°C até sua secagem.



Figura 2 – Fotografia do papel condutor obtido.

O compósito foi caracterizado por difração de raios-x (DRX), ressonância magnética nuclear (RMN), espectroscopia de infravermelho (FTIR) e microscopia eletrônica de transmissão (MET). As propriedades elétricas foram exploradas por voltametria cíclica, e carga e descarga galvanostática. As medidas foram realizadas em um potenciostato AUTOLAB (Metrohm, AUT85833, Holanda) em uma célula de vidro convencional de três eletrodos, em eletrólito de hidróxido de potássio (KOH) 6M, a temperatura ambiente (~24°C). Como eletrodo de trabalho foi montado um eletrodo utilizado o compósito, como contra eletrodo uma folha de platina (Pt), soldada a um fio de platina e como referência um eletrodo de prata/cloreto de prata (Ag/AgCl).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio das técnicas de caracterização de materiais utilizadas (DRX, FTIR e RMN), notou-se que o material compósito obtido (Figura 3) através da reação proposta, uniu a celulose com os nanotubos por meio de ligações de hidrogênio, uma vez que não foram identificados indícios de ligações carboxila/hidroxila, esperadas no processo de hidrólise devido as condições de esterificação (presença de hidroxilas, carboxilas e tempo e temperatura da reação) (NOREMBERG, et al., 2017)

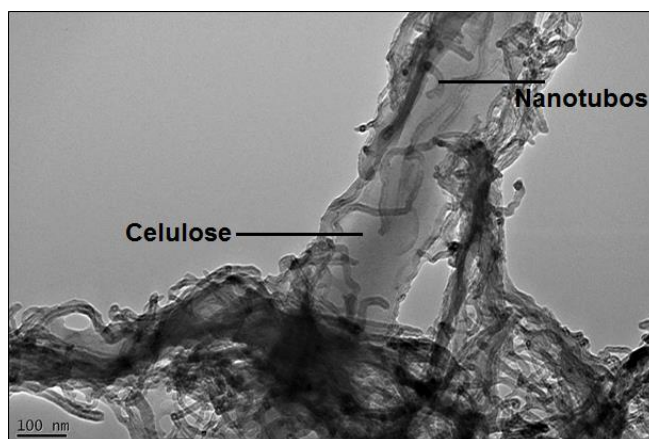


Figura 3 – Microscopia eletrônica de transmissão do composto celulose/nanotubos de carbono

Os resultados eletroquímicos obtidos indicam que o material apresentou um comportamento capacitivo, devido ao formato das curvas de voltametria cíclica da Figura 4-a, que quando em formas retangulares e isentas de picos de oxidação e redução são característicos de materiais capacitivos. Nestas curvas também se nota uma certa tendência a inclinação quando se aumenta a taxa de varredura, este fenômeno está atrelado ao fato da resistência elétrica do material ser alta, aproximadamente 240 ohms (KANG, Y. J. *et al.*, 2012). Utilizando a equação 1, onde I_a é a corrente anódica, dV é o intervalo de potencial, V é a velocidade de varredura, v é a taxa de varredura e A é a área geométrica do eletrodo de trabalho utilizado, foi possível calcular a capacitância do material, que foi de 16.86mF/cm².

$$C_e = \int \frac{I_a dV}{(v \times A \times V)} \quad \text{Equação 1}$$

Adicionalmente, os valores de capacitância também foram obtidos por meio de ensaios de carga e descarga, Figura 4-b, onde através da equação 2, na qual I é a corrente de descarga, dV/dt é a inclinação da curva e A é a área geométrica do eletrodo de trabalho, foi calculado um valor de capacitância de 3.08mF/cm²

$$C_e = \frac{I}{-(dV/dt)} \times A \quad \text{Equação 2}$$

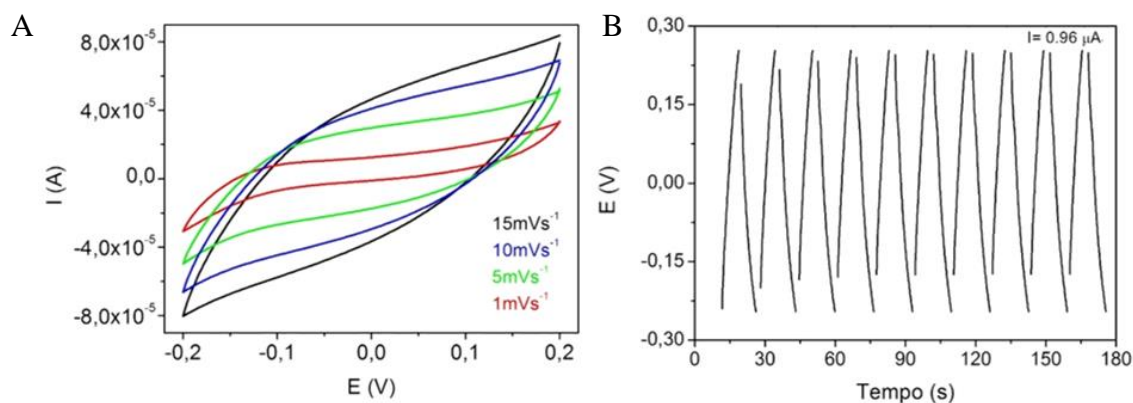


Figura 4 – a) Curvas de voltametria cíclica; b) curva de carga/descarga galvanostática.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos até aqui mostram a obtenção de uma material promissor para a aplicação proposta, pois até o momento, o trabalho ainda não foi finalizado, necessitando ainda explorar novas variáveis como difetentes eletrólitos, separadores, parâmetros eletroquímicos e montagens de dispositivos, que permitirão a obtenção de resultados de capacitância superiores, melhor estabilidade eletroquímica e retenção de cargas, possibilitando assim alcançar um maior número de aplicações.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELTRAN, J.E.R. **Análise do uso de fibras obtidas de talos de cascas de bananas na produção de placas termo isolantes**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Pelotas.

GOYANES, S. *et al.* Carboxylation treatment of multiwalled carbon nanotubes monitored by infrared and ultraviolet spectroscopies and scanning probe microscopy. **Diamond and related materials**, 2007.

KANG, Y. J. *et al.* All-solid-state flexible supercapacitors fabricated with bacterial nanocellulose papers, carbon nanotubes, and triblock-copolymer ion gels. **ACS Nano**, 2012.

KHARE, K. S.; KHABAZ, F.; KHARE, R. Effect of carbon nanotube functionalization on mechanical and thermal properties of cross-linked epoxy – carbon nanotube nanocomposites: role of strengthening the interfacial interactions. **ACS Applied Materials & Interfaces**, 2014.

NOREMBERG, B. S. *et al.* From banana stem to conductive paper: A capacitive electrode and gas sensor. **Sensor and Actuators B: Chemical**, 2017.

TANG, L. *et al.* Ultrasonication-assisted manufacture of cellulose nanocrystals esterified with acetic acid. **Bioresource technology**, 2013.