

AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA AMBIENTAL E OCUPACIONAL NA CADEIA PRODUTIVA DE CAPACITORES ELÉTRICOS DE CAMADA DUPLA USADOS EM EQUIPAMENTOS ELETROMÉDICOS - APLICAÇÃO DE BIOENSAIOS DE FITOTOXICIDADE E MUTAGÊNESE AMBIENTAL EM *Allium cepa*

Iasmin Perrazoli Gomes da Silva¹;
Natália de Souza Bittencurt de Almeida¹;
Lenon Henrique Costa²;
Bruna Carolina Rodrigues Silva³;
Profa Dra. Elisabeth Pelosi Teixeira⁴;
Professora Doutora Silvia Pierre Irazusta⁵.

1 – Alunas de Graduação em Tecnologia em Sistemas Biomédicos;

2- Faculdade de Engenharia Elétrica e da Computação - Unicamp Doutorando em....

3 – Programa de pós-graduação em Biotecnologia e Monitor Ambiental – UFSCar campus;

4,5 – ProfessoraS da FATEC Sorocaba.

(iasminperrazoli@hotmail.com) (silvia.pierre@hotmail.com)

Área do Conhecimento: Tecnologia em Sistemas Biomédicos

Palavras-chave: *Allium cepa*, MWCNT, fitotoxicidade, mutagenicidade e genotoxicidade

INTRODUÇÃO

O Brasil possui um grande desafio nas próximas décadas para buscar soluções que atendam aos crescentes requisitos de serviços de energia e satisfazer critérios de sustentabilidade, economia, saúde e acesso universal. Os EDLC's são dispositivos de armazenamento de energia baseados na carga e descarga de interfaces eletrodo-eletrólito de materiais de alta superfície, como os MWCNT (nanotubos de carbono de parede múltipla. [1])

Ainda que demonstrem grande aplicabilidade, ainda existem poucos estudos referentes aos possíveis impactos desses dispositivos no meio ambiente. Os produtos contendo nanomateriais podem gerar resíduos de fabricação, descarte e outros fatores prejudiciais.

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo avaliar a fitotoxicidade, a genotoxicidade e a mutagenicidade de nanotubos de carbono de parede múltipla (MWCNT) liberados a partir de capacitores do tipo EDLC por meio de bioindicadores vegetais, usando o bioensaio com *Allium cepa*.

METODOLOGIA

Amostra do eletrodo de carbono microporoso - capacitor elétrico de camada dupla (EDLC).

A amostra constituiu-se de 8 capacitores elétricos de camada dupla (EDLC) contendo 0,6 mg de nanotubos de carbono (NTC), tipo MWCNT.

Os capacitores foram imersos em 30 ml de água miliquê sob agitação por 2 horas, até dispersão completa dos NTC na água. Após este tempo, as moedas de aço inoxidável que foram suporte para a deposição foram retiradas e o conteúdo foi transferido para um balão volumétrico de 50 ml e seu volume foi completado. A concentração final desta solução foi de 100 mg.L⁻¹. A partir da mesma, foram preparadas diluições para obter as seguintes concentrações: 0,1; 1,0 e 10,0 mg.L⁻¹.

Bioensaio com *A. cepa*.

Cem sementes de *Allium cepa* foram colocadas em placas de Petri com papel filtro, embebido com 4mL de cada uma das diluições do nanotubo de carbono (MWCNT). Este ensaio demanda 15 placas de petri e 1500 sementes para as diluições dos nanotubos e mais 9 placas e 900 sementes para a análise dos controles. Os controles foram: água destilada como, controle negativo e o Etano metilsulfonato (EMS)

como controle positivo. Esta substância mutagênica conhecida, frequentemente utilizada como controle positivo de geno/mutagenicidade (REF). Os ensaios foram realizados sempre em triplicata.

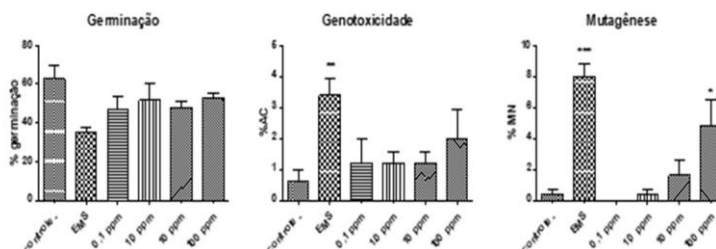
As placas com as raízes embebidas com as soluções de MWCNT, água ou EMS 4.10^{-4} mol foram envolvidas em filme plástico e deixadas por cinco dias em local escuro. Quando as raízes atingiram 2 cm de comprimento foram coletadas, enumeradas e fixadas no fixador Carnoy e após 24 horas, foram transferidas para álcool 70% até a hidrólise e confecção das lâminas. gráfico caracterizando o tipo de material carbonoso, e identificando os tipos de ligações. Após 72 h as raízes foram retiradas dos frascos com o etanol 70% e colocadas em um béquer de 100mL para o processo de hidrólise, realizada com HCl 1N a 60°C em banho-maria, por precisos 10 minutos. Após a hidrólise as raízes foram colocadas em frascos de vidro âmbar, contendo o reativo Schiff, onde ficaram por 2 horas em local escuro, após o que as raízes foram lavadas em água destilada, até que o excesso de corante seja retirado.

Após esse processo, passa-se à fase de confecção das lâminas. Sobre uma lâmina, colocou-se uma raiz com meristema intacto (porção terminal corada com roxo mais forte) e com auxílio de um bisturi cortou-se apenas a porção meristemática, sobre a qual foi adicionada uma gota de corante Carmim e coberto com uma lamínula. Foi pressionada sobre o material com auxílio de um lápis com a borracha de apagar, até que as células ficassem maceradas. Para leitura, as células foram observadas em microscópio óptico comum, com objetiva de 40x. Foram contadas 500 células por lâmina e cinco lâminas por tratamento (2500 células), avaliando-se a presença de aberrações cromossômicas (AC) e/ou micronúcleos (MN).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

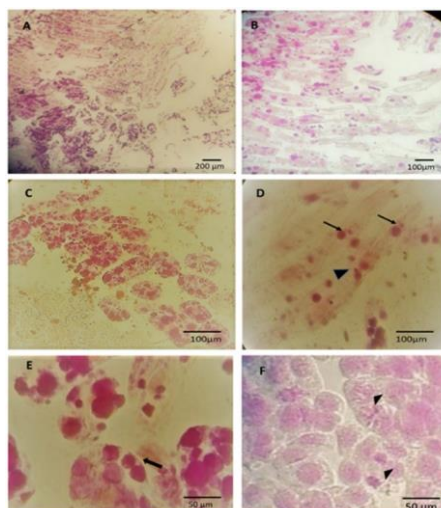
A Figura abaixo 1 apresenta os gráficos obtidos a partir do novo experimento, agora validado. Para a genotoxicidade, representada pela ocorrência de aberrações cromossômicas (AC), não se observou efeito significativo em nenhuma das concentrações testadas (Figura 1 B). Efeito mutagênico foi observado apenas na maior concentração testada de 100 ppm ($p < 0,05$), conforme na figura 2 C.

Figura 1: Resultados obtidos dos ensaios com Allium cepa: Em A estão os resultados da fitotoxicidade (1 A), a genotoxicidade é mostrada pela B e a Mutagenicidade em C, onde pode-se observar que a concentração de 100 ppm produziu porcentagem de MN significante maior que o controle negativo ($p < 0.05$)



Na figura 2 apresentamos algumas imagens representativas das alterações observadas na leitura das lâminas. Uma imagem panorâmica da preparação ilustrada na figura 2 C, pode ser vista na prancha abaixo (figura 2 A). Uma aproximação desta imagem pode ser vista em 2 B (aumento em 100X). Em C e D estão apontadas algumas alterações importantes causadas pelo clastogênico EMS. Em C observa-se células aberrantes com multinucleação, e em D estão apontadas pelas setas células com MN e na ponta da seta um “bud e”, que representa uma constrição do núcleo. Observa-se uma ampliação da imagem C na imagem E, agora em imersão onde a seta aponta uma célula binucleada, indicando poliploidia. Este efeito também foi observado com a concentração de 100 ppm, assim com muitas figuras de mitose, como estão apontadas em F, também em imersão

Figura 2: Resultados obtidos tanto no teste de genotoxicidade quanto mutagenicidade. Em A: imagem panorâmica da célula, aumento 40X; em B: mesma imagem com aumento de 100X; em C: Severas alterações nucleares pelo EMS, aumento de 400X; em D: Algumas aberrações cromossômicas, como MN, apontados pelas setas e um célula com “bud”(cabeça de seta, 400X); em E: Imagem de C em imersão, a seta mostra binucleação, (aumento 1000X); em F: Imagem de figuras de mitose (cabeças de setas, 1000X).



CONCLUSÕES

Podemos afirmar que os MWCNTs aqui testados nas concentrações estudadas não tiveram nenhuma influência sobre a germinação das sementes, isto é, não houve fitotoxicidade. Os MWCNTs aqui testados e expostos aos MWCNT nas concentrações empregadas não apresentaram efeito genotóxico ou mutagênico, exceto pela concentração de 100 ppm.

Apesar deste dado, pode-se considerar a segurança ambiental destes materiais, uma vez que não é uma concentração de relevância ambiental (GOTTSCHALK *et al.*, 2010; KOHLER *et al.*, 2008).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. O. LOBO, A. A. MARTIN, E. F. ANTUNES, V. J. TRAVA-AIROLDI, E. J. CORAT **Caracterização de materiais carbonosos por espectroscopia raman**. Disponível em: <http://www.sbvacu.org.br/rbav/index.php/rbav/article/view/99/99> Acesso em 21.fev.2020

AL-JUMAILI, A.; ALANCHERRY, S.; BAZAKA, K.; JACOB, M. V. Review on the Antimicrobial Properties of Carbon. **Nanostructures Materials (Basel)**, v.10, n. 9, pii: E1066, 2017.

MAX LU, G.Q. Supercapacitors: materials, systems and applications. **John Wiley & Sons,ed., Wiley-VCH, Weinheim,Germany 2013, p.525**.

FAROKHZAD, O.C.; LANGER, R. Impact of Nanotechnology on Drug Delivery. **ACS Nano**, v. 3, n. 1, p. 16–20, 2009.

ALSAADI, M.A.; AL – MAMUN, A.; MUYIBI, S.A.; ALAM, M.Z; SOPYAN, I.; AHMED, M.; ATIEH, M.A. Various Carbon Nanomaterials (CNMs) synthesized on powdered activated carbon by CVD reactor. In: **International Conference on Biotechnology Engineering, 2., 201, Kuala Lumpur. Anais... Kuala Lumpur: ICBioE'11, 2011**.

YANG, Y.; ASIRI, A. M.; TANG, Z.; DU, D.; LIN, Y. Graphene based materials for biomedical applications. **Materials Today**, 2013.

KIM, H.; LEE, D.; KIM, J.; KIM, T.; KIM, W. J. Photothermally Triggered Cytosolic Drug Delivery via Endosome Disruption Using a Functionalized Reduced Graphene Oxide. **ACS Nano**, v. 7, n. 8, p. 6735–6746, 2013.

TOMA, H.E. Research organization in Brazil: from chemistry to Nanotechnology. **Quím. Nova. v.28, p. 23-27, 2005.**

PASCHOALINO, M.P.; MARCONE, G.P.S e JARDIM, W. F. Os nanomateriais e a Questão ambiental. **Quím. Nova, v.33, n.2, p. 421-430. 2010.**

HUBBS, A.F.; MERCER, R.R.; BENKOVIC, S.A; HARKEMA, J.; SRIRAM, K.; SCHWEGLER – BERRY, D.; GORAVANAHALLY, M.P.; NURKIEWICZ, T.R.; CASTRANOVA, V.; SARGENT, L.M. Nanotoxicology - **A Pathologist's Perspective. Toxicol Pathol, v.39, n.2, p. 301-324, 2011**

KOHLER, R. A.; SOM, C.; HELLABD, A.; GOTTSCHALK, F. Studying the potential release of carbon nanotubes throughout the application life cycle. **Journal of Cleaner Production 16 (2008) 927e937.**

GOTTSCHALK, F.; SONDERER, T.; SCHOLZ, W. R.; NOWACK, B. Possibilities and limitations of modeling environmental exposure to engineered nanomaterials by probabilistic material flow analysis. **Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 29, No. 5, pp. 1036–1048, 2010**

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq que concedeu a bolsa durante o desenvolvimento da pesquisa.