UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº17.228 de 25/11/2016
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS
SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2021

FABRICAÇÃO DE UMA TINTA CONDUTORA COM NANOTUBOS DE CARBONO

Maria Victória Melo de Brito[1]; Edrian Mania[2]; Ernando Silva Ferreira[3];

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Licenciatura em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: mariafisuefs@gmail.com
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: emania@uefs.br
3. Participante do projeto, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: ernando@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Tinta condutora; Nanotubo de carbono; Condutividade.

INTRODUÇÃO

A aplicação da nanociência é um amplo conjunto de tecnologias de fabricação emergentes, que controlam e manipulam o material no nível de átomos e moléculas (YOUSIF, 2017). Dentre os materiais estudados o carbono, como elemento mais facilmente encontrado na natureza, é o que mais se destaca quanto à sua versatilidade de criação de novos produtos em razão de sua facilidade de configuração, encontrado como grafite, grafeno, diamante e o nanotubo de carbono (CTN), esse último será abordado durante o trabalho, fundamental para a produção do objeto de estudo, a tinta condutora.

Os nanotubos de carbono são estruturas cilíndricas concêntricas formados por arranjos hexagonais de átomos de carbono que possuem propriedades especiais devido à combinação de sua dimensionalidade, estrutura e topologia (FERREIRA, 2004). São especialmente eficientes quando usados com o objetivo de aumentar a condutividade elétrica de polímeros, devido às suas excelentes propriedades, alta razão de aspecto e sua tendência de se aglomerar e formar uma rede tridimensional interconectada dentro de uma matriz polimérica (MARTINS, 2010).Os CTNs destacam-se na nanotecnologia por sua versatilidade e aplicabilidade, como a fabricação de tintas condutoras e baterias que possuem vantagens sobre a utilização de metais como a alta flexibilidade, leveza, maior durabilidade e resistência química, permitindo assim a fabricação de componentes elétricos e eletrônicos usando esses nanocompósitos (MARTINS, 2010).

Em artigos recentes, tintas condutivas metálicas de prata, ouro, cobre e à base de carbono foram desenvolvidas e aplicadas à tecnologia de impressão, devido sua boa condutividade. A tecnologia de circuitos para sistemas de comunicação sem fio está exigindo a concepção de estruturas planares, compactas, flexíveis e reconfiguráveis (DAVID, MESQUITA) assim, o desenvolvimento de tintas condutivas à base de nanotubos de carbono, tem se mostrado uma ideia cada vez mais procurada pela ciência sendo de grande utilidade para o mercado com ótimo custo benefício tendo em vista que os processos de escrita direta não são apenas mais simples e baratos, mas também abrem

novas oportunidades para substratos flexíveis, dobráveis, extensíveis e descartáveis. Um exemplo notável é o interesse emergente em eletônicos de papel (HAN , et al., 2014).

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

Para a produção da tinta condutora foi necessário a diluição dos CTNs em água, essa mistura apresenta heterogeneidade devido à característica hidrofóbica do nanotubo, portanto será preciso uma modificação superficial em sua estrutura ou do meio aquoso. Para isso realizou-se a alteração da tensão superficial com a ajuda do surfactante dodecil sulfato de sódio (SDS), acrescentando para cada 10 ml de água deionizada, 50 mg de CTN e 100 mg de surfactante (HAN, et al., 2013), substância de características hidrofóbica e hidrofílica capaz de alterar a tensão superficial e interfacial do meio, misturando por uma hora e meia em um ultrassom a fim de se obter a dispersão dos nanotubos de carbono. A partir do momento em que se obtém a solução homogênea de nanotubos de carbono e água, tem-se então a tinta propriamente dita. Com o intuito de alcançar uma maior viscosidade adiciona-se, conforme o peso da quantidade de água utilizada em uma razão de 3:1 de glicerol (LIN, et al., 2013), assim obtendo uma tinta mais densa que a primeira e própria para a etapa de teste que se utilizou de delimitações com fita adesiva como estratégia de manter as dimenssões semelhantes nos substratos, evitando assim possíveis discrepâncias.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

Como primeiros resultados obteve-se o estudo e compreensão de assuntos relevantes como a resistividade e condutividade elétrica, e foi aprendido o manuseio do Mendeley Reference Manager, ferramenta de gerenciamento de referências bibliográficas. Em seguida, na parte experimental, conseguimos produzir as duas tintas, à base de água e com acréscimo de glicerol, sendo essa o resultado final da tinta própria para a testagem de aderência e condutividade. A Figura 1 apresenta o processo de fabricação da tinta. Em 1-A os nanotubos de carbono, disponibilizados pelo instituto de pesquisa CTNano, foram pesados em vidro de relógio, o mesmo foi feito com o SDS (Figura 1-B). A Figura 1-C demonstra a hidrofobicidade dos nanotubos, que ao serem simplesmente adicionados em água ficam suspensos. Ao acrescentar o SDS ocorre a quebra da tensão de superfície e os nanotubos se acomodam no fundo do béquer (Figura 1-D). Após uma hora e meia no ultrassom, a mistura torna-se homogênea e adiciona-se o glicerol como mostra a Figura 1-E.

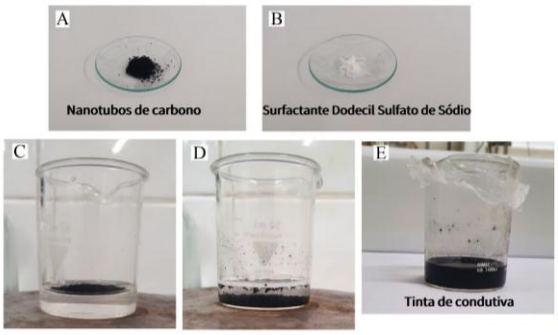

Figura 1: Preparação da tinta condutiva. **A e B -** Nanotubos de carbono e SDS em vidro de relógio, respectivamente; **C e D -** Nanotubos de carbono em meio aquoso sem adição do SDS e com

adição do SDS, respectivamente; **E** - Tinta de nanotubos de carbono homogeneizada após passar por um ultrassom.

Após a preparação da tinta, ocorreram os testes em diferentes substratos. Foram utilizados três tipos de superfícies: papel alumínio, palito de madeira e papel ofício. Como mostra na figura 2, primeiramente foi realizado um teste no papel ofício verificando a condutividade da tinta (Figura 2-A). Em seguida foram testados os três substratos como demonstrado em 2-B. Na Figura 2-C fica notável que no papel alumínio a aderência não foi efetiva, ao passo que no palito e no papel ofício a tinta adere bem. Assume-se então que a porosidade é um fator que interfere na adesão da tinta, porém, o palito de madeira suga a tinta não sendo possível ser aproveitada para ser testada. Logo, entende-se que a superfície de melhor resultado foi o papel ofício. A adesão da tinta condutiva ao papel mostra boa robustez contra dobras, amassamentos e outros esforços mecânicos. (HAN, et al., 2014)

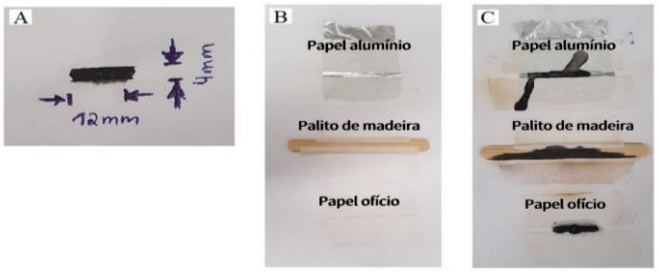

Figura 2: Teste de aderência. **A -** Primeiro teste de aderência no papel; **B** - Preparação dos substratos para deposição da tinta: papel alumínio, palito de madeira, folha de ofício; **C** - Substratos pintados com a tinta condutiva. Verifica-se a baixa aderência no papel alumínio e elevada dispersão na madeira devido à sua elevada porosidade.

Com a ajuda de um ohmímetro de um multímetro digital, mediu-se que a resistência do filme: R~600 Ω e para determinar a resistividade, utilizamos a largura, comprimento e a espessura da folha de ofício, que tem espessura aproximada igual a 0,1 mm (EPSON). Após realizados os cálculos de resistividade e condutividade, obteve-se como resultados 0,02 Ω.m e 50 S, respectivamente. Comparando esses dados com a leitura, expressos na Tabela 1, vemos que nossos resultados são consistentes com aqueles reportados em artigos. Apsar de algumas divergências, possuem ordens de grandeza compatíveis às referências.

	Resistividade (Ωm)
UEFS	0,02
(AZIZ, A., 2020)	0,11
(HU, L., 2009)	1
(WANG, X., 2018)	1,7E-7

Tabela 1: Resultados dos testes de condutividade e comparação com resultados da literatura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Ao fim deste trabalho, foi possível estabelecer uma receita experimental promissora para uma tinta condutora. Após os testes nos substratos apresentados, foi observado que a tinta ficou melhor depositada sobre a superfície de papel. Isso se dá pela capacidade de absorção e a característica de porosidade da superfície a ser testada, enquanto o papel

alumínio é um substrato pouco poroso, o palito de madeira conta com essa característica em excesso em relação à capacidade da tinta de se manter em sua superfície, não contribuindo para o teste de condutividade. Em contrapartida o papel ofício encontra-se no meio termo dos dois substratos anteriores, adere melhor a tinta e, consequentemente, é um potencial condutor para a tinta apresentada, ao passo que foi obtido uma condutividade baixa, o que indica facilidade ao conduzir eletricidade, comprovando a efetividade da tinta quanto ao seu aspecto elétrico sendo um primeiro passo para que futuros trabalhos possam fazer uso.

REFERÊNCIAS

YOUSIF, Q. A., 2017. Nanotechnology: Theory, application and explanation of the most important devices used. no. February, doi: 10.13140/RG.2.2.35847.91045.

FERREIRA, O. P., 2004. Nanotubos de Carbono: Preparação e Caracterização, *Inst. Química*, no. Figura 1, p. 38.

MARTINS, J. D. N., 2010. Preparação e caracterização de nanocompósitos de poli(fluoreto de vinilideno) com poss e nanotubos de carbono, *Univ. Fed. do Rio Gd. do Sul, Tese Mestr.*

DAVID, M.; MESQUITA, S. De, Síntese de uma nova tinta condutiva para circuitos de micro-ondas impressos sobre substrato de vidro e fibra de vidro.

HAN, J.-W.; KIM,B.; LI, J.; MEYYAPPAN, M., 2014. Carbon nanotube ink for writing on cellulose paper, *Mater. Res. Bull., vol. 50, pp. 249–253, doi: 10.1016/j.materresbull.2013.10.048.*

HAN, J.-W.; KIM,B.; LI, J.; MEYYAPPAN, M., 2013. A carbon nanotube based ammonia sensor on cellulose paper, *RSC Adv., vol. 4, no. 2, pp. 549–553, doi: 10.1039/c3ra46347h.*

LIN, Z.; et al., 2013. Preparation of water-based carbon nanotube inks and application in the inkjet printing of carbon nanotube gas sensors, *J. Electron. Packag. Trans. ASME, vol. 135, no. 1, pp. 1–5, doi: 10.1115/1.4023758.*

EPSON, Especificações do papel. Epson suporte, disponível em: https://files.support.epson.com/docid/cpd4/cpd43254/source/printers/source/specifications/reference/scp800/spex_paper_printer_scp800.html

AZIZ, A.; BAZBOUZ, B.; WELLAND, M. E., 2020. Double-Walled Carcon Nanotubes Ink for High-Conductivity Flexible Electrodes, *ACS Appl. Nano Mater., vol. 3, no. 9, pp. 9385-9392, doi: 10.1021/acsanm.0c02013*

HU, L., et al., 2009. Higly conductive paper for energy-storage devices, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 106, no. 51, pp. 21490–21494, doi: 10.1073/pnas.0908858106.

WANG, X.; GOU, W.; ZHU, Y.; LIANG, X.; WANG, F.; PENG, P., 2018. Electrical and mechanical properties of ink printed composite electrodes on plastic substrates. *Appl. Sci.*, vol. 8, no. 11, doi: 10.3390/app8112101.