

NANOTUBOS DE CARBONO: COMPÓSITOS METAL-NANOTUBOS

Aluno: Lucas Freire

Orientador: Fernando Lázaro Freire Jr

INTRODUÇÃO:

As atividades de pesquisa em nanotubos de carbono, material paradigmático da Nanociência e da Nanotecnologia, têm tido um crescimento exponencial a partir de sua descoberta em 1991 [1]. Não é o caso de repetir-se aqui as propriedades e potenciais aplicações deste material, mas apenas mencionar alguns trabalhos de revisão onde esses pontos são discutidos detalhadamente [2-5]. Entretanto, o mecanismo de formação de nanotubos em ambientes químicos fora do equilíbrio termodinâmico, descarga em arco, plasma e ablação por laser, está ainda longe de ser completamente controlado [6], o que abre grandes perspectivas para pesquisas nesta área tanto do ponto de vista fundamental como de suas aplicações. De fato, ainda hoje não existe uma rota tecnológica, dentre tantas desenvolvidas ao longo desses anos, que permita controlar o caráter metálico ou semicondutor de um nanotubo. A introdução de dopantes só recentemente está sendo possível com um certo grau de controle em nanotubos de paredes duplas e simples [7].

É bem conhecido que nanotubos de carbono têm excepcionais propriedades. Deste modo, ao colocar nanotubos em matrizes apropriadas, espera-se que o composto resultante tenha suas propriedades, mecânicas, térmicas ou elétricas, aprimoradas quando comparadas com as da matriz original. O uso de nanotubos em matrizes poliméricas é objeto de inúmeros estudos em todo o mundo [8]. O nosso interesse é em sistemas envolvendo metais, tema que só recentemente tem despertado a atenção de pesquisadores [9,10]. No caso da incorporação de nanotubos em matrizes metálicas podemos esperar a melhoria das propriedades mecânicas -aumento da dureza e das resistências à fadiga e ao desgaste [11], mas resultados positivos são também esperados no que diz respeito às propriedades elétricas e magnéticas [12]. Entretanto, este não é um problema trivial. O ponto crítico é a dificuldade de metais em molharem nanotubos de carbono, já que isso determina como metais podem aderir à sua superfície. Como destacado por Dujardin, materiais com alta tensão superficial, como é o caso dos metais, não molham espontaneamente a superfície de um nanotubo [13]. Assim, é frequentemente aceito que interações de Van der Waals, e não ligações químicas, são responsáveis pela aparente adesão de partículas metálicas à superfície de nanotubos de carbono [14]. Um outro aspecto importante é o crescimento de nanotubos, de

paredes simples ou múltiplas diretamente sobre substratos metálicos, onde mais uma vez as propriedades da interface metal-nanotubos jogam um papel de fundamental importância [15]. É necessário, portanto, que novas rotas sejam exploradas visando à otimização e homogeneização de recobrimentos metálicos a nanotubos de carbono.

OBJETIVO:

Produzir nanotubos a partir de compostos contendo carbono com utilização de compostos metálicos como reagentes com o objetivo final de desenvolver detectores de gases.

PROCEDIMENTOS E METODOLOGIA:

1. Materiais e ferramentas: tubos de quartzo, pipetas, béqueres, estufa equipada de forno, cilindro de Argônio, controladora de fluxo de gás, balança de precisão, cronômetro, sonicador, balão de vidro, maçarico e material de segurança (luvas cirúrgica, luva de amianto e jaleco).

2. Preparação da experiência ou deposição: o primeiro procedimento é ligar a controladora de fluxo de gás (tendo em vista que a boa precisão do aparelho só ocorria após certo período de tempo) e arrumar espacialmente os elementos dentro da estufa. Enquanto isso prepara-se os tubos de quartzo: limpeza com detergente, água e acetona e posteriormente queima-se o tubo com maçarico para que haja evaporação da água e da acetona e esterilização, faz-se também uma divisão de setores do tubo à partir da entrada do forno em 5, 10, 15, 20 e 25 cm e o coloca dentro do forno devidamente posicionado. Feito isto, liga-se o forno para que o mesmo atinja a temperatura desejada.

Uma vez terminados estes procedimentos pesa-se a quantidade desejada de reagente (ferroceno) na balança de precisão para misturar na solução (ferroceno/benzilamina), mede-se o volume de soluto (benzilamina) com a pipeta e coloca-se a solução já pronta para sonicar, tendo como objetivo uma solução completamente homogênea. Terminado este último procedimento coloca-se a solução no balão (já na boca do tubo) e a deposição está pronta para ser iniciada levando em conta que o forno já está na temperatura correta e os parâmetros da controladora de fluxo já estão devidamente configurados.

3. Deposição: abre-se então a válvula do balão e a deposição está iniciada. A deposição ocorre da seguinte forma: o gás pressiona a solução para fora do balão que possui um bico pulverizador a fim de criar uma nuvem de gotículas dentro do tubo que está dentro do forno quente na posição horizontal. O gás passa pelo tubo fazendo com que as partículas da solução

atravessem o tubo e se depositem na parede do mesmo criando nanotubos com comprimento no sentido do tubo e do fluxo de gás. O resíduo da deposição sai do tubo em forma de gás e passa por um condensador onde é armazenado em estado líquido.

4. Coleta de material: espera-se cerca de 3 horas para que o forno e a estufa esfriem lentamente para não comprometer os nanotubos. Retira-se então o tubo de dentro da estufa e com a ajuda de um bastão de metal com disco na ponta raspa-se os setores da parede do tubo onde o material está depositado e guarda-se o material retirado devidamente separado por setores para depois levá-lo para análise.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Foram necessárias muitas deposições com diferentes parâmetros para que se obtivesse bons resultados. A temperatura variava entre 800°C e 1200°C. O volume de solução, após muito tempo ficou estabilizado em 5ml, pois com valores acima desse percebeu-se que era depositado muito material no tubo e grande parte dele não tinha resultado satisfatório, com menos solução verificou-se menos material depositado, porém mais nanotubos. O fluxo também foi um fator que variou bastante, pois com fluxo baixo grande parte do material depositava-se nos primeiros setores do tubo e pouquíssimo no resto, já com o fluxo muito alto as partículas passavam da seção do tubo onde terminava o forno e praticamente nada era depositado nas partes frias do tubo. Uma mudança muito boa foi inclinar ligeiramente o tubo (que fica na horizontal) de forma a colocar o seu final mais alto que o início.

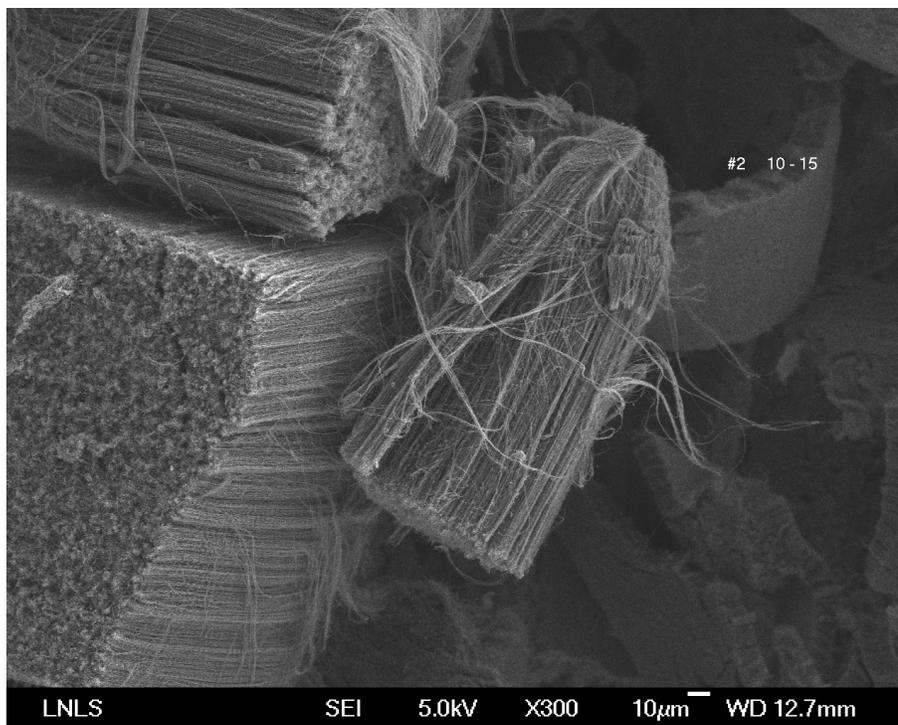


Figura 1: resultado da análise de deposição feita no laboratório LNLS em Campinas. Destaca-se a organização dos nanotubos.

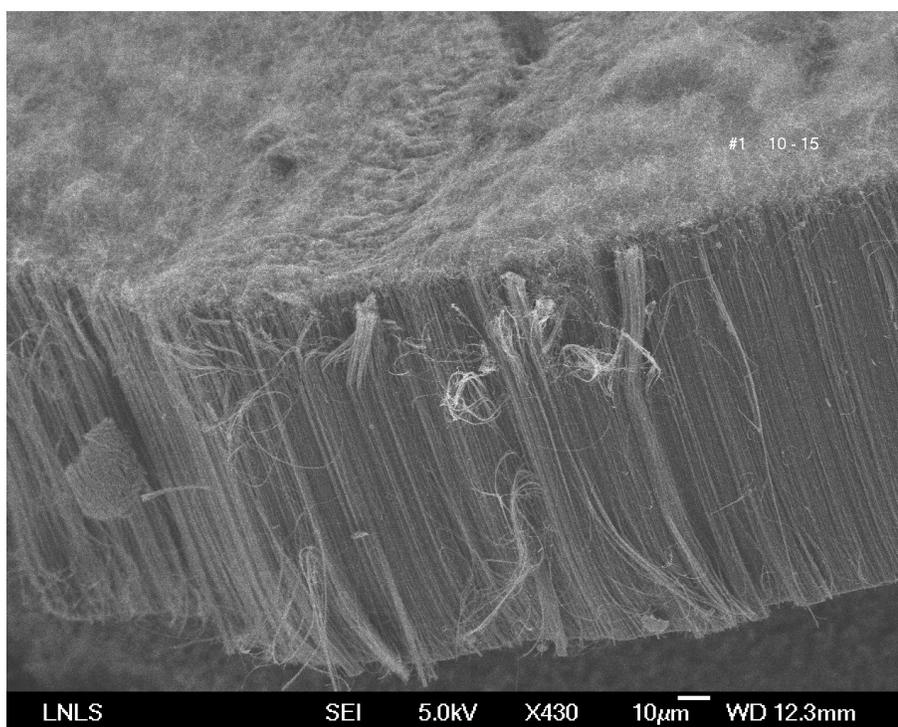


Figura 2: resultado da análise de deposição feita no laboratório LNLS em Campinas. Destaca-se o comprimento dos nanotubos da ordem de 0.1 mm.

Assim, o gás quente na entrada do tubo tinha mais facilidade para percorrer o comprimento do tubo de forma mais suave, tendo em vista que quando quente, o gás tende a subir. Isto proporcionou menos turbulência dentro do tubo, resultando em melhores coletas e melhores resultados, conseqüentemente.

Percebe-se que esses nanotubos mudam suas características de condutibilidade elétrica ao passo que determinados gases ambientes reagem com os mesmos. Isto trouxe a idéia de criar um detector de gás criando parâmetros Concentração de Gás x Condutibilidade Elétrica. Assim, esse aparelho detectaria e indicaria a concentração de determinados gases no ambiente. Tendo em vista que as experiências feitas em laboratório ainda envolverão outros compostos carbônicos e outros reagentes, tal aparelho seria capaz de detectar diferentes tipos e concentrações de gases em determinado ambiente.

BIBLIOGRAFIA:

- [1] S. Iijima, Helical microtubules of graphitic carbon, *Nature* 345 (1991) 56.
- [2] M.S. Dresselhaus, G. Dresselhaus e Ph. Avouris (eds.) *Carbon Nanotubes: Synthesis, Structure, Properties and Applications* (Springer Verlag, New York, 2001).
- [3] R.H. Baughman, A.A. Zakhidov e W.A. de Heer, *Carbon Nanotubes - The Route toward Applications*, *Science* 297 (2002) 787.
- [4] M. Terrones, *Science and Technology of the Twenty-First Century: Synthesis, Properties and Applications of Carbon Nanotubes*, *Annual Review of Materials Science* 33 (2003) 419.
- [5] M.S. Dresselhaus, G. Dresselhaus e A. Jorio, *Unusual Properties and Structure of Carbon Nanotubes*, *Annual Review of Materials Science* 34 (2004) 247.
- [6] W.A. de Heer, P. Poncharal, C. Berger, J. Gezo, Z.M. Song, J. Bettini e D. Ugarte, *Liquid carbon, carbon-glass beads, and the crystallization of carbon nanotubes*, *Science* 307 (2005) 907.
- [7] P. Ayala, A. Gruneis, T. Gemming, D. Grimm, C. Kramberger, M.H. Rummeli, F.L. Freire Jr., H. Kuzmany, R. Pfeiffer, A. Barreiro, B. Buchner e T. Pichler. *Tailoring N-Doped Single and Double Wall Carbon Nanotubes from a Nondiluted Carbon/Nitrogen Feedstock*, *Journal of Chemical Physics* C 117 (2007) 2879.
- [8] W.A. Curtin e B.W. Sheldon, *CNT-reinforced ceramics and metals*, *Materials Today*, November (2004) 44.
- [9] W.A. Curtin e B.W. Sheldon, *CNT-reinforced ceramics and metals*, *Materials Today*, November (2004) 44.

- [10] P. Ayala, F.L. Freire Jr., L. Gu, D.J. Smith, I.G. Solórzano, M. Terrones, H. Terrones, J. Rodriguez-Manso e J.B. Vander Sande, Nanotube decoration through the synthesis of nanostructured nickel particles, *Chemical Physics Letters* 431 (2006) 104.
- [11] W.X. Chen, J.P. Tu, H.Y. Gan, Z.D. Xu, Q.G. Wang, J.Y. Lee, Z.L. Liu e X.B. Zhang, Electroless preparation and tribological properties of Ni-P-Carbon nanotube composite coatings under lubricated condition, *Surface and Coatings Technology* 160 (2002) 68.
- [12] X. Chen, J. Xia, J. Peng, W. Li e S. Xie Carbon-nanotube metal-matrix composites prepared by electroless plating, *Composite Science and Technology* 60 (2000) 301.
- [13] E. Dujardin, T.W. Ebbesen, H. Hiura e K. Tanigaki, Capillary and wetting of carbon nanotubes, *Science* 265 (1994) 1850.
- [14] M. Baumer, J. Libuda e H.J. Freund, The temperature-dependent growth mode of nickel on the basal-plane of graphite, *Surface Science* 327 (1995) 321.
- [15] S.Talapatra, S. Kar, S.K. Pal. R. Vajtal, L. Ci, P. Victor, M.M. Shaijumon, S. Kaur, O. Nalamasu e P.M. Ajayan, Direct growth of aligned carbon nanotubes on bulk metals, *Nature Nanotechnology* 1 (2006) 112.