

Recém-patenteado, produto é mais eficiente e mais barato do que os convencionais

Reagente 'verde' limpa áreas contaminadas por compostos

RAQUEL DO CARMO SANTOS
rds@unicamp.br

Um novo reagente desenvolvido nos laboratórios do Instituto de Química para destruição de compostos tóxicos demonstrou ser pelo menos dez vezes mais eficiente na remediação de áreas contaminadas, principalmente naquelas atingidas por derivados de petróleo. Recém-patenteado e batizado com o nome fantasia de Fentox, o produto aumenta o poder destrutivo do peróxido de hidrogênio – substância convencional utilizada para a descontaminação dessas áreas. Um dos autores da invenção, o professor Wilson Jardim, do Instituto de Química, acredita que a tecnologia também abre a possibilidade de diversificação de usos potenciais em segmentos ainda não pesquisados, como por exemplo os efluentes industriais líquidos e gasosos. “Até então, a única opção de remediação desses contaminantes consistia na sua incineração”, explica.

O Fentox, aliado ao peróxido de hidrogênio, foi testado e aprovado pela equipe do Instituto de Química quanto ao poder de destruição dos contaminantes de água e solo. Foi comprovada a diminuição no tempo de descontaminação em até dez vezes. O composto pode atuar de 12 a 24 horas. Além da eficácia, as vantagens são inúmeras. É biodegradável e não deixa rastros de aplicação por causa da sua decomposição, favorecendo desta forma a sua aceitação pelas agências de proteção ambiental. O custo da inovação é barato frente à economia que pode oferecer, além do mais, o produto não precisa ser utilizado em gran-



O professor Wilson Jardim: “Queremos produzir o Fentox em larga escala, mas para isso dependemos de negociações para a transferência da tecnologia”

des quantidades. Quando se utiliza o composto, evita-se o gasto extra do peróxido de hidrogênio.

No caso das contaminações por derivados de petróleo, o principal problema está nos vazamentos em tanques subterrâneos dos postos de gasolina. Quando muito antigos, os tanques sofrem corrosão que acabam por contaminar os aquíferos. O ideal, segundo Jardim, é que a remediação seja feita em espaço curto de tempo e a um custo acessível para que se mantenha a rotina de operação, sobretudo em centros urbanos.

Ponta do iceberg – Para entender

a dimensão do problema dos solos contaminados, dados da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb) indicam que, no Estado de São Paulo, as áreas já somam mais de mil. Na opinião de Jardim, este número é ainda maior. “Grande parte refere-se a domínios inventariados em que a maioria é identificada por auto-denúncia. Além disso, o passivo oficial tem como base os levantamentos das décadas de 60, 70 e 80. Por isso, acredito que os números da Cetesb são, apenas, a ponta do iceberg”, avalia. Todas essas áreas demandam uma intervenção do Ministério da Saúde quando

os níveis atingem índices que colocam em risco a população do entorno.

Antes, explica Jardim, eram feitas escavações em uma determinada área e as porções contaminadas eram removidas e, conseqüentemente, incineradas. Esse processo é chamado de *ex-situ*. “O aumento do risco é maior, uma vez que, durante o transporte, os contaminantes podem ser perdidos no caminho”, explica. Desta forma, cresce cada vez mais o desenvolvimento de tecnologias chamadas de oxidativas *in-situ*. A oxidação química *in-situ* consiste na injeção do composto para a destruição dos bolsões com de-

rivados de petróleo. Ele esclarece que essas técnicas não são paliativas, mas sim destroem por completo os contaminantes do solo, transformando-os em água ou gás carbônico, sem gerar subprodutos. Existem no mercado, por exemplo, tecnologias convencionais que transferem a contaminação do solo para a atmosfera. “As oxidativas são tecnologias alternativas emergentes que diminuem os riscos à vida humana”, afirma.

Transferência de tecnologia – A idéia dos autores da patente – também assina com Jardim o estudante Juliano de Almeida Andrade – é conseguir parceria com produtores de peróxido de hidrogênio para que se coloque o reagente no mercado. Segundo o pesquisador, há oito anos o Laboratório de Química Ambiental desenvolve tecnologias avançadas de oxidação para contaminantes de difícil destruição para tentar minimizar a problemática dos efeitos tóxicos. “Queremos produzir o Fentox em larga escala, mas para isso dependemos de negociações para a transferência da tecnologia”, destaca.

Fentox – O nome do reagente Fentox é na verdade uma homenagem ao químico Fenton, que iniciou os primeiros trabalhos com tecnologias oxidantes. Ele publicou seu trabalho pioneiro no uso do peróxido de hidrogênio como oxidante em 1894 e sua obra continua viva. “São mais de cem anos de conhecimento que foram resgatados”, declara Jardim. Na década de 80, os estudos na área foram retomados e suas fórmulas foram utilizadas para remediação na Europa, Estados Unidos e Canadá. São tecnologias emergentes de dois séculos atrás que facilitaram muito as experiências para a remediação.

Trabalho sobre nanotubos de carbono é tema de capa em revista americana

CARMO GALLO NETTO
carmo@reitoria.unicamp.br

A prestigiosa revista especializada americana *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* traz como artigo de capa, na edição de fevereiro, trabalho desenvolvido pelo professor Fernando Alvarez, do Laboratório de Pesquisas Fotovoltaicas do Instituto de Física da Unicamp, envolvendo processo de obtenção e caracterização de nanotubos de carbono contendo nitrogênio, a partir de substratos que foram disseminados catalisadores metálicos apropriados.

Os materiais têm potenciais aplicações importantes em nanoeletrônica, com destaque para a fabricação de telas planas, pois os nanotubos depositados em uma superfície plana e corretamente utilizada permitem emissão eficiente de elétrons para a formação de imagens e poderão vir a substituir os tubos de raios catódicos usados nos monitores convencionais. Nestes, os elétrons são projetados a partir de um cátodo emissor sobre uma tela, ao passo que nas telas planas são gerados na sua parte posterior, ou seja, praticamente na própria superfície. Além da vantagem de um sistema compacto e que utiliza baixa tensão, existe a possibilidade de deposição uniforme do material, de reprodução confiável e barata e do controle da emissão de elétrons.

Alvarez esclarece que já se utilizam nanotubos de carbono para gerar elétrons em equipamentos de raios X. Reconhece que problemas ainda devem ser resolvidos para a viabilidade comercial em telas pla-



O professor Fernando Alvarez, do Instituto de Física da Unicamp, e a capa da revista (destaque): técnica original

nas. “Existem questões relacionadas à homogeneidade, durabilidade, densidade de elétrons emitidos, entre outros. Da pesquisa à utilização no mercado, geralmente o tempo é de cinco a dez anos e o emprego não é imediato”. Mas, lembra muitas outras aplicações para os nanotubos, associadas às suas características, como estrutura extremamente resistente à tração, exigindo grandes forças para esticá-los, propriedade mecânica importante na fabricação de fibras ou de produtos com grande resistência.

O professor Alvarez destaca que na verdade o interesse maior do estudo que realiza é o de modificar as propriedades elétricas do material, pois nesse particular abrem-se mui-

tos caminhos: “Usamos uma técnica original que se chama deposição assistida por íons (IBAD, Ion Beam Assisted Deposition), que consiste na deposição, mediante um feixe de íons, do carbono sobre sementes de catalisadores em que os nanotubos crescem. Com a utilização de outro feixe de íons, incorporamos o nitrogênio à estrutura. O nosso objetivo é também aumentar o comprimento dos nanotubos, do que podem resultar aplicações muito interessantes”.

Os nanotubos são constituídos de camadas atômicas na forma de folhas de grafite enroladas e nelas são incluídos outros átomos, introduzidos controladamente. O objetivo é controlar a quantidade e a localiza-

ção do nitrogênio na estrutura. O problema, diz Alvarez, “é o crescimento controlado e da estrutura e a composição do material, influenciados por múltiplas variáveis do processo, e a análise dos resultados, utilizando técnicas de caracterização como microscopia eletrônica, microscopia óptica, propriedades de transporte e o arcabouço possível da física teórica”. O docente destaca a colaboração da professora Maria Cristina dos Santos no projeto de nanoestruturas e de estudantes de pós-graduação nos trabalhos de nanotecnologia.

Motivações – O que teria levado os editores da revista a destacar o trabalho? “Acredito que tenham visto originalidade na técnica, potencialidade do método empregado, resultado interessante e que consideraram que sua divulgação poderia gerar outros desenvolvimentos. O método que empregamos possibilita controle muito apurado dos parâmetros de deposição. Projetamos e construímos aqui todo o equipamento, utilizando naturalmente vários componentes importados, e desenvolvemos e exploramos as potencialidades do sistema”.

O pesquisador manifesta uma visão clara e madura da amplitude dos trabalhos desenvolvidos no Brasil em relação aos centros avançados: “Como podemos contribuir, em nossa área de atuação, para o desenvolvimento da ciência? Essa é uma pergunta que me faço toda manhã. É preciso considerar que o desenvolvimento da nanotecnologia é uma continuidade do trabalho desenvolvido na microeletrônica, que por sua vez é uma tecnologia que requer milhões de dólares, como acontece no primeiro mundo. Nesse sentido es-

tamos em desvantagem”. Na opinião do docente, vai ser muito difícil, em curto prazo, desenvolver uma nanotecnologia independente uma vez que o país não tem microeletrônica em nível de desafio, tarefa que requer anos. “Isso me parece muito complicado, diria sem pessimismo, mas com realismo”. Para chegar lá, segundo o pesquisador, o Brasil precisa de uma infra-estrutura consolidada por grandes investimentos e formação de pessoal em todos os níveis. “Não temos essa capacidade instalada, embora isoladamente possuamos equipamentos de primeira linha, principalmente em razão dos investimentos da Fapesp e do CNPq. Contamos com nossas capacidades e talentos individuais e jovens. Provavelmente podemos contribuir em nichos específicos com idéias e trabalhos coerentes, consistentes e na formação de capital humano”.

O professor Fernando Alvarez faz questão de frisar que tem uma associação muito proveitosa com a professora Maria Cristina dos Santos, que possui grande conhecimento da parte teórica “o que nos permitiu fazer o casamento dos resultados experimentais com a teoria, ocorrência bastante rara no Brasil”. Considera que essa interação leva a um diferencial porque se estabelece um processo dinâmico em que os resultados experimentais submetidos ao tratamento teórico possibilitam caminhos de “idas e voltas” constantes em uma interação contínua e profícua. Esse trabalho conjunto, que começou há vários anos, deu origem a sínteses interessantes de compostos de carbono e nitrogênio e foi motivo de matéria publicada em janeiro de 2003 na conceituada *Physical Review Letters* e destaques no portal da *Nature Materials*.