

Precisão molecular

Sensores em escala nanométrica detectam e diferenciam paladares, cheiros e poluentes

YURI VASCONCELOS

Uma nova geração de sensores ultra-sensíveis capazes de diferenciar nuances na composição de líquidos e de gases deverá invadir o mercado no futuro próximo no rastro dos avanços da nanociência e da nanotecnologia. São áreas que investigam as propriedades dos materiais na escala de 1 a dezenas de nanômetros, equivalente ao nível atômico ou molecular (1 nanômetro corresponde a 1 milímetro dividido por 1 milhão). No coração desses dispositivos estão películas finíssimas chamadas de filmes nanoestruturados, com apenas algumas moléculas de proteína, por exemplo. São produtos que estão no centro dos estudos de um grupo de pesquisadores do Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo (IFSC-USP). “A perspectiva de uso desses dispositivos é ampla, vai de sensores para análise de paladar, de gás e de líquidos até dispositivos eletroluminescentes, como telas de computador e de televisão, memórias ópticas, materiais holográficos e nanorreatores, mini-equipamentos ideais para reações químicas em ambientes muito controlados, com poucas moléculas, e que podem ser usados, por exemplo, na produção de baterias de celulares”, explica o físico Osvaldo Novais de Oliveira Júnior, coordena-

dor do Grupo de Polímeros do IFSC, que possui vários projetos nessa área, muitos em cooperação com instituições do país e do exterior.

O campo dos sensores dotados desses filmes nanométricos é extenso, mas basicamente a maneira de seu funcionamento envolve a imobilização de uma determinada proteína (sobre um material sólido sem que perca as suas propriedades) utilizada para detecção de substâncias que reagem especificamente com ela. O material sólido no caso é um polímero chamado de dendrímero, possuidor de estruturas globulares e providas de poros que encapsulam as proteínas sem a perda de suas atividades. Com essa técnica, uma das pesquisas do grupo, em associação com o Instituto de Química da USP, levou à produção de biossensores para detecção de glicose no sangue – o estudo foi aceito para publicação na revista *Biosensors and Bioelectronics*, da editora holandesa Elsevier. Outra inovação da equipe, realizada em conjunto com o Grupo de Biofísica do Instituto de Física, poderá servir para uso no controle de poluentes. É um sensor baseado na proteína Cl-catecol 1,2 dioxigenase, que pode interagir especificamente com o catecol, substância organoclorada frequentemente associada a inseticidas, presente em águas poluídas.

SV 5000

7956
486
051
253
-072
000

Ajustes para a
produção e controle de
nanofilmes com espessuras
de 1 a 2 nanômetros

O grupo também avançou na fabricação de um sensor para detecção de paraoxon, substância tóxica que pode ser usada em armas químicas. “A relevância dessa pesquisa reside na alta sensibilidade do sensor, que só foi possível devido à imobilização bem-sucedida de uma enzima chamada hidrolase organofosforada. O trabalho contou com a participação de pesquisadores da Universidade de Miami e do Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Um artigo sobre este estudo foi publicado em fevereiro do ano passado no *Journal of the American Chemical Society*, uma das mais importantes revistas internacionais de química.

Os sensores desenvolvidos em São Carlos também funcionam de uma outra maneira, sem o reconhecimento celular entre as moléculas do filme e das substâncias a serem detectadas. Dessa forma, o sensor funciona baseado numa mudança das propriedades do filme a partir de uma interação física com a substância analisada e não na interação específica entre determinadas moléculas. As propriedades que se alteram com a interação podem ser ópticas ou elétricas. É o caso da língua eletrônica, uma das mais notáveis inovações tecnológicas surgidas a partir desses estudos. Nesse equipamento, as moléculas da substância a ser detectada não precisam necessariamente reagir com as moléculas do filme. Basta alterar as propriedades elétricas da superfície do sensor, que é extremamente sensível devido à natureza ultrafina do filme. A língua eletrônica é um sensor de paladar construído com um filme nanoestruturado de apenas uma camada de moléculas poliméricas (veja Pesquisa FAPESP nºs 73 e 90). O equipamento desempenha função semelhante à das papilas gustativas, mas com um grau de sensibilidade muito maior que o da língua humana. O invento, produzido pela unidade de Instrumentação Agropecuária da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em São Carlos, recebeu colaboração do Grupo de Polímeros da USP e está em testes na Associação Brasileira da Indústria do Café (Abic) para a diferenciação de sabores dessa bebida. Se já existe a língua

eletrônica, os pesquisadores agora projetam nanofilmes para um futuro nariz eletrônico, capaz de detectar e diferenciar odores.

Produzidos a partir de materiais orgânicos, os filmes nanoestruturados não são auto-sustentáveis, o que significa que não podem ser manuseados. Por isso, eles são depositados sobre um substrato sólido, como um polímero, uma lâmina de vidro, de metal ou de semicondutor. A espessura desses filmes é altamente controlada e depende do número de camadas moleculares que o compõem, além do tamanho de cada molécula – em geral, elas medem de 1 a 2 nanômetros de espessura. Segundo Oliveira Júnior, o foco de sua equipe é fazer o desenvolvimento dessas nanopelículas, sempre com a preocupação de possíveis aplicações e repasses de tecnologia. “Já mantivemos contato com empresas interessadas na aplicação de métodos de nanociência e nanotecnologia para o aperfeiçoamento da produção de materiais, mas até o momento não firmamos nenhum acordo”, conta o pesquisador. A busca da inovação, no entanto, já tem rendido bons resultados. O grupo tem um pedido de patente em andamento sobre armazenamento óptico de dados, em que um filme nanométrico poderá ser aplicado em um cartão de crédito, por exemplo, dificultando o roubo e a fraude.

Na área de armazenamento de dados, os pesquisadores do IFSC querem ir mais longe. Eles estão empenhados no desenvolvimento de um polímero capaz de armazenar dados digitais em três dimensões. O trabalho é feito em cooperação com o Grupo de Fotônica

do Instituto de Física da USP de São Carlos. A idéia dos pesquisadores é desenvolver um bloco que receba dados em diferentes camadas, ampliando a capacidade de armazenamento. “Esse é o grande sonho dos cientistas. A principal vantagem dessa tecnologia em comparação ao que existe hoje é proporcionar o aumento da capacidade de memória”, conta Oliveira Júnior. “Hoje, o armazenamento é feito apenas em duas dimensões. Já sabemos como produzir esse polímero e estamos prestes a submeter um artigo para uma revista internacional.”

Apesar dessa amplitude de aplicação, os filmes nanoestruturados ainda não são empregados comercialmente em larga escala. “As películas são muito caras e, por enquanto, não há um sistema de produção industrial com custo acessível.” Em parte, esse problema é devido ao grande número de matérias-primas usadas na produção desses filmes. O grupo de Oliveira Júnior trabalha principalmente com polímeros condutores eletrônicos e luminescentes, moléculas fotorreativas como os azopolímeros (substâncias sintetizadas a partir do benzeno, da anilina e de outros compostos derivados do petróleo). Vale ressaltar também a importância dos estudos do grupo com a quitosana, substância extraída da casca de crustáceos, como o camarão e o caranguejo. Essas moléculas têm alto poder fungicida e bactericida e grande capacidade de se ligar a metais e outras substâncias, o que potencializa seu uso como sensor.

Técnicas de fabricação - Existem duas técnicas principais para produção dos nanofilmes: a de Langmuir-Blodgett, conhecida simplesmente por LB, e a automontagem, ou *layer-by-layer* (LBL), que significa camada por camada. A primeira delas foi desenvolvida nos anos 1930 e tem esse nome em homenagem a dois cientistas americanos que trabalharam na General Electric, nos Estados Unidos, no início do século 20, Irving Langmuir e Katharine Blodgett. Os filmes LB são produzidos dentro de um recipiente apropriado, chamado de Cuba de Langmuir. No início do processo, o material que dará origem ao filme é dissolvido em solvente volátil, como o clorofórmio, e espalhado na Cuba de Langmuir, que contém água. Após a evaporação do solvente,

OS PROJETOS

1- Filmes Ultrafinos de Langmuir-Blodgett e Automontados

2- Filmes Langmuir-Blodgett e Automontados

MODALIDADE

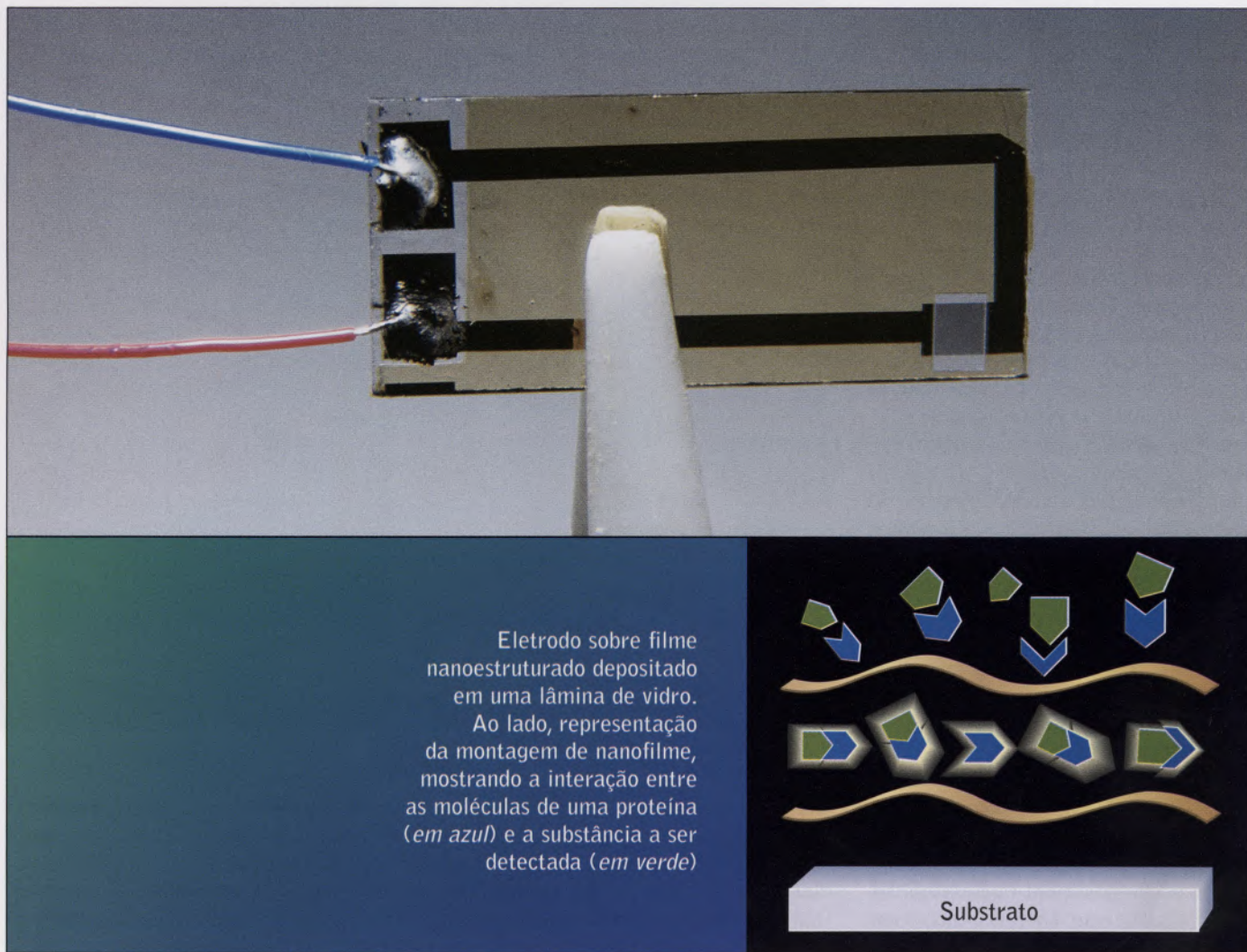
Linha Regular de Auxílio à Pesquisa

COORDENADOR

OSVALDO NOVAIS DE OLIVEIRA JÚNIOR
- IFSC-USP

INVESTIMENTO

1- R\$ 49.310,00 e US\$ 56.050,00
2- R\$ 82.621,70 e US\$ 70.822,75



Eletrodo sobre filme nanoestruturado depositado em uma lâmina de vidro. Ao lado, representação da montagem de nanofilme, mostrando a interação entre as moléculas de uma proteína (em azul) e a substância a ser detectada (em verde)

ILUSTRAÇÃO SIRIO J. B. CANÇADO

utilizam-se barreiras móveis para formar na superfície da água uma camada molecular denominada filme de Langmuir. Ela é comprimida até atingir um estado condensado. Em seguida, a película é transferida para um substrato sólido, formando o filme de Langmuir-Blodgett.

A técnica de automontagem (camada por camada), proposta pelo pesquisador alemão Gero Decher no início da década passada, usa o princípio de adsorção (fixação) física, na qual as moléculas aderem ao substrato pela atração de cargas elétricas opostas. A principal diferença entre os filmes LB e automontados é que estes são produzidos a partir de materiais solúveis em água, enquanto os filmes LB são feitos com materiais insolúveis em água. “A vantagem da técnica de automontagem sobre a LB é a simplicidade

de experimental, pois não requer equipamentos sofisticados para a produção dos filmes”, explica o físico da USP.

Rede de colaboração - O pesquisador faz questão de ressaltar que os avanços obtidos por sua equipe devem-se, em grande parte, ao trabalho cooperativo com outras instituições. “Nossas pesquisas são feitas dentro de uma rede de colaboração no Brasil e no exterior, o que nos permite aproveitar a experiência de outros pesquisadores, além do uso de várias técnicas experimentais para fabricação e estudo dos nanofilmes”, diz ele. Entre as instituições que trabalham com o Grupo de Polímeros destacam-se a Universidade Estadual Paulista (Unesp), Unicamp, Coppe (UFRJ), Universidade Federal de Uberlândia e Universidade Estadual de Ponta Grossa, entre outras. No plano internacional, as pesquisas contam com o apoio das universidades de Leipzig, na Ale-

manha, de Bangor, no Reino Unido, de Cracóvia, na Polônia, de Windsor, no Canadá, de Nova de Lisboa, em Portugal, de Miami e de Massachusetts, nos Estados Unidos.

Segundo Oliveira Júnior, a FAPESP financiou boa parte da estrutura para fabricação dos filmes, inclusive a sala limpa (ambiente com mínima quantidade de partículas indesejadas no ar) do laboratório onde eles são processados. “Estimo que, desde 1991, a FAPESP investiu em torno de US\$ 500 mil no nosso grupo, especificamente para filmes nanoestruturados”, conta o físico. O apoio tem sido recompensado com a formação de profissionais especializados e de uma vasta produção científica. O Grupo de Polímeros já formou mais de 20 pesquisadores em nanofilmes e, nos últimos quatro anos, cerca de cem artigos foram produzidos para publicação em revistas indexadas internacionais.