

# O mundo em escala nanométrica

Relativamente recente e ainda pouco conhecida pela sociedade em geral, a nanotecnologia promete revolucionar a manipulação de átomos e moléculas. As pesquisas na área caminham para o desenvolvimento de novos materiais com aplicações distintas, que englobam, inclusive, o agronegócio



## Por Rodrigo Moraes

“Tamanho não é documento”! Usado como justificativa em diversas situações, o dito popular encaixa-se perfeitamente ao significado de algumas novidades do mundo tecnológico, em que quanto menor o componente ou equipamento, maior o seu valor! No universo nanocientífico, as dimensões são ainda menores, invisíveis a olho nu. O que é, afinal, a nanotecnologia? Você pode estar se fazendo a mesma pergunta desde que se deparou com o termo nas linhas desta reportagem. Para simplificar tudo e esclarecer o termo, podemos dizer que a nanotecnologia se caracteriza pela capacidade de criar novos materiais e desenvolver produtos e processos com a utilização do recurso da manipulação de átomos e moléculas. Para compreender melhor o que significa trabalhar com nanopartículas, é preciso, antes, entender a dimensão de um nanômetro. Em artigo publicado pela revista *Com Ciência*, Cylon Gonçalves da Silva, físico e professor emérito da Unicamp, compara: “Imagine uma praia que comece em Salvador (BA) e vai até Natal (RN). Pegue um grão de areia dessa praia. Pois bem: as dimensões desse grão de areia estão para o comprimento da praia assim como o nanômetro está para o metro” (*Leia mais no quadro em destaque sobre as curiosidades do “mundo nano”*).

Ainda que relativamente recentes, os estudos da nanociência e da nanotecnologia envolvem aspectos interdisciplinares (Química, Física, Bioquímica, Biofísica e Ciências da Computação, por exemplo) e prometem revolucionar a compreensão e os métodos de aproveitamento de recursos dos materiais. “Hoje, os métodos e as técnicas de análise e fabricação de materiais – e mesmo a compreensão científica desses produtos – aumentaram muito. É pos-

sível fazer um material de forma controlada, buscando resolver e adaptar problemas específicos. Trata-se claramente de uma novidade revolucionária que vai alterar nossos hábitos”, aponta Marcos A. Pimenta, professor titular do Departamento de Física da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e coordenador da Rede Nacional de Pesquisas em Nanotubos de Carbono, com pós-doutorado no Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Fica difícil prever quando essa revolução irá acontecer, mas pouco a pouco os produtos e os processos baseados em nanotecnologia surgem no mercado, de acordo com Paulo Roberto Martins, pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), sociólogo, doutor em Ciências Sociais e coordenador da Rede de Pesquisa

em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Renanosoma). “Atualmente, já existem mais de 450 produtos no mercado com partículas, processos e produtos nanotecnológicos. Por isso, faz-se necessário saber mais sobre os impactos da nanotecnologia na sociedade e no meio ambiente, garantir apoio e investimentos, desenvolver uma devida regulação a respeito do assunto e, por fim, aproximar a sociedade das discussões”, expõe Martins.

Entre os produtos já incorporados à nanotecnologia disponíveis no mercado estão tecidos resistentes a manchas e que não amassam, vidros capeados, filtros solares de rápida penetração na pele, material para proteção contra raios ultravioleta e até equipamentos médicos, produtos para limpar materiais tóxicos, cosméticos,

## O futuro apresentado em 1959



*“Conhecido como o pai da nanotecnologia, o físico Richard Feynman fazia, em 1959, uma palestra no Instituto de Tecnologia da Califórnia intitulada Há muito espaço lá embaixo. Nessa apresentação Feynman dizia que, num futuro não muito distante, os engenheiros poderiam pegar átomos e colocá-los onde bem entendessem, desde que não fossem violadas as leis da natureza. Com isso, materiais com propriedades inteiramente novas poderiam ser criados. Um sonho? Talvez fosse 40 anos atrás, mas, como o próprio Feynman dizia em sua conferência, nada nesse sonho viola as leis da natureza; portanto, torná-lo real é apenas questão de conhecimento e tecnologia”*

Trecho do artigo “O que é nanotecnologia”, de Cylon Gonçalves da Silva, na revista *Com Ciência*

*“Já foi demonstrado através de equipamentos de última geração a possibilidade de pegar um átomo e mudá-lo de lugar. Feynman estava certo em sua citação, pois isto significa que se pode, sim, manipular os átomos. Contudo, essa foi uma demonstração feita em um laboratório, usando equipamentos sofisticados, e que ainda está em um nível de pesquisa fundamental de laboratório. Aquela idéia de ser possível juntar átomo por átomo ainda está um pouco longe de acontecer em escala industrial”*

Marcos A. Pimenta, pesquisador do Departamento de Física da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e pesquisador de nanotecnologia



**A língua eletrônica possui um dispositivo que combina sensores químicos de espessura nanométrica com um sofisticado programa de computador para detectar sabores**

sistemas de filtragem do ar e da água, microprocessadores e equipamentos eletrônicos em geral.

As nanopartículas não trabalham sozinhas nesses itens, que incorporam a nanotecnologia em sua composição. É possível utilizar o material nanométrico associado a outros já conhecidos por todos, como plástico, papel e resina (só para citar alguns), chegando, inclusive, a dar origem a novas propriedades

dos materiais convencionais. Aí está o milagre da transformação, a partir do universo da ciência e da tecnologia!

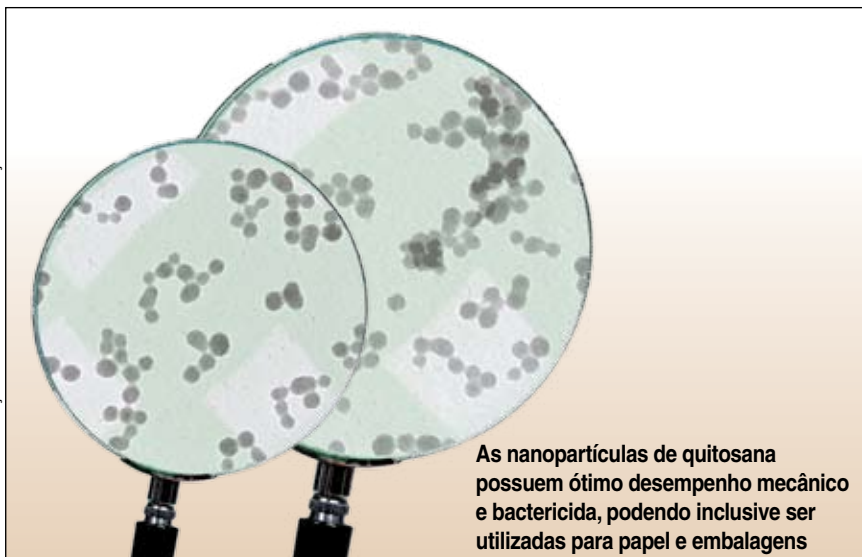
Por exemplo, “digamos que você queira criar um papel que seja bom condutor de calor ou o contrário”, diz Pimenta. “A mistura, por exemplo, de nanopartículas nesse papel permite torná-lo mais ou menos condutor, segundo as alterações dessas propriedades”. Indo além na tentativa de

popularizar o conhecimento científico sobre a nanotecnologia, o pesquisador da UFMG cita outro exemplo de materiais: plástico e metal. “O plástico possui características de maleabilidade e baixa condução elétrica, enquanto o metal, rígido, apresenta ótima condução de eletricidade. O ideal seria ter um plástico capaz de conduzir eletricidade, mas sem perder sua maleabilidade. Se misturarmos nanopartículas metálicas a um material plástico, o resultado seria um plástico com suas propriedades mecânicas aliadas às propriedades elétricas dessas nanopartículas metálicas”.

### **DA NANOTECNOLOGIA AOS AGRONEGÓCIOS**

Com tantas possibilidades de inovação, a nanotecnologia poderia agregar muito valor ao potencial do agronegócio brasileiro, no sentido de elevar a competitividade em nível mundial. “Existe uma série de oportunidades que poderão ser geradas pela nanotecnologia ao agronegócio, justamente porque muitos dos fenômenos da própria natureza acontecem em escala nanométrica”, aponta Luiz Henrique Capparelli Mattoso, pesquisador do Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). O laboratório, lançado em 2006 pela Embrapa Instrumentação Agropecuária, funciona provisoriamente na sede da unidade, que fica em São Carlos (SP), até que seja concluída a construção do novo prédio.

As linhas de pesquisa desenvolvidas pelo laboratório se estendem desde desenvolvimento de sensores e biossensores aplicados ao controle da qualidade, certificação e rastreabilidade de alimentos, caracterização e síntese de novos materiais (como polímeros e materiais nanoestrutu-



**As nanopartículas de quitosana possuem ótimo desempenho mecânico e bactericida, podendo inclusive ser utilizadas para papel e embalagens**

rados, com propriedades específicas) até os filmes finos e superfícies para a fabricação de embalagens inteligentes, nanopartículas e compósitos de fibras para o desenvolvimento de materiais reforçados, usando produtos naturais, como fibras de sisal, coco e celulose.

É justamente dentro desse “caminhão de areia” de possibilidades da nanotecnologia para o agronegócio que o setor de celulose e papel ainda está começando a descobrir a importância das técnicas da nanotecnologia para sua linha de produção. “À medida que fomos estudando a nanoestrutura do papel, ou seja, em nível molecular, poderemos, aos poucos, melhorar suas características, com novas formulações que utilizem nanofibras de celulose e ofereçam melhor resistência mecânica em relação ao papel comercial existente hoje”, completa Capparelli.

As pesquisas realizadas e os produtos nanotecnológicos têm auxiliado o setor de celulose e papel na busca pela otimização do uso de insumos no processo produtivo. “No caso do setor papeleiro, a nanotecnologia pode auxiliar principalmente na questão dos insumos químicos, materiais de revestimento e produtos para a química da parte úmida – todos insumos da fabricação do papel”, completa Osvaldo Vieira, engenheiro químico, doutor em Ciências em Engenharia Química e coordenador de Pesquisa e Desenvolvimento da Klabin Papéis Monte Alegre.

### EM TODOS OS SENTIDOS

Um dos grandes feitos da Embrapa foi o desenvolvimento de uma “língua eletrônica”. Isso mesmo! Uma língua eletrônica com um dispositivo que combina sensores químicos de espessura nanométrica com um sofisticado programa de computador, para detectar sabores. “A sensibilidade da língua eletrônica é muito maior que a

## Muito além dos nossos olhos...

Um dos instrumentos mais importantes para a nanociência e a nanotecnologia é o **microscópio de varredura por tunelamento eletrônico** (Scanning Tunneling Microscope – STM). A sua concepção, simples, pode até ser comparada com a “varinha” utilizada no auxílio a deficientes visuais. Trata-se de uma agulha extremamente fina que “tateia” uma superfície sem efetivamente a tocar.

Durante esse processo de varredura da agulha, elétrons realizam um movimento chamado “tunelamento” (de origem quântica e que ocorre em escala atômica). Com base nessa corrente de tunelamento, um computador constrói uma imagem extremamente ampliada da superfície, ficando, então, visível a disposição dos átomos. Dessa maneira se torna possível ver e investigar o relevo atômico da superfície de um corpo.

Entre os compostos e moléculas com características especiais para a utilização em experimentos de nanotecnologia, os **nanotubos de carbono** são formados por folhas de átomos de carbono, em arranjo hexagonal, que se enrolam para formar um “espaguete” com diâmetro entre um e dois nanômetros. “Como se fossem fibras muito finas de carbono, esses nanotubos são extremamente rígidos e, se misturados a outros materiais, podem compor aglomerações mais leves e até mais resistentes que o próprio aço. Além disso, são capazes de operar sob temperaturas mais elevadas”, explica Marcos A. Pimenta, professor titular do Departamento de Física da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e coordenador da Rede Nacional de Pesquisas em Nanotubos de Carbono.

Pimenta ainda mostra que existem duas maneiras de se obterem materiais e dispositivos em escala nanométrica. Na primeira, é necessário construir a partir de um material maior, da mesma forma que um escultor vai moldando determinado material até os pequenos detalhes. Esse procedimento é chamado “**de cima para baixo**” (**top-down**) e se vale de técnicas de litografia (corrosão química seletiva e extremamente precisa de um material). O segundo procedimento é o chamado “**de baixo pra cima**” (**bottom-up**) e consiste na organização dos componentes básicos (átomos e moléculas), como peças de um quebra-cabeça, até formar a estrutura nanométrica.



**Maquete do novo prédio do Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio, da Embrapa**

dos seres humanos”, destaca Capparelli, que liderou o grupo de pesquisa responsável pelo projeto.

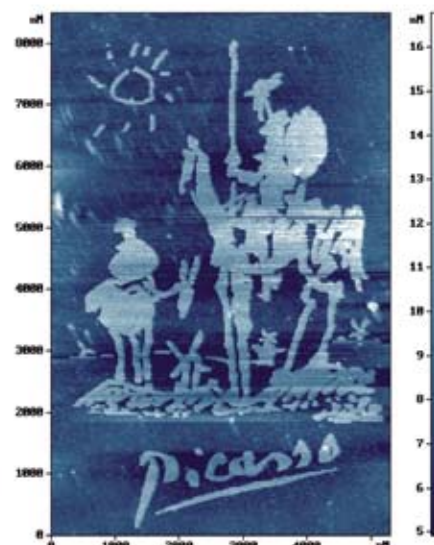
Antes de se perder na imaginação, pela possibilidade de interferência da nanotecnologia no cotidiano, é preciso manter os pés no chão para falar de um dos fatores limitantes aos avanços do universo da nanotecnologia na vida real. Quando se trata de volume de capital aplicado em pesquisa e desenvolvimento para nanotecnologia, o Brasil não chega nem perto dos Estados Unidos, do Japão e de países europeus.

“Enquanto o governo norte-americano investiu US\$ 1,4 bilhão em nanotecnologia em 2006, o Brasil ficou na marca dos US\$ 70 milhões no período de 2001 a 2006”, ressalta Martins, do IPT. Para o pesquisador, essa diferença de investimento certamente ampliará a disparidade entre os países. “Entretanto, há de se levar em consideração que nos últimos anos o nível de investimento em ciência e tecnologia no Brasil vem crescendo gradativamente”, acrescenta Pimenta, da UFMG.

Para muitos pesquisadores desse campo, o Brasil, para conquistar competitividade em desenvolvimento tecnológico aplicado à indústria, depende da aproximação e do apoio do setor industrial à rede de pesquisa e desenvolvimento de nanotecnologia estatal, ou seja, a necessidade – há tanto pronunciada, mas ainda pouco concretizada em escala desejável – de estabelecer parcerias entre os centros de pesquisas das universidades públicas e as empresas privadas.

Hoje, o setor privado tem forte dependência dos investimentos governamentais em pesquisa e desenvolvimento tecnológico avançado, diferentemente da situação de outros países, como os Estados Unidos, em que a porcentagem dos recursos provenientes das empresas privadas supera o orçamento destinado pelo governo à nanotecnologia. Somente uma mudança cultural do Brasil poderia transformar discursos da iniciativa privada em ações concretas de desenvolvimento de projetos em parceria com o governo, de forma co-responsável pelas perdas e ganhos do balanço científico de pesquisas.

Mesmo sem condições favoráveis,



**Obra de Picasso criada pelo microscópio de varredura em nanolitografia**

o Brasil está relativamente próximo dos demais países na corrida do desenvolvimento da aplicação da nanotecnologia ao agronegócio. É preciso, portanto, que o País faça investimentos para garantir uma posição favorável neste *ranking* de competidores de mercado do agronegócio. “Os níveis de investimentos de hoje para os próximos anos definirão se o Brasil conseguirá acompanhar o ritmo desse desenvolvimento”, pontua Capparelli.

### NANOTECNOLOGIA POPULAR

Se o futuro ainda não chegou, é preciso viver o presente da nanotecnologia – momento que requer ações de comunicação eficazes para aproximar a sociedade da ainda desconhecida nanotecnologia. Senão, o desconhecido torna-se tão temido que começam a surgir entre as rodas de debates populares certas crendices que serão difíceis de mudar, à medida que o tempo passa e as pesquisas avançam. Conclusão? Resistências e movimentos contrários ao progresso da ciência e da tecnologia com base em argumentos infundados.

Para ilustrar essa situação, vale citar a lenda, já verbalizada, de que as nanopartículas podem voar pelo espaço sem que ninguém as veja, infectando as pessoas. Isso não acontece porque, mesmo durante o processo de preparação, essas nanopartículas tendem a se aglomerar. “Por isso, a nanotecnologia precisa ser pensada, observada e refletida pelo campo social, e não apenas por engenheiros e cientistas que a promovem. Isso tem grande importância, pois o impacto socioambiental acabará atuando como um dos aspectos limitantes dos avanços de determinadas pesquisas científicas, como já se vê mundo afora”, alerta Martins, do IPT e da Renanosoma.

Direta ou indiretamente, todo objeto de estudo e conhecimento produzido pelas ciências exatas e naturais acaba

causando impacto direto na sociedade e no meio ambiente. “Até o presente momento, com a abrangência e a velocidade com que esses produtos estão sendo colocados no mercado, boa parte tem sido basicamente determinada pelos interesses comerciais das grandes empresas”, ressalva Martins. Daí a importância de popularizar o conhecimento sobre a nanotecnologia, esclarecendo os usos e os riscos dessa tecnologia para a sociedade e o meio ambiente.

Segundo pesquisa amostral realizada na Inglaterra sobre o nível de conhecimento das pessoas em relação à nanotecnologia, somente 29% disseram já ter ouvido falar sobre o assunto. Entretanto, somente 14% foram capazes de formular alguma frase (sem avaliar se estaria correta ou não) sobre o conceito da nanotecnologia. “É claro que pode haver danos e riscos, tanto para a saúde

quanto para o meio ambiente. A questão está em saber quais são esses riscos, para que possam ser contornados, propiciando benefícios mais seguros”, esclarece Pimenta.

Normalmente, quando se propõem iniciativas, a exemplo dessa relativa à nanotecnologia, as empresas mais avançadas tecnologicamente possuem uma ficha na qual se consideram aspectos referentes à segurança do trabalhador, do meio ambiente e do cliente final do produto. “Nós, da Klabin, utilizamos alguns produtos químicos nas embalagens que entram em contato com os alimentos. Para isso, nos cercamos de todas as permissões, tanto do mercado europeu quanto do norte-americano, a fim de resguardar essa questão. Isso deveria ser feito por todas as empresas e em todos os segmentos”, acredita Vieira, da Klabin. ▲

### “Nano-curiosidades”

- ▶ Um nanômetro tem o símbolo nm e equivale a  $1 \times 10^{-9}$  metros, ou um milionésimo de milímetro.
- ▶ O prefixo *nano* vem do grego antigo e significa “anão”.
- ▶ Um átomo mede cerca de 2 décimos de um nanômetro.
- ▶ O diâmetro de um fio de cabelo humano mede cerca de 60.000 nanômetros.
- ▶ A tinta nanquim existe há pelo menos 2 mil anos. Hoje, sabe-se que essa tinta nada mais é do que nanopartículas de grafite numa suspensão coloidal de água e goma arábica.
- ▶ 100 nanômetros é a escala típica de um vírus.
- ▶ As obras dos vitrais coloridos das antigas igrejas da Idade Média já continham nanotecnologia em seus vidros. Para se fazer o vidro vermelho, na época, usava-se uma receita que continha ouro misturado ao vidro. Hoje, sabe-se que se tratava de nanopartículas de ouro misturadas ao vidro.