

## Nanotecnologia: medos e promessas Caue Ribeiro de Oliveira\*

É cada vez mais comum ver nos meios de comunicação termos associado à nanotecnologia, como "nanopartículas", "nanoestruturas", "nanocápsulas" e até "nanorrobôs". Mas, afinal, o que pessoas leigas entendem por nanotecnologia? No site [HowStuffWorks](#) (1), dedicado a explicar ciência para "não iniciados", nanotecnologia foi definida mais pelo que se pretende fazer do que propriamente do que ela é: "Nos próximos 50 anos, as máquinas ficarão cada vez menores, tão pequenas que milhares dessas máquinas minúsculas caberiam no ponto final desta frase." De certa forma, a idéia inicial é essa, mesmo. Construir sistemas funcionais na escala nanométrica (a nanoescala), que corresponde à milionésima parte do milímetro.

Mas, esse conceito, posto de forma tão direta, tem levado muitas pessoas a questionamentos: se pudermos construir máquinas tão pequenas, que não podem nem ser claramente percebidas, que tipo de armas militares podem surgir dessas tecnologias? Se essas coisas são tão pequenas, elas não poderiam então interagir livremente com as células do corpo, e a que isso levaria? E se, de alguma forma, essas máquinas tão pequenas ganhassem alguma estratégia de auto-replicação, ou reprodução, não seria possível criar um "vírus mecânico"?

Muitos desses medos vêm da confusão normal que acontece quando qualquer desenvolvimento humano, que promete algo realmente inovador, surge. De forma geral, qualquer grande desenvolvimento pode gerar grandes benefícios ou grandes malefícios, dependendo estritamente de quem se utiliza do conhecimento. Ao conhecimento fundamental - a ciência - serão necessárias novas etapas de aprendizado para a aplicação - a tecnologia - que, enfim, poderá chegar nas nossas casas com, espero, benefícios.

Portanto, é necessário definir, do que entendemos por nanotecnologia, o que corresponde à ciência e à tecnologia. Nanociência e nanotecnologia, ainda que sejam termos que parecem iguais, não são sinônimos. Quando falamos em nanociência, estamos aprendendo sobre a estrutura básica da matéria, ou seja, aquele estágio que fica muito próximo do estado atômico - molecular, mas que já caracteriza a existência de um sólido. Por esse conceito, a nanociência pode até ser algo muito antigo - na verdade, estudamos a estrutura da matéria há pelo menos um século! Porém a Nanotecnologia, essa sim, é algo novo. Ela se caracteriza dessa forma, quando conseguimos manipular esses conceitos para que se transformem em produtos ou serviços, que é o que chamamos tecnologia. Assim, estamos pensando em tecnologias cujo diferencial reside em algo - uma partícula, uma interface, uma distância entre materiais - que se constitui na nanoescala. Ou seja, Nanotecnologia não é o puro e simples uso de coisas pequenas. É algo que vai além, e que aqui convencionamos chamar de nanoestratégias.

Exemplificando o que queremos dizer: com certeza, uma das mais assustadoras características da nanoescala é que partículas nesses tamanhos (da ordem de 50 nm para baixo) apresentam certas propriedades típicas de estruturas moleculares. Essa característica torna metais isolantes, ou "quase-semicondutores", e confunde o nosso senso de propriedades intrínsecas da matéria, um conceito tão comum na nossa formação escolar básica. Essa é uma propriedade do material na nanoescala, que pode ter ou não alguma aplicação. O que quero dizer com isso é que o fato de uma propriedade existir por si só não lhe dá uma aplicação imediata. Novamente no caso dos metais, um metal normalmente é interessante do ponto de vista tecnológico, entre outras coisas, por ser um bom condutor. Pois bem, nesta visão e por essa propriedade da nanoescala, um metal possivelmente isolante perderia uma propriedade de interesse. Mas, de novo, isso é ciência - estamos confundindo o entender melhor a estrutura dos materiais com aquilo que queremos ou esperamos dele. Outra noção prática do que acontece nessas partículas tão pequenas é a mudança da cor que observamos em alguns materiais. Aplicando o fenômeno, temos, por exemplo, semicondutores cuja cor é ajustada apenas pela modificação do tamanho da partícula, permitindo assim projetar sistemas emissores de luz com alto brilho (2). Cores mais brilhantes e vivas, isso sim, parece ser uma tecnologia bastante prática - se você tiver uma televisão de plasma ou LCD pense que parte dessa idéia é responsável pelas belíssimas cores que você vê, e também pelo dinheiro que você gastou.

Porém, quando enveredamos por essa senda das novas propriedades tão comum nas discussões sobre nanotecnologia, esquecemos de novo que isso é apenas parte da história. Falar em nanoestratégias é observar os vários nanocaminhos que já foram alcançados, de uma forma ou outra, para obter-se uma determinada propriedade. Isso acontece com nossa construção tecnológica, mas acontece também na natureza - e sempre é bom lembrar que desde o começo da história da humanidade, nós copiamos as estratégias da natureza para as nossas realizações. Por exemplo: copiamos o João-de-Barro, que faz um ninho com fibras e barro, e construímos nossas casas. Por milênios fizemos casas de pau-a-pique e tijolos de barro cru reforçados com palha, que nada mais eram que a cópia estrita de uma construção de passarinhos. Depois, começamos a copiar a mesma idéia em tecnologias mais específicas, por exemplo, os chamados materiais compósitos - que muitos conhecem como plásticos reforçados com fibra de vidro. Temos de partes de carros a de aviões feitos com essa tecnologia, que nada mais é que a cópia do que um dia um passarinho nos contou.

### Nanoestratégias

O que a nanociência fez por nós foi também revelar outras estratégias - nanoestratégias - que a natureza utiliza há milhões de anos, e que, na maioria dos casos nós desconhecemos. Vejamos o material que compõe as conchas marinhas. O molusco tece a concha intercalando camadas em torno de 50 nm de um material orgânico contra um inorgânico de mesma espessura, geralmente carbonato de cálcio, fazendo uma superposição cuja resistência mecânica é muito superior do que a dos dois materiais separados! Essa mesma estratégia explica porque conchas marinhas têm cores tão vibrantes, e efeitos visuais tão intensos contra a luz. O mais interessante é que essa estratégia foi desenvolvida pela natureza em milhões de anos de evolução, para gerar um material cujas propriedades são macroscópicas, ou seja, nós vemos a cor das conchas, e sentimos sua resistência quando

tentamos quebrá-las. Porém, as propriedades na grande escala são fruto de uma nanoestratégia.

Um sistema nanométrico muito comum para todos nós são as argilas. Elas estão no nosso dia-a-dia, mas normalmente não pensamos nelas como nanopartículas ou nanoestruturas, mesmo porque a olho nu, elas se parecem com qualquer amostra do que chamamos genericamente de solo. Uma descrição mais detalhada desse material, na realidade um subproduto do intemperismo (chuvas, vento, etc., durante milhões de anos), é de estruturas de inúmeras placas de 100 a 500 nm de largura, com espessura de cerca de um nm, empilhadas regularmente, mas independentes. Esta característica estrutural das argilas explica muitas de suas propriedades: na presença de água, muitas das argilas são esfoliadas, isso é, uma fina camada de água separa essas placas umas das outras, formando uma pasta, de consistência pegajosa, que é fácil de moldar. Essa propriedade permitiu que muitos dos primeiros instrumentos feitos pelo homem fossem de argila queimada em fornos - o chamado barro cozido - e até hoje, utilizamos esta mesma estratégia para moldar peças muito comuns do nosso cotidiano, como os tijolos e telhas de construção civil.

Porém, se conhecermos esse caráter das argilas, poderemos copiar a natureza e pensar num sistema, que utilize argilas esfoliadas no meio de camadas de polímeros (os plásticos a que estamos acostumados no cotidiano), copiando a estratégia dos moluscos. Mas também estaremos copiando a estratégia do João de Barro: reforçando um material com outro e formando um compósito. Há muito trabalho de pesquisa a partir dessa idéia, e os resultados são surpreendentes - vislumbram-se materiais plásticos de altíssima resistência mecânica, que podem abrir espaço para peças de engenharia de grande leveza e resistência. O grande investimento da indústria de polímeros no desenvolvimento de nanocompósitos, que é como chamamos estes materiais, comprova o potencial da nanoestratégia. Mas, lembrando novamente, estamos aqui interessados num produto de material plástico com uma resistência ao desgaste muito maior do que o convencional. Ou seja, um produto como outros tantos que usamos, com uma propriedade diferenciada advinda de uma nanoestratégia.

### Estratégias inovadoras

Nem sempre as alternativas da nanotecnologia são estratégias inovadoras, na profundidade do termo. Muitas vezes são visões incrementais que quase sempre determinam o sucesso de uma iniciativa. Assim, como no caso das argilas, modificar a visão que temos de um material pode fazer toda a diferença. Há um outro exemplo: as zeólitas são minerais bem conhecidos, largamente utilizados nas indústrias. São encontradas na natureza em diversas formas. A principal característica das zeólitas é que, ainda que normalmente encontradas como partículas grandes, às vezes até de milímetros de tamanho, elas são formadas internamente por redes de poros nanométricos, em geral abaixo de um nm, que determinam suas propriedades. Elas são extremamente importantes na indústria de catalisadores, utilizados para acelerar reações químicas. Nas palavras do Dr. Eaglesham (no momento desta declaração, presidente da Materials Research Society): "materiais catalisadores são nanoestruturados há cerca de um século, e sua indústria (U\$ 100 bilhões) é estimada como uma indústria futura de U\$ 1 trilhão". A visão destes materiais como diferenciados por uma nanoestratégia será fundamental para atingir esses valores futuros.

Mas, a esta altura do texto, a pergunta mais evidente é: "qual é a relação direta entre tantas informações e a agricultura?". Afinal, a Embrapa - e a nossa unidade - Embrapa Instrumentação Agropecuária - tem uma missão muito clara no Brasil, voltada para o desenvolvimento do agronegócio. E temos fomentado a pesquisa em Nanotecnologia, temos uma Rede de pesquisadores em nanotecnologia para a agricultura... Enfim, como podemos entender a relação da Nanotecnologia e os nossos interesses?

As relações são muito imediatas, diretas ou não. No caso da indústria de catalisadores, ela é o cerne da produtividade da indústria química, inclusive da produção de fertilizantes, pesticidas bem como de conservantes de alimentos e similares. Variações no preço de produtos químicos impactam imediatamente atividades agrícolas. Este é um impacto indireto da nanotecnologia no agronegócio.

Mas as mesmas zeólitas, comentadas há pouco, podem levar a um grande impacto direto. Alguns tipos de zeólitas apresentam uma alta capacidade de retenção de amônio proveniente de uréia (um composto muito utilizado como fertilizante) justamente por sua estrutura nanoporosa. Isso as tornou num insumo ideal para redução da quantidade de fertilizantes a se aplicar numa cultura e ainda com aumento da produtividade! (3) Estudos da Embrapa demonstraram que numa cultura de hortaliças, este ganho é da ordem de 20% em produtividade. Este é um bom exemplo de uma nanoestratégia da natureza, que vira nanotecnologia quando a utilizamos em nosso benefício.

É importante frisar este ponto: ainda que a característica nanométrica destes materiais esteja lá há muito tempo, a nanotecnologia somente aparece quando utilizamos conscientemente esta característica para gerar um diferencial. E veja que diferencial! Países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, normalmente importam a maior parte dos seus agroquímicos. Se quisermos então pensar num impacto rápido da nanotecnologia, o uso de zeólitas para administração mais racional de fertilizantes é um ganho com fortes motivações financeiras, além das ambientais (menor contaminação do solo e das águas subterrâneas) e sociais (menores riscos de contaminação dos trabalhadores do campo).

\* *Cauê Ribeiro de Oliveira é pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária.*

### Referências:

1. HowStuffWorks, em <http://ciencia.hsw.uol.com.br/nanotecnologia.htm> (acessado em 12/11/2007).
2. O leitor pode encontrar bonitas imagens na internet desse tipo de nanopartículas. Observe por exemplo em <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/assuntos.php?assunto=nanotecnologia> alguns artigos e imagens sugestivas (acessado em 12/11/2007).
3. Bernardi et al, Avaliação Agronômica de Substratos contendo Zeólita Enriquecida com Nitrogênio, Fósforo e Potássio, Séries Embrapa, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 57, Embrapa Solos, 2004. Maio/2008