



## Afinal, o que é Nanociência e Nanotecnologia? Uma Abordagem para o Ensino Médio

**Suzeley Leite Abreu Silva, Marcelo Machado Viana e Nelcy Della Santina Mohallem**

A partir da história de Rita, mostramos as dúvidas mais frequentes de alunos e discutimos alguns conceitos básicos sobre nanociência e nanotecnologia. Ela tem visto e ouvido muita informação sobre nanociência, nanotecnologia e nanopartículas. Essas palavras estão sendo amplamente divulgadas e, estão se tornando mais frequentes no seu dia a dia. Ela quer descobrir o significado e a origem desses termos, como a Ciência está tratando do mundo nanométrico e se os nanomateriais são nocivos à saúde. Enfim, ela quer, diante de suas dúvidas, aprender sobre esses conceitos e, assim, se posicionar de uma forma consciente sobre o tema.

► nanopartículas, nanociência e nanotecnologia ◀

Recebido em 28/10/08, aceito em 30/03/09

172

**A**tualmente, existe uma grande busca por parte de professores e alunos por textos que abordem o tema nanociência e nanotecnologia de uma maneira geral e ilustrativa. Por isso, este texto foi produzido de forma didática, direcionado para a seção Química e Sociedade, utilizando a história que envolve uma aluna e sua professora e buscando apresentar conteúdos relacionados com o tema, além de abordar aspectos relevantes das consequências da nanotecnologia na sociedade.

### A história de Rita

Rita, uma curiosa aluna do Ensino Médio, tem visto e ouvido muito sobre nanociência, nanotecnologia e nanopartículas. No entanto, afinal, o que significa cada um desses novos termos que, a cada dia, se fazem mais presentes no dia a dia? Convidamos você a fazer uma viagem com Rita e descobrir junto com ela um pouco sobre o mundo NANO.

Rita sabe que tudo que aprende na escola – seja em química, física, matemática, biologia, história, geografia, filosofia, educação-física, língua estrangeira – deve estar rela-

cionado de forma que um conhecimento seja complementar a outro. Nesse contexto, os professores das diversas disciplinas possuem também um importante papel, que é o de sempre orientar e instigar o aluno a fazer toda essa inter-relação. Um exemplo é a discussão dos temas que abordaremos neste trabalho: a nanociência e a nanotecnologia, que também devem ser estudadas de forma interdisciplinar, na qual o conhecimento do aspecto químico se complementa com o aspecto físico, matemático e assim por diante (Silva, 2007).

Entretanto, como fica essa história? Hoje em dia, pouco ou quase nada é dito sobre esses temas no Ensino Médio. Por outro lado, muitas vezes, ao ler um jornal ou assistir a um noticiário, as palavras contendo nano surgem naturalmente como se fossem utilizadas pelas pessoas de forma corriqueira. Com isso, consideramos importante que essa tecnologia emergente comece a se incorporar nos conteúdos já enraizados nos livros didáticos de Ensino Médio. Vamos aprender junto com Rita um pouco mais sobre o mundo nano e fazer com que suas dúvidas

se tornem um início para a abordagem desse tema nesse nível de ensino.

### Recordando conceitos básicos

– Acho melhor fazer uma breve recordação sobre alguns conceitos de química que aprendi até hoje para só depois iniciar a busca pela nanotecnologia e a nanociência – disse Rita.

Em qual princípio o estudo da Química se baseia? Teoria atômica. Com isso, admite-se que tudo é constituído por átomos: roupas, livros, mesas, salas, eu, tudo... Tudo é constituído por átomos. No entanto, lembro-me da professora falando que o fato de seguir o modelo atômico não quer dizer que seja uma verdade incondicional, mas sim um estudo rigoroso feito em cima de indícios físicos e elaborados cálculos matemáticos que comprovam a existência do átomo, sem ao menos visualizá-lo.

O átomo, simplificada, é constituído pelo núcleo e pela eletrosfera. No núcleo, temos os prótons (carga positiva) e nêutrons (carga nula) e, ao seu redor, temos uma nuvem eletrônica constituída de elétrons (carga negativa), sendo o número de prótons igual ao número de elétrons quando o átomo

está neutro. A quantidade de prótons que o átomo possui está relacionada ao elemento químico. Lembro-me que o átomo de oxigênio possui oito prótons e oito elétrons, já o hidrogênio só possui um próton e um elétron e, por isso, apresentam propriedades diferentes. Os átomos que representam esses elementos químicos podem se agrupar e formar uma molécula como, por exemplo, a água: dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio,  $H_2O$ , na qual esse agrupamento é formado pelas ligações químicas. Se eu pensar em muitas dessas moléculas se juntando, tenho uma substância, que é mantida por meio de forças denominadas de interações intermoleculares, sendo estas menos fortes que as ligações químicas.

Com esses conceitos básicos da química, posso pensar em fabricar produtos a partir da combinação de duas ou várias substâncias!! Realmente, estudar química é super-relevante e, se utilizada de forma consciente, é uma ciência para a vida!!

Li que se um material é nanoparticulado (constituído por nanopartículas), este apresentará propriedades diferentes dos materiais sólidos macroscópicos ou dos particulados (feito de partículas da ordem de micron) (Toma, 2004). E é esse o motivo da grande exploração e interesse nesses novos materiais.

– E as nanopartículas, o que são? Nanopartículas para lá, nanopartículas para cá, mas o que vem a ser essas tais nanopartículas?

– Nano é um prefixo que vem do grego e significa anão – disse a professora de português.

– Nano está relacionado com a ordem de grandeza – disse a professora de matemática.

### Rita descobrindo o que é nano

Rita está na primeira série do Ensino Médio e está aprendendo sobre medidas. A professora de matemática, Clarice, forneceu uma fita métrica de 1 m para cada aluno e pediu para que eles fossem medindo tudo o que vissem pela frente. Em certa data, deveriam apresentar o trabalho explicando como expressar a ordem de grandeza de cada medida. Rita achou melhor começar pelo caminho até a sua casa.

Foi medindo a rua da escola até a porta de seu apartamento e percebeu que deu muito trabalho, pois teve que fazer 100 medidas com a fita de um metro, ou seja, 100 m. O caminho da escola até o apartamento de Rita possui uma ordem de grandeza de  $10^2$  m. No dia seguinte, disse que mediria o prédio, mas sua mãe pegou o chinelo e gritou:

– Não vai não, você pode se machucar, mas... Eu sei qual é a altura do prédio: são dez metros.

– Beleza, mãe!

A altura do prédio de Rita possui uma ordem de grandeza de  $10^1$  m.

Eu estou com 15 anos e cresci bastante nos últimos meses. Vou medir minha altura. Nossa, estou com 150 cm ou 1,5 m. A altura de Rita possui uma ordem de grandeza de  $10^0$  m.

– Mãe, está muito calor, você corta meu cabelo?

– Quanto do seu cabelo você quer que eu corte? – perguntou a mãe.

– De acordo com minha fita, 10 cm estão bons.

A mãe cortou 10 cm ou 0,1 m dos cabelos de Rita em um corte bem moderno. O comprimento cortado dos cabelos de Rita possui a ordem de grandeza de  $10^{-1}$  m.

– Minha filha, que unha grande! Vou aproveitar a tesoura! – disse assustada a mãe.

– Espere, mãe, deixa só eu medir antes. Nossa! Minha unha está com 1 cm ou 0,01 m. Que horror! Pode cortar, mãe – disse Rita.

A unha de Rita possui a ordem de grandeza de  $10^{-2}$  m.

A mãe de Rita percebeu que a filha estava coçando muito os cabelos. Então foi investigar.

– Rita, me deixa dar uma olhada em seus cabelos!

– É mesmo, não sei o que é. Está coçando muito!

– Está cheia de piolhos!!! Meu Deus!!!

– Me deixa ver mãe... É bem pequeno, vou medi-lo: 0,1 cm ou 0,001 m.

A ordem de grandeza do piolho que estava na cabeça de Rita é de  $10^{-3}$  m. A mãe de Rita passou um produto anti-piolhos em seus cabelos e logo resolveu o problema. Passado alguns dias, Rita estava meio desanimada e sua mãe ficou preocupada.

– Será que você está com febre? Nossa, está! Vamos ao médico.

Rita havia contraído um vírus da gripe e deveria permanecer em repouso.

– Mas Doutor, não é só catar o vírus, que nem piolho e colocar aquele produto?

– Rá, rá, rá... – riram o médico e a mãe de Rita.

– Não, garotinha. O vírus é muito pequeno. Nem podemos vê-lo!

– O senhor pode me dizer o tamanho? É que estou fazendo um trabalho sobre medidas.

– Claro! É tão pequeno, que sua ordem de grandeza é de  $10^{-7}$  m.

– Nossa! Então é por isso que nem enxergamos.

– É, mas sabemos que existe pelos sintomas que você está apresentando.

– Credo, um ser tão pequeno e que faz tanta diferença!

Passados alguns dias, Rita entregou o trabalho sobre medidas à professora por escrito. Apresentou seu cartaz (Figura 1) e explicou:

– Para encontrar a ordem de grandeza, utilizei a matéria potência de dez. Por exemplo: Se forem duas casas decimais à direita (100), represento como  $10^2$ . E se forem duas casas decimais à esquerda (0,01), represento como  $10^{-2}$ . Então é fácil, o expoente da potência de dez é o número de casas decimais da minha medida.

– E não posso deixar de falar da importância da unidade de medida! – disse Rita. A maioria das medidas foi feita com base na fita que a professora me deu, então eu usarei o metro como minha unidade padrão de medida. Como nem tudo eu consigo medir, utilizei dados da internet para ilustrar o mundo “invisível”.

– Vejam as comparações de dimensões que podem ser feitas quando partimos do átomo até a célula. Podemos ver o quão pequenas são as estruturas biológicas quando trabalhamos com uma ordem de grandeza  $10^9$  m – interveio a professora.

– Eu acho que deveria ser ordem de *miudeza*! – sorriu Rita.

– Professora! Descobri que o tamanho nanométrico é uma medida da ordem de grandeza entre  $10^{-7}$  e  $10^{-9}$  m, ou seja, é tão pequena que não conseguimos enxergar “coisas” desse

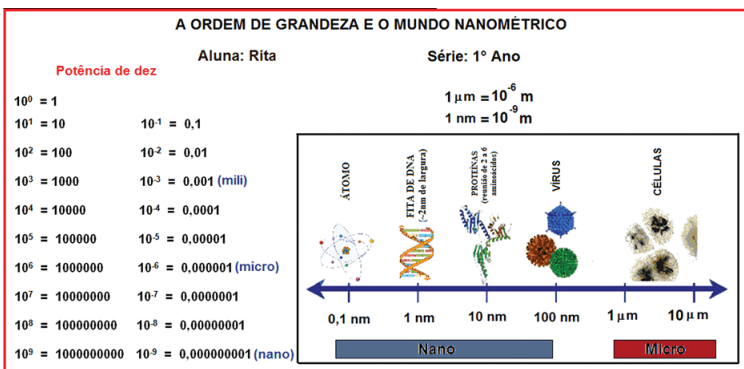


Figura 1: Trabalho explicativo de Rita sobre ordem de grandeza.

tamanho – disse Rita.

Rita chegou em sua casa e ficou pensando em tudo que havia aprendido: Coincidentemente, o vírus possui a medida da ordem de grandeza nanométrica. Agora realmente eu entendi a explicação do médico sobre o tamanho dos vírus – lembrou Rita.

### Rita descobrindo o que é partícula

– Partícula está relacionada com uma pequena porção de um material – disse a professora de química. Para você entender melhor, pense na areia de uma praia... Quando a observamos de longe, a aparência é contínua, mas quando observamos de perto, é possível perceber que a areia é formada por pequenos grãos ou partículas. Essas pequenas porções de matéria guardam sua composição química e uma quantidade de partículas representa quimicamente toda a areia de uma praia.

– Ah professora! Eu me lembro quando o professor de filosofia comentou sobre um antigo filósofo grego chamado Leucipo (Ronan, 1987) que tinha um pensamento parecido com esse. Lembro-me que tinha alguma relação com a matéria e o átomo – disse Rita.

– Muito bem lembrado, Rita! – exclamou a professora.

### Rita relacionando os dados

Então, sabendo que a ordem de grandeza entre  $10^{-7}$  e  $10^{-9}$  m é chamada nanométrica e que partícula é uma porção da matéria: nanopartículas são pequenas porções da matéria com ordem de grandeza nanométrica. Ainda não há uma regulamentação clara do tamanho exato de uma partícula para caracterizá-la como nanopartícula, mas vários cientistas a definem como tendo,

pelo menos, dimensão menor que 100 nanômetros.

– E os tais materiais nanoparticulados... Podemos enxergá-los?

– Hoje começaremos nosso estudo sobre nanopartículas – disse a professora de química. Essas partículas são muito pequenas e não são possíveis de serem visualizadas a olho nu. Já os materiais nanoparticulados são grandes porções dessas miniaturas e podemos enxergá-los sem o auxílio de microscópios.

Bom, vamos focar um pouco nossa atenção para a química ambiental. Todos vocês já devem ter percebido aquela “fumaça de cor preta” que ônibus e caminhões liberam na atmosfera. A coloração escura é devida à presença de partículas sólidas muito pequenas, ou seja, aglomerados de nanopartículas à base de carbono geradas a partir da queima de combustíveis. Esses aglomerados de nanopartículas recebem o nome de fuligem.

– Professora! Então estamos respirando nanopartículas de fuligem... Isso não faz mal? – perguntou Rita.

– Boa pergunta, Rita. Logo voltaremos a essa questão. Vamos primeiramente fazer uma comparação entre alguns materiais de nosso dia a dia e tentar classificá-los em nanoparticulados e/ou somente particulados. Os materiais que utilizaremos nessa comparação serão: achocolatado, fuligem, amido de milho, açúcar refinado e talco – orientou a professora.

– Eu trouxe para vocês alguns tubos de ensaio (Figura 2) contendo cada um desses materiais. Vamos observar o comportamento de cada um deles no ar ao balançarmos os tubos rapidamente – pediu a professora.

– Nossa, que interessante! A diferença é visível. Podemos tirar fotos? – perguntou Rita.

– Claro, Rita! – respondeu a professora.

– Na fuligem, nem consegui enxergar a menor partícula no ar. Ficou tudo escuro! – disse Rita.

– Eu consegui algumas imagens desses materiais (Figura 3) que foram obtidas a partir de um microscópio eletrônico de varredura (Mannheimer, 2002). Vamos nos reunir em grupos e tentar estimar os menores e os maiores tamanhos de partículas em cada um desses materiais – solicitou a professora.

Os alunos fizeram as medidas e preencheram uma tabela (Tabela 1) com os valores encontrados:

– A fuligem tem partículas bem menores que os outros materiais. Ela é nanoparticulada! Mas “perai”! A fuligem já existe há muito tempo e a professora disse que nanociência é uma ciência muito nova. Como, então, a fuligem pode ser nanoparticulada? – indagou Rita.

– Alguns materiais nanoparticulados sempre existiram na natureza. Recentemente, com o avanço científico, equipamentos puderam ser confeccionados de forma a permitir a visualização desses materiais – respondeu a professora.

– É até bom você questionar sobre

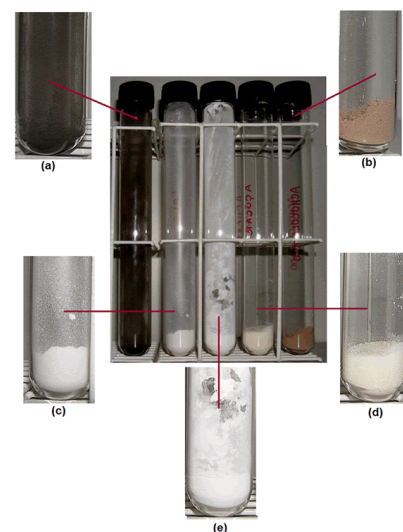


Figura 2: Comparação macroscópica entre (a) fuligem, (b) achocolatado, (c) talco, (d) açúcar refinado e (e) amido de milho.

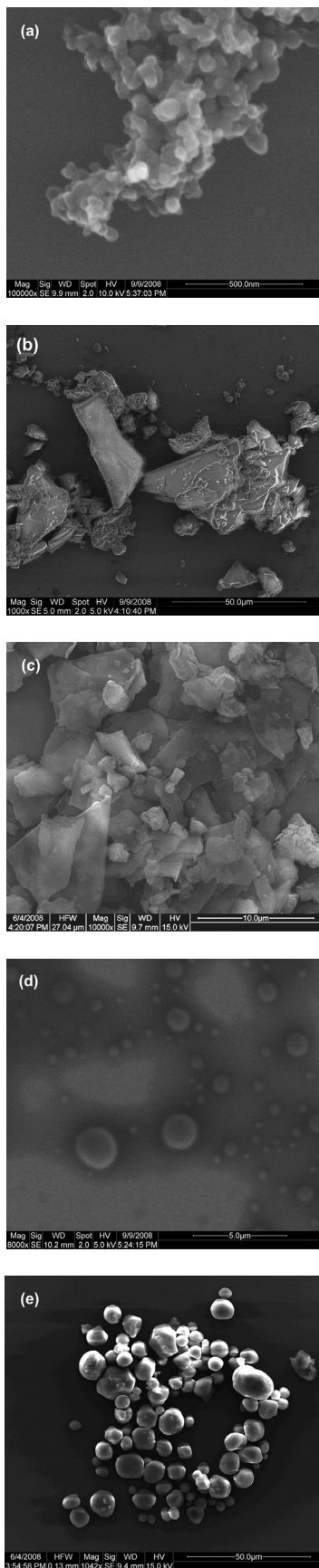


Figura 3: Imagens de microscopia eletrônica de varredura para as amostras de (a) fuligem, (b) achocolatado, (c) talco, (d) açúcar refinado e (e) amido de milho<sup>1</sup>.

isso, porque vamos analisar a linha do tempo (Figura 4) que mostra a evolução e os aspectos mais importantes da nanociência e da nanotecnologia até os dias atuais, prometendo muito para o futuro – disse a professora.

– Como vocês podem observar, as nanopartículas já existem há muito tempo, mas a nanociência e a nanotecnologia só foram desenvolvidas a partir da criação de aparelhos, principalmente microscópios, muito sofisticados que “enxergam” o que os nossos olhos não têm capacidade de ver – disse a professora. Alguns microscópios utilizados nos estudos envolvendo nanociência e nanotecnologia são conhecidos como microscópios eletrônicos de varredura e de transmissão, microscópio de força atômica e microscópio de varredura por tunelamento (Mannheimer, 2002).

### Nanociência e nanotecnologia

–E a nanociência? E a nanotecnologia? O que realmente são? – perguntaram os alunos.

–Turma, vocês vão pesquisar em casa sobre nanociência e nanotecnologia e apresentar o que encontraram na próxima aula – disse a professora. Na aula seguinte, Rita havia pesquisado bastante e foi ela a primeira a falar:

– A nanociência é o estudo de materiais nanoparticulados e de suas propriedades. É a pesquisa de materiais em escala nanométrica. Professora! Vou ler uma parte que achei interessante – disse Rita.

Os processos de estudo incluem:

- Síntese: capacidade de sintetizar novos materiais com pelo menos uma dimensão nanométrica e com forma desejada;
- Caracterização e análise dos nanomateriais: conhecer as propriedades intrínsecas destes, como composição, estrutura, morfologia e, assim, gerar materiais com propriedades preestabelecidas.

– Achei importante a palavra nanotecnologia e descobri que ela foi criada em 1974 por um pesquisador chamado Norio Taniguchi da Universidade de Tóquio (Taniguchi, 1974). A palavra tem relação com a maneira de se criar materiais na escala nanométrica – disse Rita. Podemos descrever de uma maneira geral que nanotecnologia é a destreza de manipular estruturas em escala nanométrica com o objetivo de desenvolver materiais com propriedades melhoradas ou totalmente novas.

– Professora! Em minha busca sobre esse assunto, ouvi muitas vezes falar em “aumento da área superficial”

Tabela 1: Comparação do tamanho de partículas de vários materiais.

Material	Menor partícula	Maior partícula
Fuligem	60 nm	130 nm
Achocolatado	300 nm	60 $\mu$ m
Talco	500 nm	10 $\mu$ m
Açúcar refinado	400 nm	2 $\mu$ m
Amido de milho	2 $\mu$ m	10 $\mu$ m

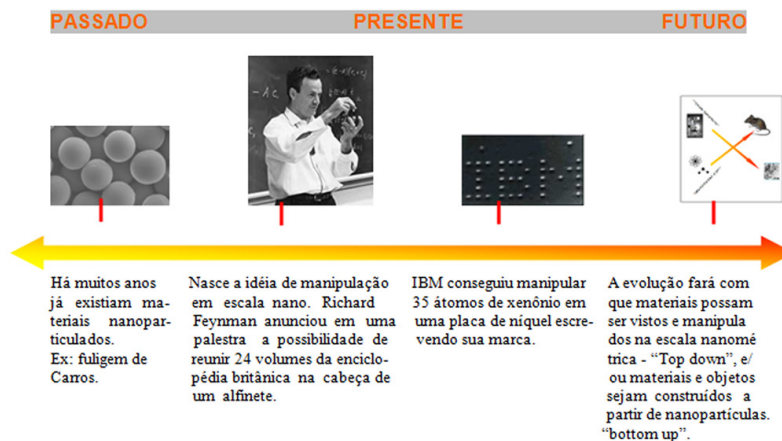


Figura 4: Breve histórico da nanociência e nanotecnologia

e não consegui entender bem. Como é essa história? – questionou Rita. A professora exemplificou:

– Um bom exemplo é a superfície de uma mesa que tenha seu tampo liso. Se ampliarmos essa superfície, percebe-se que o tampo não é liso, mas sim rugoso, tendo, portanto, uma superfície irregular. Vejamos a Figura 5a.

Ao medir a área real da superfície dessa mesa, seria necessário levar em consideração a rugosidade, obtendo assim, uma grande área superficial. No entanto, se o material utilizado na fabricação da mesa for nanoparticulado, a área será muito maior. Para ficar claro, considere que em cada irregularidade há uma partícula esférica do material (Figura 5b). Lembrando que a partícula do material nanoparticulado tem dimensões nanométricas, ou seja, muito menores.

– Vocês se lembram quando estudamos as propriedades dos materiais e comentamos sobre o aumento da reatividade de alguns fenômenos? Eu dei o exemplo do comprimido inteiro e pulverizado. Qual reagia primeiro? – perguntou a professora.

– O remédio que estava pulverizado – responderam os alunos.

– Isso quer dizer que a área de contato foi maior e por isso o tempo de reação foi menor. O mesmo acontece com a área superficial dos materiais nanoparticulados e esse é um dos motivos pelo qual, hoje, o estudo da nanociência se encontra num estágio de crescimento exponencial! – disse a professora. A utilização dessa e de outras propriedades na fabricação de produtos faz nascer a nanotecnologia.

– Rita! Pode continuar a falar sobre sua pesquisa, que agora é sobre nanotecnologia – disse a professora.

– Em nanotecnologia, é possível construir um material a partir de seus componentes básicos (seus átomos e suas moléculas) da mesma forma que uma criança monta uma estrutura conectando as peças de um Lego e assim chega a um produto desejado. Trata-se do procedimento chamado “de sentido ascendente” (bottom up). Por outro lado, é possível obter partículas nanométricas a partir de partículas maiores de um material. Esse procedimento é conhecido como “sentido descendente” (top down). Interessante, não? – disse Rita.

– Então, continuando... A nanotecnologia nos apresenta um conjunto de técnicas usadas para manipular a matéria na escala de átomos e ou moléculas – disse Rita.

– Professora, então parei para pensar na dimensão do átomo. O tamanho de um de hidrogênio tem a ordem de grandeza de  $10^{-10}$  m, ou seja, aproximadamente 0,10 nm. Fiz uma relação e percebi que se colocarmos 10 átomos de hidrogênio enfileirados temos 1 nm! É tão pequeno!!! – disse Rita.

– Você tem toda razão, Rita. E é por isso que os avanços tecnológicos na área da nanociência são cada vez maiores. A partir de estudos nessa área, cada vez mais aplicações e produtos são disponibilizados. Vários aspectos podem ser observados com esse avanço:

- A manipulação em escala nanométrica possibilita o melhoramento, a modificação e até mesmo a criação de novos materiais;

- Substâncias comuns podem apresentar características diferentes quando são sintetizadas em escala nanométrica;
- Antes da nanotecnologia, o pensamento tecnológico estava focado na manipulação de substâncias para a formação de produtos. Com a nanotecnologia, é possível combinar átomos para a formação dos mesmos produtos, só que com propriedades diferenciadas. A quantidade de matéria-prima é drasticamente reduzida, proporcionando melhorias na economia e também, a princípio, no meio ambiente.
- Como dito anteriormente, um mesmo material pode exibir características diferenciadas se estiver em escala nano: Carbono grafite (presente no lápis) é macio e maleável; mas em escala nanométrica pode ser mais resistente do que o aço e seis vezes mais leve. O alumínio obtido em escala nanométrica é explosivo! (Lima, 2006).

– Muitas empresas e/ou órgãos estão investindo milhões em nanotecnologia devido aos benefícios que podem adquirir. A inovação tecnológica terá impactos na sociedade, na economia, no campo social, nas políticas adotadas e no setor humano – falou a professora.

– Rita, você se mostrou muito aplicada. Eu gostaria que na próxima semana você trouxesse uma pesquisa sobre as aplicações dessa nova ciência – pediu a professora.

Na semana seguinte, Rita começou sua apresentação:

– Encontrei muitas aplicações como em embalagens plásticas que contêm nanopartículas que vedam melhor, aumentando assim o período de conservação dos alimentos; uma “língua eletrônica” com nanopartículas foi criada para controle de qualidade em vinhos por possuir maior sensibilidade; a área de cosméticos já contém vários produtos com nanopartículas por agirem com maior facilidade na pele e nos cabelos; roupas protetoras contendo nanopartículas aumentam ainda mais a proteção,

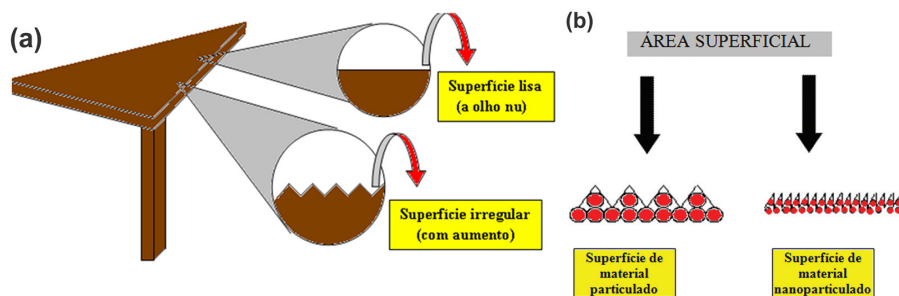


Figura 5: (a) Comparação da visão macro e microscópica de uma mesa. (b) Comparação da área superficial de materiais particulados e nanoparticulados.

até mesmo contra radiação; miniaturização no campo eletrônico fazendo com que dispositivos sejam menores e mais potentes; medicamentos liberados de maneira controlada dentro do organismo, por meio de nanocápsulas; peças impregnadas com nanopartículas que retêm óleo que podem ser utilizadas em acidentes ambientais aquáticos; sensores de gás, de presença; e muitos, muitos outros (Toma, 2004; 2005, Toma e Araki, 2005). No entanto, encontrei duas aplicações que achei muito importante:

– Pensem em uma meia autolimpante e/ou antibacteriana. Se a meia for autolimpante, é só utilizar, colocar ao sol e pronto... Não precisa lavar! A ação autolimpante será ativada pela radiação emitida pelo sol: a meia é colocada no varal e as nanopartículas eliminam as bactérias que causam o eventual mau cheiro nas meias. Se ela for também antibacteriana, ajudará pessoas diabéticas que, por possuírem dificuldades de cicatrização, estão mais sujeitas a processos infecciosos. Essa meia existe no mercado e contém nanopartículas de óxido de titânio e de prata, que possuem ação antibacteriana e, se impregnadas nas meias, prevenirão danos maiores da referida doença (Toma, 2004).

– Outra aplicação importante é o recobrimento de lentes de óculos. Normalmente estas riscam com facilidade e refletem a luz, dificultando a visão do usuário. Esse problema pode ser resolvido por filmes muito finos contendo nanopartículas que protegem a lente dos riscos e facilitam a passagem da luz, diminuindo sua reflexão. Eu li que a utilização dos filmes provoca uma mudança do índice de refração das lentes (Toma e Araki, 2005). Me lembrei das aulas de física – disse Rita.

### **Nanotoxicidade**

– Vocês perceberam como há tantas aplicações? Muitas já estão sendo utilizadas. E como fica nossa segurança? Será que tem algum problema? Na próxima aula, falarei com vocês sobre a nanotoxicidade – disse a professora.

– Será que isso faz mal? O que é

essa tal nanotoxicidade?

Rita foi embora pensando em como a nanociência e a nanotecnologia poderiam causar algum mal e o que deveria ser nanotoxicidade...

A professora começou a aula fazendo as explicações, conforme havia combinado com os alunos:

– O impacto da nanociência já está sendo sentido em vários setores de atividade. Embora a dimensão nano esteja acima da dos átomos e das moléculas, as nanopartículas podem ser pequenas o bastante para interagir diretamente com o organismo, principalmente se estiverem na forma livre. Contudo, em termos relativos, as nanopartículas tendem a oferecer menos risco, principalmente se estiverem imobilizadas dentro de polímeros e matrizes inorgânicas, formando os chamados nanocompósitos. Mesmo assim, os cuidados observados na Química devem ser transportados para a nanociência, não dispensando a necessidade de regulamentação e de habilitação qualificada para lidar com o assunto.

Pense bem: se essas partículas livres, com dimensão nano, são tão pequenas, imagine como elas podem interagir com seu organismo... O que se pode pensar é que elas entram facilmente pela pele, pois os poros da pele têm diâmetros da ordem de micrômetros. No entanto, será que também saem facilmente? Ou será que se alojam no organismo promovendo reações inesperadas e até mesmo indesejadas? Atualmente os estudos nesse sentido estão se intensificando, e os que existem falam sobre alojamento nos pulmões (Grupo ETC, 2005).

– Vocês se lembram da imagem dos tubos de ensaio que mostrava a interação da fuligem com o ar? – perguntou a professora.

– Lembramos! – responderam os alunos.

– Pois é! Nós todos estamos respirando aquele pó tão fino. Problemas respiratórios podem surgir e já são observados principalmente em crianças. A fuligem jogada na atmosfera a todo o momento pelos carros e por indústrias contém na-

nopartículas – explicou a professora. Uma das vantagens da nanociência é que agora que sabemos que essas nanopartículas existem, podemos fazer alguma coisa para nos prevenir contra elas.

– Todo avanço na área científica e tecnológica é bem-vindo, porém esse desenvolvimento deve ser feito com responsabilidade. Ainda não há nenhum tipo de regulamentação, leis, princípios de ética... Panfletos comerciais já anunciam produtos produzidos com nanopartículas. São roupas, cosméticos, utensílios, geladeiras, sensores etc. A população compra e utiliza como se fossem privilegiadas por conter um produto de última geração. Alguns produtos são realmente sérios e outros nem são produzidos a base da nanotecnologia – ironizou a professora.

– Seremos vítimas? – perguntou Rita.

– Se for pensar por esse lado, parece que sim – disse a professora.

Essa pergunta deve ser respondida com profundos estudos da possível nanotoxicidade, elaboração de uma legislação e valorização da ética científica. Os nanomateriais são tecnologicamente importantes e devem ser manipulados com precaução. A maioria dos pesquisadores usa luvas, mas quais tipos de luvas seriam mais seguros no sentido de conter partículas de tal tamanho? E equipamentos de proteção respiratória? E as partículas livres na atmosfera? – perguntou a professora para que os alunos pensassem.

E, finalmente, qual seria a embalagem de retenção adequada para nanopartículas, se estas são tão pequenas e reativas? – continuou a professora. Quais são as preocupações com o meio ambiente? Algumas dessas questões já estão sendo respondidas por meio de pesquisas recentes.

A ética da ciência se baseia na construção do conhecimento para produção de benefícios para o homem e o ambiente. De maneira alguma, a ciência pode ser tratada de forma comercial e rentável, valorizando apenas os lucros.

## Finalizando

– Tive uma visão simplificada do que é a nanociência e nanotecnologia, que foi apenas um estudo inicial – disse Rita. Quero aprender mais!!! Cabe a você, aluno, se aprofundar, procurar por mais informações e se posicionar diante de questões que serão apresentadas nos meios de comunicação. Esse mundo nanoparticulado está sendo conhecido como uma nova revolução científica e promete grandes benefícios para o ser humano e o meio ambiente. Tudo é inovador! A ética e a segurança sempre devem ser levadas em consideração, e segue como um alerta para instituições se organizarem e começarem a criar regulamentações.

Até logo!

## Conclusão

Com a atual publicidade de temas envolvendo nanociência e nanotecnologia, os professores têm que estar preparados para responder perguntas de crianças e adolescentes curiosos. Esses professores, principalmente os de química, precisam saber que a nanotecnologia não é um novo e separado campo de conhecimento, mas envolve conceitos já dominados por eles como átomos e moléculas, tamanho de partículas, escalas métricas, área superficial específica, adesão, entre outros. O que se tem realmente de novo é a maneira com que átomos e moléculas estão sendo manipulados para criar novas tecnologias, e isso pode ser ensinado dentro de seus padrões de conheci-

mento. Com a história de Rita, buscamos abordar vários desses conceitos de uma maneira fácil e didática, que poderá auxiliar professores e alunos a se inteirarem do fabuloso mundo da nanotecnologia.

## Nota

1. As imagens de microscopia eletrônica foram feitas no Centro de Microscopia da UFMG.

**Suzeley Leite Abreu Silva** (suzeleyabreu@gmail.com) é licenciada em Química pela UFMG.

**Marcelo Machado Viana** (marcelomachado@ufmg.br), licenciado em Química e mestre em físico-química pela UFMG, é doutorando em físico-química pela UFMG. **Nelcy Della Santina Mohallem** (nelcy@ufmg.br), graduada em física pela UNICAMP, mestre em Ciências Técnicas Nucleares pela UFMG, doutora em Física Aplicada pela USP, é docente do Departamento de Química da UFMG.

## Referências

GRUPO ETC. *Nanotecnologia: os riscos da tecnologia do futuro: saiba sobre produtos invisíveis que já estão no nosso dia a dia e o seu impacto na alimentação e na agricultura*. Porto Alegre: L&PM, 2005.

LIMA, G. Sociologia na complexidade. *Sociologias*, Porto Alegre, ano 8, n. 15, p. 136-181, 2006.

MANNHEIMER, W.A. *Microscopia dos materiais: uma introdução*. Rio de Janeiro: E-papers, 2002.

RONAN, C.A. *História ilustrada da ciência da Universidade de Cambridge*. Rio de Janeiro: Zahar, 1987.

SILVA, S.L.A. *Nanociência e nanotecnologia*. 2007. Monografia (Licenciatura em Química)- UFMG, Belo Horizonte, 2007.

TANIGUCHI, N. On the basic concept of nanotechnology. *Proceedings of the International Conference of Production Engineering*, Tokyo, Japan, 1974, p. 18-23.

TOMA, H.E. *O mundo nanométrico: a dimensão do novo século*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

\_\_\_\_\_. Interface e organização da pesquisa no Brasil: da química à nanotecnologia. *Química Nova*, v. 28, n. Suplemento, S48-S51, 2005.

TOMA, H.E. e ARAKI, K. Nanociência e Nanotecnologia. *Ciência Hoje*, v. 37, n. 217, 2005.

## Para saber mais

ZARBIN, A.J.G. Química de (nano) materiais. *Química Nova*, v. 30, n. 6, p. 1469-1479, 2007.

TOMA, H.E. A nanotecnologia das moléculas. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 3-9, 2005.

USP. *Rede USP de nanotecnologia*. Disponível em: <<http://www.usp.br/prp/nanotecnologia>>.

Ministério da Ciência e Tecnologia. *Nanotecnologia*. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/727.html>>.

LQES – Laboratório de Química do Estado Sólido. Disponível em: <<http://lqes.iqm.unicamp.br>>.

**Abstract:** After all, what is nanoscience and nanotechnology? An approach for high school. From the story of Rita we show the most frequent questions of students and discuss some basic concepts on nanoscience and nanotechnology. Rita has seen and listened much information about nanoscience, nanotechnology and nanoparticles. These words have been widely divulged and they are becoming more frequent in her day-by-day. She wants to discover the meaning and the origin of these terms, how Science is treating the nanometric world and if the nanomaterials are hazardous to the health. At last, she wants to learn about these concepts and answer her questions and thus to think conscientiously about the subject.

**Keywords:** nanoparticles, nanoscience and nanotechnology.

## V Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química



O V Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química (EPPEQ) será realizado no Instituto de Química da FFCLRP-USP em Ribeirão Preto (SP), no período de 9 a 11 de setembro de 2009, com o tema *A pesquisa na formação do professor*.

Neste ano, a comissão organizadora realizará o Workshop *Pesquisa em ensino e políticas públicas: fomento e orientações curriculares*, além de conferências, mesas redondas e seções de apresentação de trabalhos.

Informações adicionais: <http://sites.ffclrp.usp.br/veppeq>  
Contato: [veppeq@ffclrp.usp.br](mailto:veppeq@ffclrp.usp.br)

Luciana Caixeta Barboza (editoria QNEsc)