

AS NANOTECNOLOGIAS

Autor¹
Autor²

Universidade (nome da universidade) – Departamento de *** – (nome do curso)
AV. Universitária, N° *** – Setor Universitário – Fone (**) 5555-5555.
CEP: 0000-000 – São Paulo - SP (estado e sigla).

RESUMO

Este artigo discute as principais descobertas acerca de Nanotecnologia, uma área em expansão e de extrema importância para o futuro da humanidade. Observa-se também a relação da Nanotecnologia com a Engenharia Química, que tem papel importante na fabricação e aplicações em processos químicos. Além disso, é possível concluir que a Nanotecnologia será acessível antes do que se imagina, devido aos avanços tecnológicos que essas descobertas possibilitaram.

Palavras-chave: Nanotecnologia. Engenharia Química. Nanopartículas. Nanofábrica.

ABSTRACT

This article discusses the main findings on Nanotechnology, a growing area of extreme importance for the future of mankind. It is also noticed the relationship of Nanotechnology in Chemical Engineering, which plays an important role in manufacturing and applications in chemical processes. Moreover, it is possible to conclude that nanotechnology will be available sooner than you think, due to technological advances that have enabled these findings.

Keywords: Nanotechnology. Chemical Engineering. Nanoparticles. Nanofactory.

¹ Acadêmico do curso de (nome do curso) da (nome da universidade). (e-mail do autor)

² Prof^o do departamento de (nome do curso) da (nome da universidade). (e-mail do autor)

1 INTRODUÇÃO

A nanotecnologia é a engenharia das coisas extremamente pequenas, que visa a concepção, construção e manipulação de sistemas cujas unidades fundamentais têm dimensões da ordem de 1 a 100 nanômetro. Um nanômetro (nm) é igual a 10^{-9} m, ou seja, cerca de 100.000 vezes menor que a espessura de um fio de cabelo (que tem cerca de 0,1 mm), e cerca de dez vezes o de um átomo de hidrogênio (0,1 nm). A nanotecnologia é atualmente uma área interdisciplinar que abrange diversos tópicos e com aplicações em diversos campos, tais como os produtos de consumo (roupas, alimentos, cosméticos, entre outros), o ambiente, a energia, a eletrônica e a medicina. As potenciais futuras aplicações são imensas, desde *nanorobots* que reparam as nossas células a materiais mais leves que o aço, mas dez vezes mais resistentes. Na opinião de alguns cientistas, a nanotecnologia pode estar na base de uma nova revolução industrial, nos próximos 10 a 20 anos.

2 O QUE É NANOTECNOLOGIA?

O significado de nanotecnologia evoluiu ao longo dos anos. Originalmente, o termo designava a engenharia à escala molecular, construindo-se, ou, manipulando-se sistemas a partir de componentes à nano escala, tal como as células do nosso organismo, que são constituídas por uma variedade de máquinas moleculares. Este conceito de nanotecnologia ainda não foi concretizado, devido ao atual estado de constante descobrimento da área. Entretanto, com a evolução no campo da ciência e tecnologia dos materiais, é possível construir materiais estruturados à nano escala que têm propriedades úteis como, por exemplo, roupas revestidas com nano filamentos de carbono que repelem a água, tal como a fina penugem de um pêssego.

O desenvolvimento de nanomateriais, assim como o entusiasmo à volta do termo nanotecnologia, fez com que o significado fosse amplamente utilizado, abrangendo uma variedade de tecnologias que manipulam a matéria a uma escala abaixo de 10 nm.

Segundo Eric Drexler, considerado por muitos o "pai da nanotecnologia", existem duas nanotecnologias: a nanotecnologia do fabrico molecular e a nanotecnologia dos produtos manipulados à nanoescala. O grande potencial da nanotecnologia, no futuro, reside provavelmente no fabrico molecular. A segunda nanotecnologia não é considerada tão revolucionária, mas já está no mercado e pode significar o início da comercialização de nano produtos.

O CRN (*Centre for Responsible Nanotechnology*) propõe uma boa definição que tenta abarcar as duas tecnologias: "nanotecnologia é a engenharia de sistemas funcionais à escala molecular"

3 APLICAÇÕES ATUAIS DA NANOTECNOLOGIA

Atualmente, as aplicações da nanotecnologia disponíveis no mercado são essencialmente na área de *nano materiais*. São muitos os exemplos: protetores solares com nanopartículas de óxido de zinco, que são muito eficientes na absorção de raios ultravioleta, mas deixam passar a luz visível; embalagens para alimentos com nanopartículas de prata que têm propriedades antibacterianas; roupas e tecidos revestidas com nanofilamentos que repelem a água e outros materiais; raquetes de tênis e outros equipamentos esportivos com nano tubos de carbono. Conforme demonstram as figuras, a seguir.

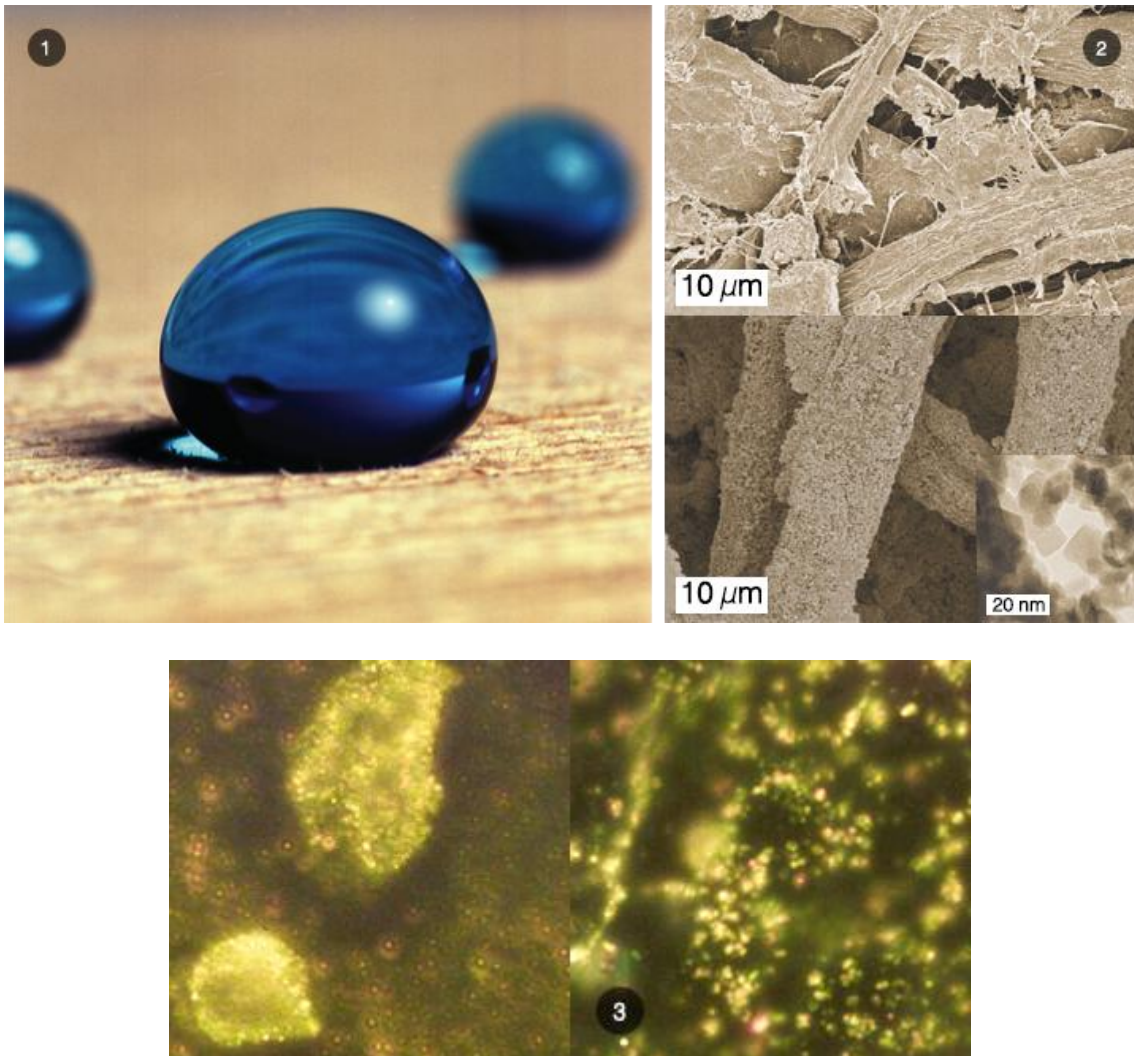


Figura 1. Gotas de água em superfície de madeira tratada com o spray Lotus, da BASF. Lotus é uma planta cujas folhas repelem a água, uma vez que estão cobertas de nano cristais de uma cera hidrofóbica, que reduzem a área útil de contato entre a água e a superfície para apenas 2-3% da área total. Este efeito é imitado pelo spray da BASF que combina nanopartículas com polímeros hidrofóbicos. O spray é particularmente eficiente em superfícies rugosas, com as de materiais de construção, madeira, papel, cabedal e têxteis (Fonte: *IOP Publishing Limited*). **Figura 2.** Papel de parede antibacteriano para usar, por exemplo, em hospitais. Acima, observam-se fibras de papel convencional e, abaixo, as mesmas fibras revestidas com nanopartículas de ZnO; as partículas são mostradas em detalhe no canto inferior direito. As nanopartículas têm atividade antibacteriana, testada com *E. Coli*. O mesmo princípio pode ser

aplicado a superfícies têxteis (Fonte: *The Royal Society of Chemistry*). **Figura 3.** Nanopartículas de ouro ligam-se preferencialmente à células cancerosas (à esquerda) e não têm afinidade específica por células saudáveis (à direita), constituindo assim um meio eficiente de diagnóstico. As nanopartículas são ligadas a um anticorpo que reconhece uma proteína existente na superfície das células cancerosas (Fonte: *American Chemical Society*).

4 A NANOTECNOLOGIA MOLECULAR: O FUTURO

Em 1959, Richard Feynman, que viria a ganhar o prêmio Nobel de Física em 1965, já idealizava o futuro da Nanotecnologia — mesmo sem utilizar o termo:

I want to build a billion tiny factories, models of each other, which are manufacturing simultaneously. [...] The principles of physics, as far as I can see, do not speak against the possibility of maneuvering things atom by atom. It is not an attempt to violate any laws; it is something, in principle, that can be done; but in practice, it has not been done because we are too big.

Esta ideia de nanofábricas produzindo com precisão atômica foi desenvolvida por Eric Drexler, a partir dos anos de 1980, sendo atualmente designada como Nanotecnologia Molecular. De acordo com esta visão do futuro, as unidades fundamentais de uma nanofábrica são nanomáquinas que manipulam cada molécula individualmente (Figura 4) e montam moléculas em estruturas maiores, permitindo assim a produção de quase tudo o que podemos imaginar, incluindo outras nanomáquinas. Numa nanofábrica, tem-se um controle rigoroso sobre o movimento molecular e a formação de novas moléculas, ao contrário do que acontece nos reatores químicos atuais, onde não se tem controle direto sobre o movimento molecular, colocando-se trilhões de moléculas em contato, resultando no produto desejado ou, por muitas vezes, indesejados. Uma nanofábrica pode integrar milhões de nanomáquinas e sistemas auxiliares de transporte, energia e controle, organizados em vários níveis, permitindo a construção de produtos complexos, átomo por átomo, de forma limpa, barata e eficiente. E tudo isso em espaços bem pequenos, diferente das fábricas e laboratórios atuais. Há quem pense que esta não é uma ideia demasiado futurista e que nos próximos 10 a 20 anos teremos de fato uma nova revolução industrial baseada nas nanofábricas

O conceito de fábrica molecular pode parecer menos futurista e mais praticável a médio prazo, se recorrermos a exemplos da biologia. Os ribossomos, presentes em todas as células, podem ser encaradas como nanomáquinas (cerca de 20 nm de diâmetro) que leem a informação genética contida no mRNA e montam sequências de aminoácidos para formar proteínas. Estas enrolam-se de acordo com a sua composição atômica e intervêm depois em inúmeros processos, constituindo elas próprias máquinas moleculares ao promoverem determinadas reações químicas. Os ribossomos e as proteínas são então algumas das máquinas moleculares que compõem a eficiente e complexa nanofábrica que é a célula. A biologia ilustra assim as potencialidades da nanotecnologia, mas no entender de Eric Drexler, não devemos ficar demasiado colados ao modelo da biologia, já que os nanossistemas artificiais podem vir a ser muito mais eficientes do que os biológicos, tal como os aviões são mais rápidos que as aves.

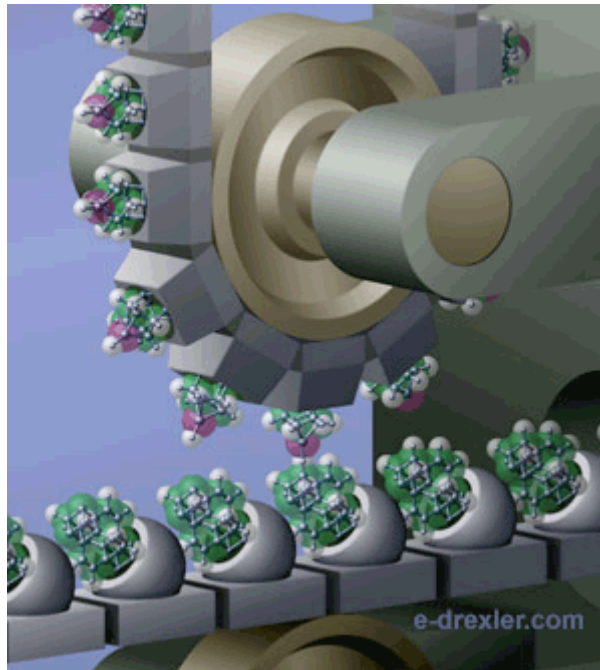


Figura 4. Moinho molecular que transfere um átomo de hidrogênio das ferramentas que circulam no tapete de cima para os produtos transportados pelo tapete de baixo. A ferramenta transporta um átomo de hidrogênio (branco) ligado a germânio (roxo) e o produto tem um radical de carbono voltado para cima (verde). No ponto de contato, o átomo de hidrogênio é transferido do germânio para o carbono formando uma ligação muito mais forte (Fonte: *E-Drexler.com*).

5 OPORTUNIDADES PARA A ENGENHARIA QUÍMICA

A nanotecnologia é uma área interdisciplinar para a qual contribuem a física aplicada, a química (em particular a química supramolecular, a química dos colóides e a química física), a ciência dos materiais, a eletrônica e a engenharia química.

A relação entre a engenharia química e os nanomateriais acontece, em primeiro lugar, no próprio processo de fabricação desses materiais, onde o engenheiro químico com uma sólida formação em engenharia de processo tem, naturalmente, muito a contribuir. Além disso, os próprios materiais sintetizados têm aplicações em processos químicos, tanto na área da reação química (novos catalisadores nanoestruturados) como em processos de separação (membranas estruturadas à nanoescala). Os nanocatalisadores podem vir a ter significantes impactos em tratamentos ambientais e na área da energia, inclusive no desenvolvimento de células de hidrogênio, enquanto que as nanoseparações podem ser muito úteis em problemas ambientais e processos de purificação em química fina, incluindo produtos de biotecnologia e fármacos. Ao nível da tecnologia do produto, a incorporação de nanomateriais e, de um modo geral, a

manipulação à escala molecular podem beneficiar uma série de áreas onde os engenheiros químicos estão envolvidos, como produtos de higiene e cosmética, produtos de limpeza, produtos alimentares, tintas, plásticos e têxteis.

Os engenheiros químicos estão também cada vez mais envolvidos em domínios ligados à medicina e ciências da vida, tal como a administração e libertação controlada de fármacos, as técnicas de diagnóstico, os dispositivos biomédicos e a engenharia dos tecidos, domínios esses onde a nanotecnologia tem uma intervenção cada vez maior. A título de exemplo, no campo da administração de fármacos, caminha-se para o desenvolvimento de veículos que transportem o medicamento exatamente para as células ou tecidos onde ele é necessário. No tratamento do cancro, há já estudos com nanocápsulas que transportam o fármaco especificamente para as células cancerosas, minimizando os danos aos tecidos saudáveis.

A engenharia química, como engenharia de base molecular e engenharia dos processos de fabricação, tem também um contributo a dar na investigação de ponta na fabricação molecular e máquinas moleculares. A investigação em áreas que irão contribuir para a nanofábrica do futuro, tais como a química física, mecânica molecular, associação espontânea de moléculas, química computacional e engenharia de sistemas moleculares é muitas vezes feita por cientistas com formação de base em engenharia química.

Mas a nanofábrica é ainda uma visão do futuro. Entretanto, ainda sem chegar à nanoescala, a engenharia química tem de fato evoluído no sentido da redução da escala, através daquilo a que se chama intensificação de processos. A intensificação de processos e consequente redução de escala pode ser obtida reduzindo o tamanho dos equipamentos que compõem uma instalação industrial ou então concebendo peças individuais de equipamento que integram diversas operações como, por exemplo, reação química seguida de separação dos produtos da reação. Para a intensificação de processos, têm contribuído diversas tecnologias como, por exemplo, os microreatores, que podem ser do tamanho de um cartão de crédito e que incorporam uma série de microcanais (com 10 a 100 μm de diâmetro) onde têm lugar diversas operações, incluindo mistura de reagentes, reação química, transferência de calor e separação.

Concluindo, a Nanotecnologia e a Engenharia Química são ambas disciplinas modernas de base molecular e com aplicações em múltiplas áreas. Como tal, é natural que se cruzem diversas vezes convergindo para a criação de novos produtos e processos que melhorem a nossa qualidade de vida.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARRILLO, D. L. *Nanosensor's Niche in Technology*. Chem.Eng. Prog. 2003; 99 (11): 43-47.

DREXLER, K. Eric. *Nanotechnology: Revolutionizing the Future of Technology*. [internet] 2006. Disponível em: <
<http://www.eurekaalert.org/context.php?context=nano&show=essays&essaydate=%29>>. Acesso em: 27/02/2015.

_____. *Radical Abundance: How a Revolution in Nanotechnology Will Change Civilization*. New York: PublicAffairs Publisher, 2013.

EL-SAYED, I.; HUANG, X.; EL-SAYED, M. *Surface Plasmon Resonance Scattering and Absorption of anti-EGFR Antibody Conjugated Gold Nanoparticles in Cancer Diagnostics: Applications in Oral Cancer*. [internet] 2005. Disponível em: <
<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl050074e>>. Acesso em: 27/02/2015.

GHULE, K.; GHULE, A.; CHEN, B.; LING, Y. *Preparation and characterization of ZnO nanoparticles coated paper and its antibacterial activity study*. [internet] 2006. Disponível em:<
<http://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleLanding/2006/GC/b605623g#!divAbstract>>. Acesso em: 27/02/2015.

HARPER, T.; VAS, C. R.; HOLISTER, P. *Fueling the Chemical Industry's Future*. Chem. Eng. Prog. 2003; 99 (11): 34-38.

KALAUGHER, L. *Lotus Effect Shakes Off Dirt*. [internet] 2002. Disponível em:<
<http://nanotechweb.org/cws/article/tech/16392#0611102>>. Acesso em: 27/02/2015.

LANGER, R.; PEPPAS, N. *Advances in Biomaterials: Drug Delivery and Bionanotechnology*. AIChE J. 2003; 49(12): 2990-3006.

RITTNER, M.; HOLISTER, P. *Nanoparticles - What's Now, What's Next?* Chem. Eng. Prog. 2003; 99 (11): 39-42.

ROCO, M. C. *Paving the Road for a Nanotechnology Future*. Chem. Eng. Prog. 2003; 99 (11): 48.

STANKIEWICZ, A. I.; MOULIN, J. A. *Process Intensification: Transforming Chemical Engineering*. Chem. Eng. Prog. 2000; 96 (11): 22-34.

TIRRELL, M. *Modular Materials by Self-Assembly*. AIChE J. 2005; 51(9): 2386-2390.

YING, J.Y. *Research in Bioengineering and Nanotechnology*. AIChE J. 2005; 51(9): 2382-2385.



Deseja mais auxílio no seu artigo?

Se precisar de apoio acadêmico, entre em contato com a equipe Mundo da Monografia:

Através do site: www.mundodamonografia.com.br ou pelo telefone (11) 4063-9653 — de segunda à sexta, das 10h às 18h.