

CURSO: NANOTECNOLOGIAS E OUTRAS NOVAS TECNOLOGIAS E IMPACTOS À SAÚDE DOS TRABALHADORES

16 a 18 de julho de 2019

FUNDACENTRO - CTN

São Paulo

Possíveis impactos das novas tecnologias com ênfase
nas nanotecnologias no meio ambiente

Arline Sydneia Abel Arcuri





CREDIT: ROSE PERRY/PACIFIC
NORTHWEST NATIONAL
LABORATORY'S CREATIVE
SERVICES DEPARTMENT

Natural, incidental, and engineered
nanomaterials and their impacts on the
Earth system - Science 29 Mar 2019

<https://science.sciencemag.org/content/363/6434/eaau8299>

A **Terra** tem **milhares de teragramas** ($1 \text{ Tg} = 10^{12} \text{ g} = 10^9 \text{ kg}$) de **nanomateriais naturais** que se movem ao redor do planeta anualmente. Agora, isso é **acompanhado de 1 a 10 Tg de nanomateriais incidentais** formados na atmosfera ou entregues à atmosfera, por exemplo, emissões de fábricas e de transporte, mineração, incêndios florestais e processos urbanos, bem como **menos de um teragrama anual de nanomateriais manufaturados** (engenheirados) fazem o seu caminho para o meio ambiente principalmente através de estações de tratamento de águas residuais, chegando em lagoas e aterros sanitários.

Todos esses, juntos, afetam todo o sistema da Terra.

Nanotecnologia

- Novos riscos ambientais?



COM RELAÇÃO AO MEIO AMBIENTE



- ✓ São relatados vários benefícios da nanotecnologia nesta área, sendo que **são muito pouco conhecidos os riscos** da dispersão dos **nanomateriais no ambiente**, assim como para a **saúde humana**.



Meio Ambiente - Benefícios

Estes benefícios estão presentes nas seguintes situações:

- ✓ Detecção e Redução da Poluição,
- ✓ Redução no uso de matérias primas
- ✓ Tratamento e purificação de água;
- ✓ Geração, estocagem e conservação de Energia;
- ✓ Redução da emissão dos carros;
- ✓ Produção limpa;
- ✓ Remediação e detecção de contaminação ambiental;
- ✓ Redução da poluição na agricultura - Saúde das culturas agrícolas protegidas por nanosensores.

Produtos dirigidos a contaminação ambiental

Segundo o site statnano há no mercado 531 produtos, de 45 tipos, produzidos por 221 companhias, em 33 países

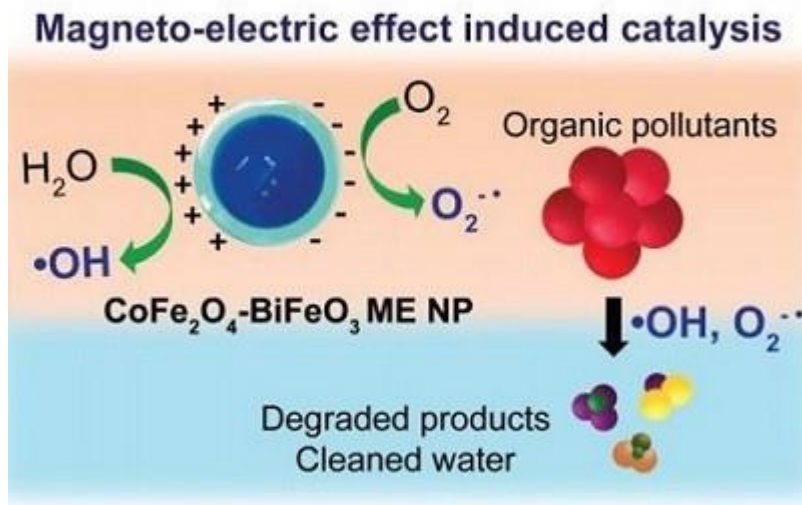
Os produtos de base nano da indústria ambiental são classificados nas seguintes subdivisões:

1. **Água e rejeitos aquosos**, incluindo plantas de purificação de água, osmose reversa (RO), sistemas de deionização capacitiva (CDI), purificador de água, ionizadores de água, sistemas móveis de hidratação, filtros e membranas, refrigeradores de água, produtos químicos para tratamento de água, incluindo aditivos poliméricos, surfactantes e coagulantes.
2. **Remediação de ar**, incluindo purificadores de ar, condicionadores de ar, sensores de ar, catalisadores, umidificadores e cartuchos coletores de pó.
- 3 **Remediação do solo**, incluindo filtros e produtos químicos.



Ex: Controle de contaminação Ambiental

Using Nanoparticles to Remove Micro-Contaminants from Water



https://statnano.com/filereader.php?p1=thumbnail_a4756f28ca2b587d2b756020576d5c57.jpg&p2=news&p3=21&p4=2

As nanopartículas agem como um catalisador para acelerar a conversão das substâncias em compostos inofensivos.

As nanopartículas são compostas por um núcleo de ferrita de cobalto que é circundado por uma camada de ferrita de bismuto. Quando um campo magnético externo alternado é aplicado, algumas das regiões da superfície da partícula adotarão cargas elétricas positivas, enquanto outras se tornarão negativamente carregadas, resultando em uma espécie reativa de oxigênio formado na água que decompõe os poluentes orgânicos em compostos inofensivos.

<https://www.rdmag.com/news/2019/05/using-nanoparticles-remove-micro-contaminants-water>

Produtos e Serviços que estão no Mercado



<https://uncrate.com/lifestraw/>



<https://www.mintpressnews.com/this-simple-water-purifier-is-saving-lives/205611/>



Produtos e Serviços que estão no Mercado



Life Straw Family filters

<https://inhabitat.com/project-h-fund-a-lifestraw-for-mumbai-for-25/>



Produtos e Serviços que estão no Mercado



Coletor solar

Folhas de vidro cobertas com pigmentos orgânicos avançados que concentram luz solar de forma mais eficiente.

Podem se usados na fachada e até nas janelas.



Produtos e Serviços que estão no Mercado



E3 View
Smart
Window
(janelas
inteligentes
E3 View)

Revestimento que não atrapalha a visibilidade, transforma janelas em filtros térmicos que se adaptam ao clima em tempo real. Se o ambiente estiver quente, menos calor entra; se estiver frio, mais calor entra.

Ganho na economia de energia para condicionadores de ar, ventiladores, etc..

nanotecnologia-cria-materiais-antimudancas-climaticas

<https://bluevisionbraskem.com/inovacao/nanotecnologia-cria-materiais-antimudancas-climaticas/>

Performance glass

<http://www.dimien.com/performance-glass>



Produtos e Serviços que estão no Mercado

Superfície Voltaica Nanoestruturada



Fina, aderente, flexível, resistente a abrasão
 $\sim 0.1 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow \sim \$0.10/\text{m}^2$



Produtos e Serviços que estão no Mercado

✓ Moinhos de vento com pás feitas através de nanotecnologia que são muito mais leves, fortes e duráveis.



Produtos e Serviços que estão no Mercado

- ✓ Nanopartículas de magnetita em óleo;
- ✓ O fluido pode ser moldado magneticamente;
- ✓ Pode ser utilizado para limpeza de derramamento de petróleo.



Meio Ambiente - Impactos

Inúmeras Questões:

- *Através de qual meio estes materiais*
- *penetram ao ambiente?*
- *Quais são os modos de dispersão*
- *destes materiais no ambiente?*
- *Estes materiais são transformados*
- *no ambiente?*
- *Que efeitos podem causar nas diferentes formas de vida do planeta?*



Meio ambiente - impactos

- *Até que ponto, os nanomateriais são "móveis" no solo e na água subterrânea?*
- *Qual é o potencial destes materiais, se forem liberados no solo ou aterros, de migrar para as águas subterrâneas e dentro de aquíferos, com exposição potencial para populações em geral por meio da ingestão destas águas?*
- *Qual é o potencial para esses materiais serem transportados ligados a partículas em suspensão (material particulado), nos sedimentos, ou em lamas para águas superficiais?*



Meio ambiente - impactos

Pesquisas começam a mostrar o **potencial poluente das nanopartículas** e como esses compostos podem afetar o **meio ambiente** numa escala bastante perigosa.

A **principal ameaça** está nos **efluentes de indústrias** que empregam esse tipo de material, mas eles **também** podem chegar ao ambiente por meio de **pesticidas** ou da rede de **esgoto doméstica**, na forma de água misturada com **produtos comuns, como xampu ou pasta de dentes**.

Uma análise recente do Laboratório Suíço de Tecnologia e Ciência dos Materiais (EMPA) mostra, por exemplo, que até mesmo **roupas tratadas com prata liberam partículas do composto na água usada para a lavagem das peças**.

Um trabalho publicado por pesquisadores norte-americanos há um ano também sugere que esses materiais acabam **liberados pelo esgoto** a partir de **alimentos**.

Table 5.2. Occurrence of nanoparticles originating from everyday consumer products

Source	Type of nanoparticle	Quantity used in terms of tonnes	Applications
Metals and alkaline earth metals	Ag	High	Antimicrobials, paints, coatings, medical use, food packaging
	Fe	High	Water treatment
	Pt	High	Catalysts
	Sn	Unknown	Paints
	Al	High	Metallic coating/plating
	Cu	Unknown	Microelectronics
	Zr	High	
	Se	Low	Nutraceuticals, health supplements
	Ca	Low	Nutraceuticals, health supplements
	Mg	Low	Nutraceuticals, health supplements
Metal oxides	TiO ₂	High	Cosmetics, paints, coatings
	ZnO	Low	Cosmetics, paints, coatings
	CeO ₂	High	Fuel catalyst, Paints
	SiO ₂	High	Paints, coatings
	Al ₂ O ₃	Low	Usually substrate bound, paintings
Carbon materials	Carbon black	High	Substrate bound, but released with tyre wear
	Carbon nanotubes	Medium-High	Used in a variety of composite materials
	Fullerenes (C ₆₀ -C ₈₀)	Medium-High	Medical and cosmetics use
Miscellaneous	Nanoclay	High	Plastic packaging
	Ceramic	High	Coatings
	Quantum dots	Low	Different compositions
	Organic nanoparticles	Low	Vitamins, medicines, carriers for medicines and cosmetics, food additives and ingredients

Source: Brar, S.K. et al. (2010).

Meio Ambiente - Impactos

Segundo Metcalfe et col. bactérias, plantas e invertebrados são os organismos mais sensíveis aos efeitos biológicos dos nanomateriais.

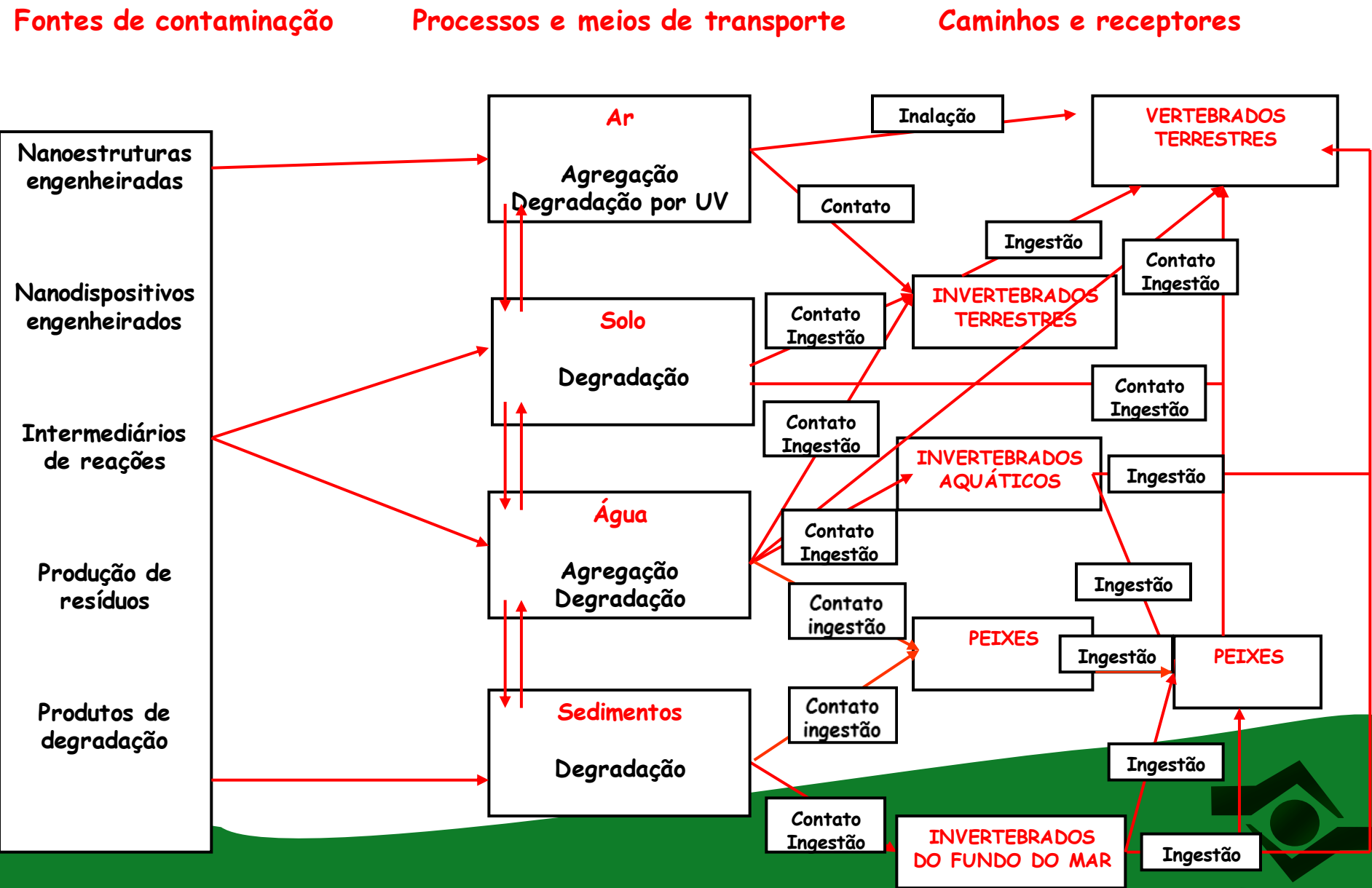
Assim, os efeitos podem ser observados em primeiro lugar nos organismos mais simples da cadeia alimentar.

Fonte: Livro NATO 2009



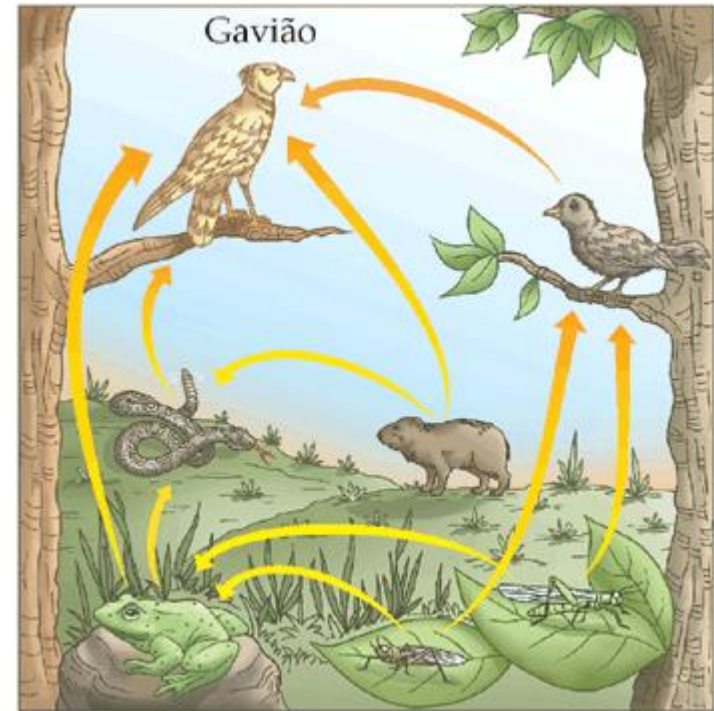
Modelo de Dispersão dos NM no Ambiente

fonte: Metcalfe et col. Livro NATO 2009



BIOMAGNIFICAÇÃO

A Biomagnificação é o aumento na concentração de um contaminante a cada nível da cadeia alimentar. Esse fenômeno ocorre porque a fonte de alimento para organismos de um nível superior na cadeia alimentar é progressivamente mais concentrada, aumentando assim a bioacumulação no topo da cadeia alimentar.



BIOMAGNIFICAÇÃO

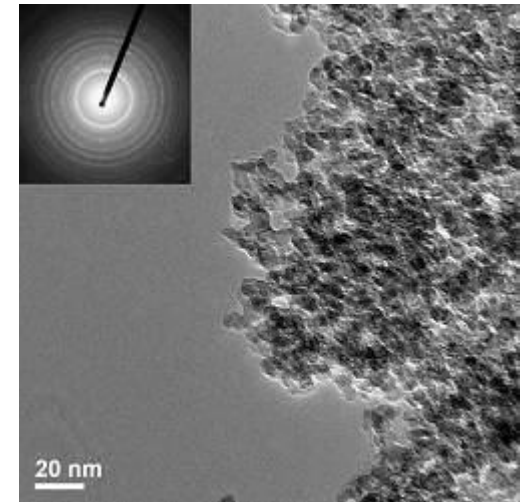
✓ Tanto os metais pesados como as dioxinas caracterizam-se por ser bioacumuláveis, querendo isto dizer que o nosso corpo acumula-os **sem os conseguir eliminar**. Desta forma, mesmo pequenas quantidades ao longo do tempo podem resultar em riscos gravíssimos para a saúde. A esta situação acresce o problema da **biomagnificação**, onde se verifica que a exposição a estes poluentes é tanto maior quanto mais se sobe na cadeia alimentar.

O SER HUMANO ESTÁ NO TOPO DESSA CADEIA.



Impactos ao Meio Ambiente

✓ O lodo dos esgotos que fica depositado nas estações de tratamento é misturado aos solos utilizados para agricultura, **são milhões de toneladas de lama fertilizando a terra agricultável.** Nele se encontram nanopartículas de prata, óxido de zinco, dióxido de titânio, entretanto os danos causados por estas substâncias ao meio ambiente ainda são inconclusivos...



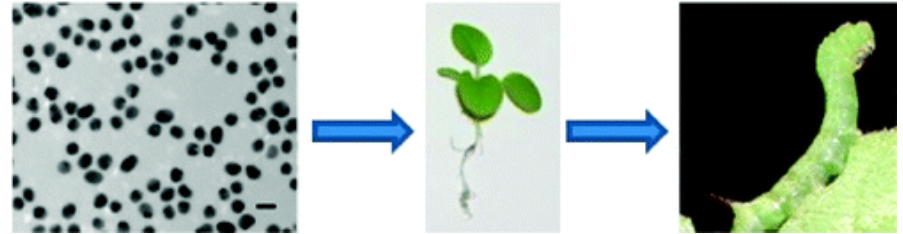
Redação do Site
Inovação Tecnológica -
03/04/2009



Impactos ao Meio Ambiente

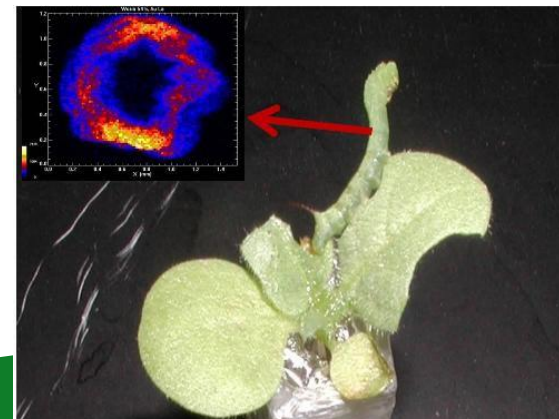
✓ Um estudo demonstra que as nanopartículas podem se acumular na cadeia alimentar, conhecido como biomagnificação.

✓ A pesquisa identificou que a concentração presente nos tecidos das folhas de tabaco era inferior à quantidade encontrada em lagartas que se alimentaram destas folhas.



<https://pubs.acs.org/cen/news/88/i51/8851news.html>

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es103031a>



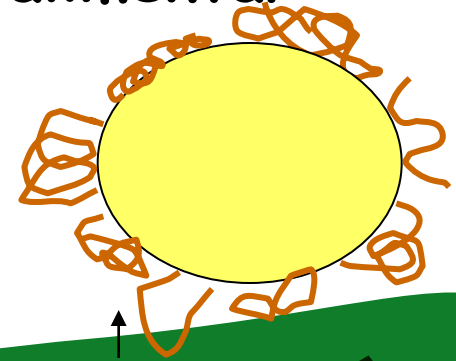
Gold x-ray microprobe analysis of hornworm tissue cross section showing a high concentration of gold in the hornworm tissue after feeding on gold nanoparticle exposed tobacco plants

http://tfis.e.uky.edu/UK_Nanoparticle_Research



Uma das Consequências: Transporte Facilitado de Toxinas

- ✓ Moléculas adsorvidas irão entrar nas células se as nanopartículas entrarem
- ✓ Substâncias que normalmente são excluídas das células então poderão entrar
- ✓ Substâncias podem ser tóxicas para aquele organismo ou podem entrar na cadeias alimentar



Toxin



Alguns Estudos Já Realizados

- ✓ Nanopartículas de alumínio podem provocar a redução do crescimento das raízes de milho, soja e cenoura (Nanotechnology: Opportunities and Risks for Humans and the Environment, 2006);



Alguns Estudos Já Realizados



Paulistinha
(*Danio rerio*)

A exposição de
embriões de
“paulistinha” à
nanotubos de carbono
ocasionou uma
diminuição da
procriação dos peixes.

Nanotechnology: Opportunities and Risks for Humans and the Environment, 2006
Palestra Pryscila D. Marca, IQ-UNICAMP, “Seminário Impactos da nanotecnologia sobre a
Saúde dos trabalhadores e sobre o meio ambiente”, 24 de outubro 2008, Campinas



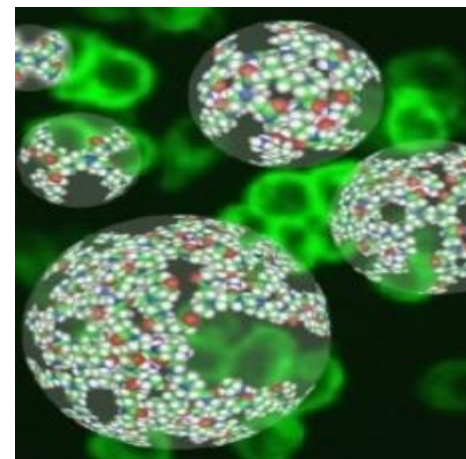
Alguns Estudos Já Realizados

- ✓ Estudo publicado em julho de 2004 descobriu que moléculas de carbono em nanoescala, ou seja, nanopartículas de carbono, podem rapidamente desencadear **danos cerebrais em peixes**.
- ✓ Em 2005, pesquisadores da Universidade de Rochester, EUA, demonstraram que coelhos ingerindo fulerenos **mostraram um aumento na suscetibilidade à coagulação do sangue**.



Alguns Estudos Já Realizados

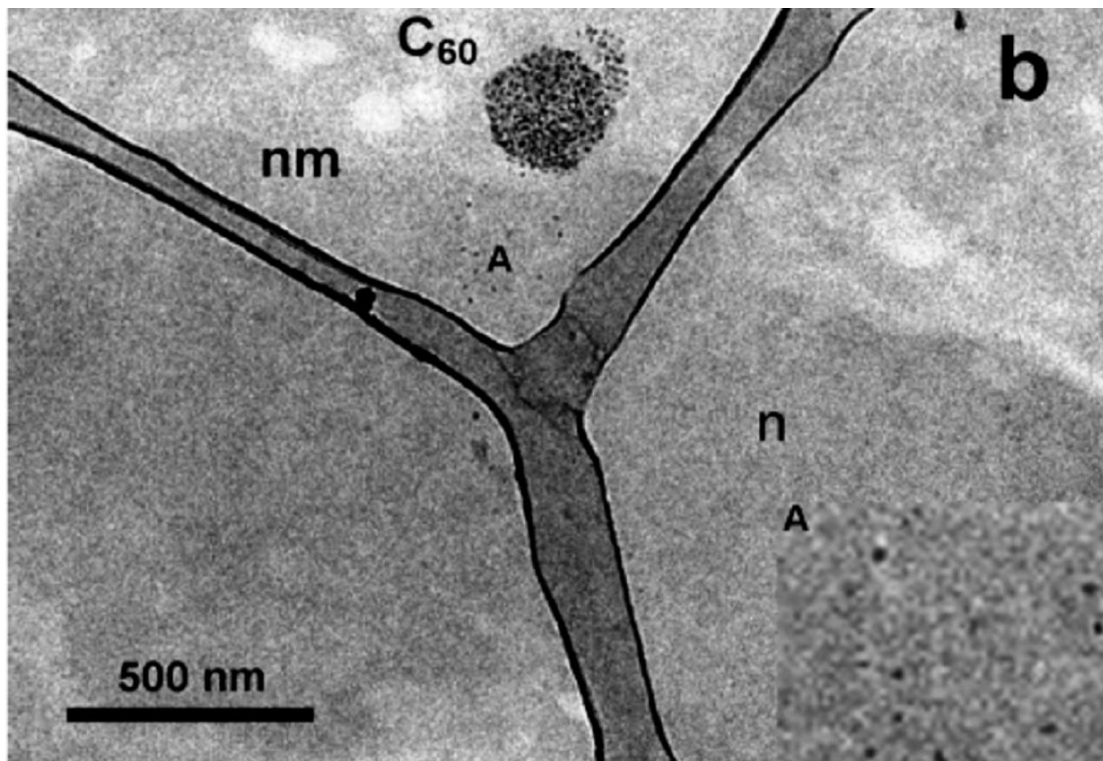
- ✓ A exposição continuada a nanopartículas de prata, mesmo que em pequenas concentrações, **compromete a capacidade da mitocôndria de exercer a sua função de "fábrica" de energia, podendo mesmo levar ao colapso do organito celular.** É uma das principais conclusões de um estudo realizado por investigadores de Coimbra para o US Air Force Office of Scientific



Research, através do European Office of Aerospace Research and Development (EOARD), o estudo de avaliação de toxicidade das nanopartículas de prata, utilizadas em diversas aplicações tecnológicas e militares, **demonstrou que estes nanocompostos podem destruir a membrana da mitocôndria e provocar diversos danos, nomeadamente ao nível hepático.**



Alguns Estudos Já Realizados



(a) C60 fundido com o plasma da membrana, (m) membrana plasmática. (b) A hexagonal aglomerado de C60 adjacente ao núcleo (n) do célula. A inserção mostra partículas finas distribuídos dentro do núcleo da (nm) membrana nuclear.

Imagem em microscopia eletrônica - nanopartícula de carbono dentro do núcleo da célula



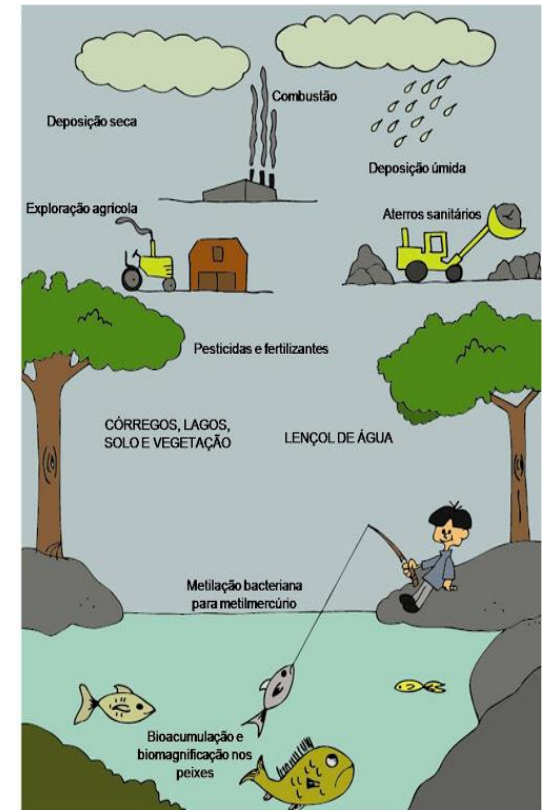
Alguns Estudos Já Realizados

✓ O estudo, conduzido pela Dra. Cyndee Gruden, focou apenas um tipo de nanopartícula - **as nanopartículas de dióxido de titânio (TiO_2)** - que está sendo utilizado em cosméticos e outros produtos de beleza pessoal, na criação de janelas autolimpantes e em produtos bactericidas...



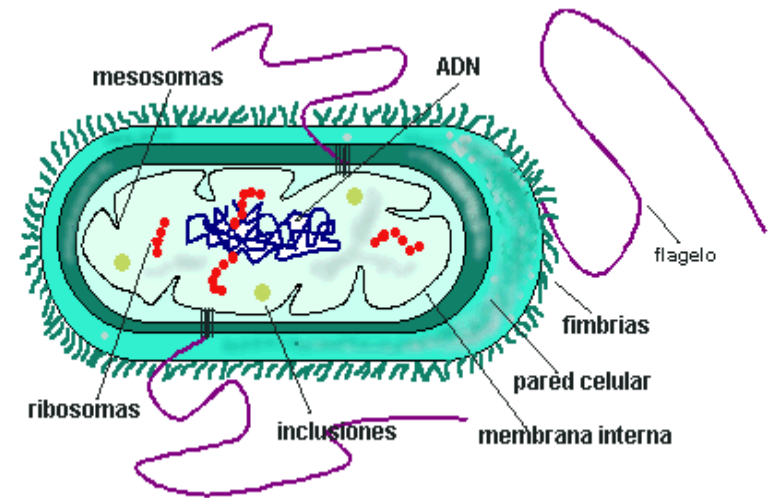
Alguns Estudos Já Realizados

✓ ...As nanopartículas de dióxido de titânio bloqueiam os raios ultravioleta da luz solar, sendo eficazes na melhoria das funções desses produtos. Mas, uma vez lavadas da pele ou do material onde estão aplicadas, elas seguem o mesmo caminho de todas as águas servidas, indo parar no meio ambiente.



Alguns Estudos Já Realizados

✓ Usando a bactéria *Escherichia coli* (E. coli) como cobaia, a Dra. Gruden descobriu grandes reduções na sobrevivência do microorganismo em amostras expostas as concentrações mínimas das nanopartículas de dióxido de titânio por períodos de menos de uma hora. A morte das bactérias deu-se por que as nanopartículas danificam a membrana externa dos microrganismos.



Alguns Estudos Já Realizados

✓ Os cientistas sabem muito pouco acerca de como a liberação de **mais de 2 milhões de toneladas de nanopartículas produzidas a cada ano afetarão os organismos no meio ambiente.** Um novo estudo relata que as minhocas (*Eisenia fetida*) podem ingerir nanopartículas de ouro e acumulá-las em seus tecidos - uma descoberta com implicações significativas para as cadeias alimentares (*Environ. Sci. Technol.*, DOI: 10.1021/es101885w).



✓ Para descobrir o que estava acontecendo, a equipe de Unrine misturou às minhocas - organismos que ficam próximos ao fundo da cadeia alimentar - com solo artificial repleto de nanopartículas de ouro. **"usamos nanopartículas de ouro porque elas são estáveis, insolúveis e facilmente detectáveis,"** disse Unrine. **"Elas são boas rastreadoras."**



Alguns Estudos Já Realizados

- ✓ Depois de 28 dias, os pesquisadores investigaram os tecidos das minhocas em busca de ingestão de nanopartículas.
- ✓ Unrine e sua equipe encontraram nanopartículas de ouro de 20 a 55nm de diâmetro distribuídas por todo o corpo das minhocas com as mais altas concentrações sido encontradas em seus intestinos.
- ✓ Embora as nanopartículas de ouro não afetem significativamente a mortalidade de minhocas, as minhocas expostas se reproduziam até 90% menos.
- ✓ As nanopartículas são tipicamente encontradas em baixas concentrações no meio ambiente, mas elas têm um enorme potencial para causar danos à saúde humana se forem biomagnificadas na cadeia alimentar.

Evidence for bioavailability of Au nanoparticles from soil and biodistribution within earthworms (*Eisenia fetida*).

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20879765>

Alguns Estudos Já Realizados

✓ Têxteis tratados com nanopartículas de prata têm sido usados para vários tipos de propósitos: têxteis médicos (roupa especial para os que sofrem de neurodermite, vestimentas para ambiente cirúrgico, bandagens); roupas esportivas e de lazer; roupas de trabalho para proteção; têxteis domésticos (por exemplo, cobertores, cortinas) e tecidos técnicos (filtros, panos de limpeza, etc.). Quando da produção, ou quando são esfregados durante o uso, durante a lavagem e quando são eliminados, o efeito antibactericida da prata pode afetar muitos processos no meio ambiente.

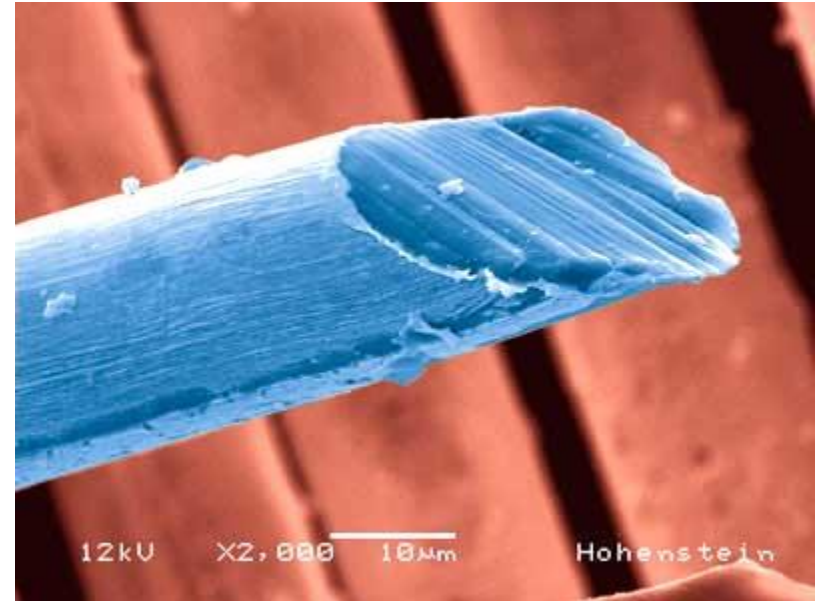


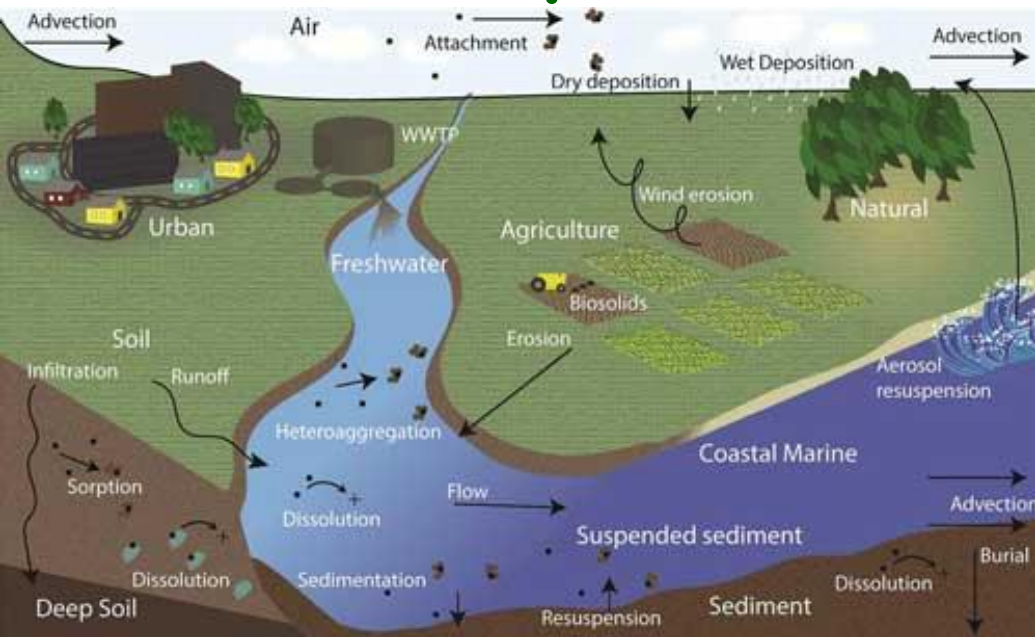
Imagem de microscopia (SEM) de uma fibra de tecido na qual foram aplicadas nanopartículas de prata para aumentar seu fator de proteção à radiação ultravioleta (UV).

Créditos: Instituto Hohenstein.

Experts estudam impacto ambiental de nanopartículas de prata em têxteis.

http://lqes.igq.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2011/lqes_news_novidades_1500.html

Dispersão no meio ambiente

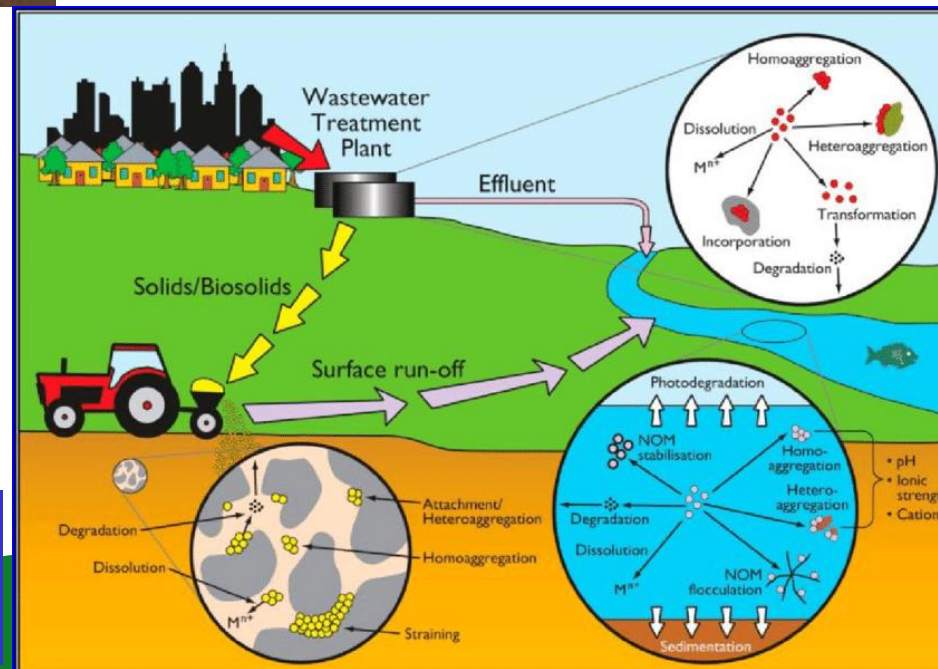


The nanoFate model assesses the risk of engineered nanomaterials in the environment

https://www.nanowerk.com/nanotechnology_articles/newsid=6647.php

Fate and Risks of Nanomaterials in Aquatic and Terrestrial Environments

https://www.researchgate.net/publication/228113803_Fate_and_Risks_of_Nanomaterials_in_Aquatic_and_Terrestrial_Environments/figures?lo=1



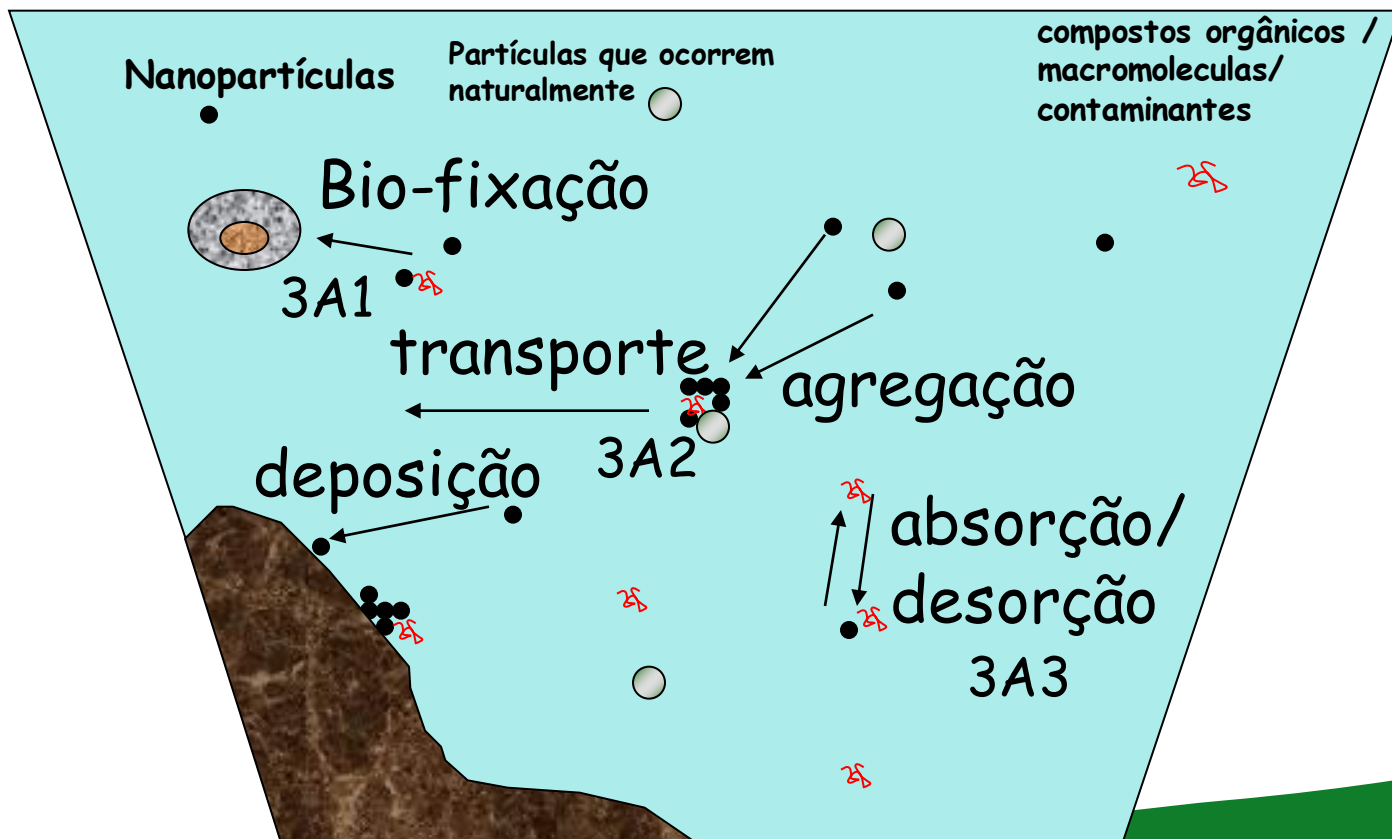
Cenários potenciais para liberação de NM e subsequente alteração no meio ambiente

Os processos de transporte e de destino que podem atuar sobre os nanomateriais em produtos, e após a sua libertação, incluem reações de transformação tais como:

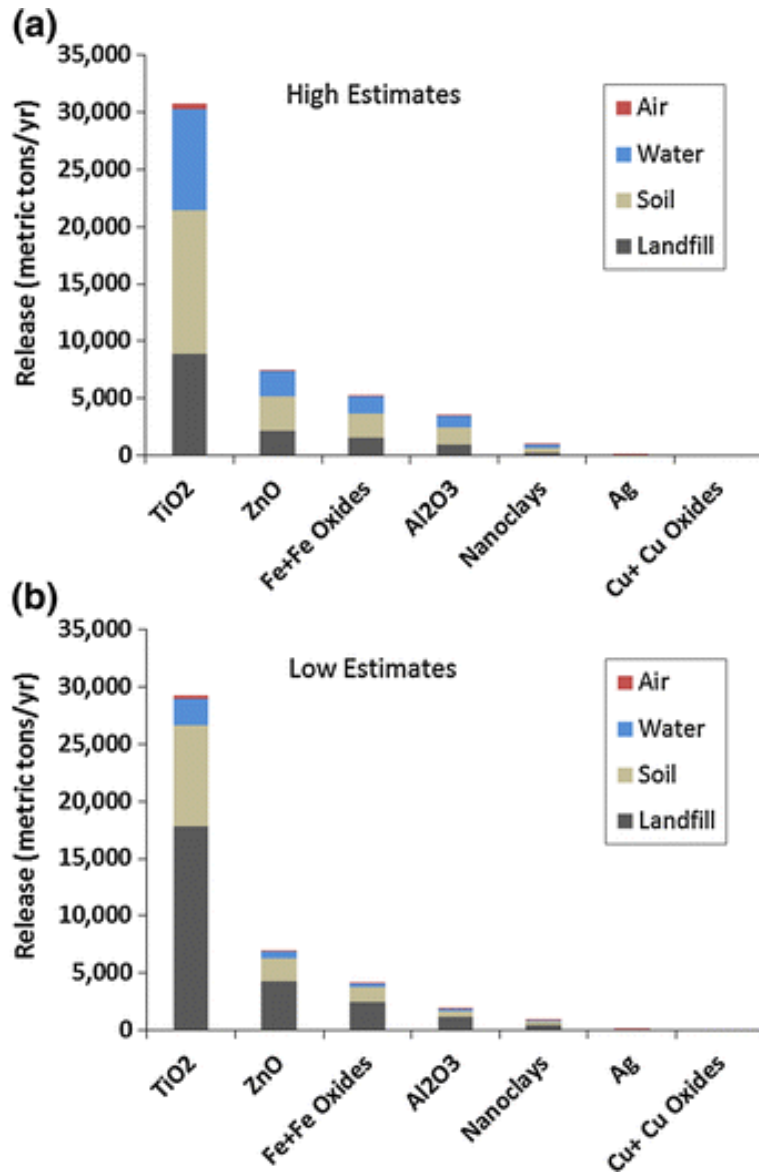
- fotoquímica,
- oxidação e redução,
- dissolução,
- precipitação,
- adsorção e dessorção,
- combustão,
- biotransformação e
- abrasão, entre outros processos movidos biogeoquimicamente.



Nanopartículas no Meio Ambiente Aquoso



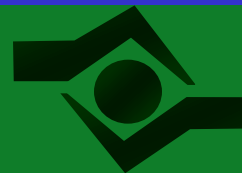
Estimativa de descarte no ambiente

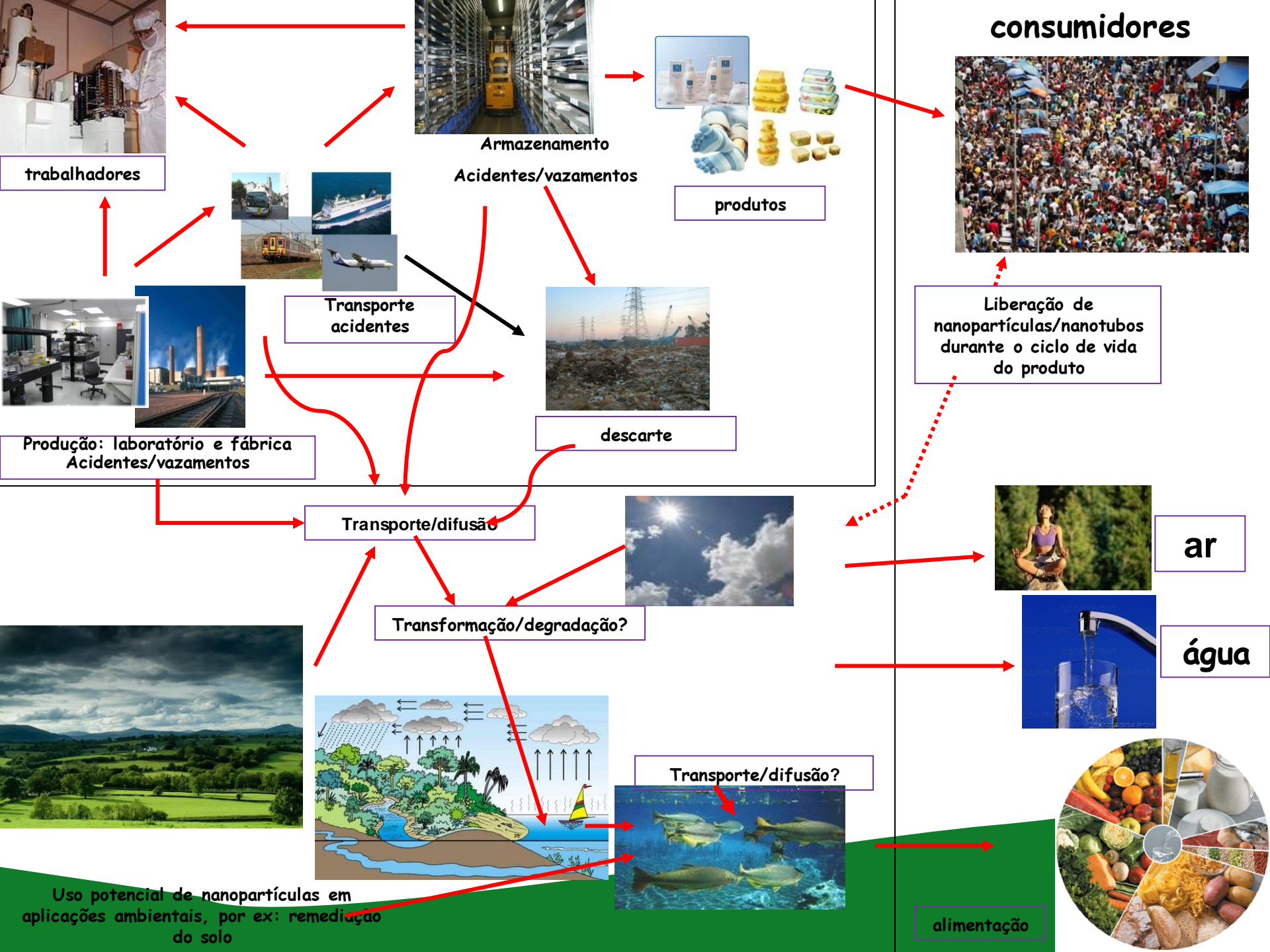


Estimativas de liberação de nanopartículas usadas só em cosméticos

Global life cycle releases of engineered nanomaterials - 2013

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-013-1692-4>





Resíduo final

Há dúvidas ainda de como seria a melhor forma de tratamento do resíduo final

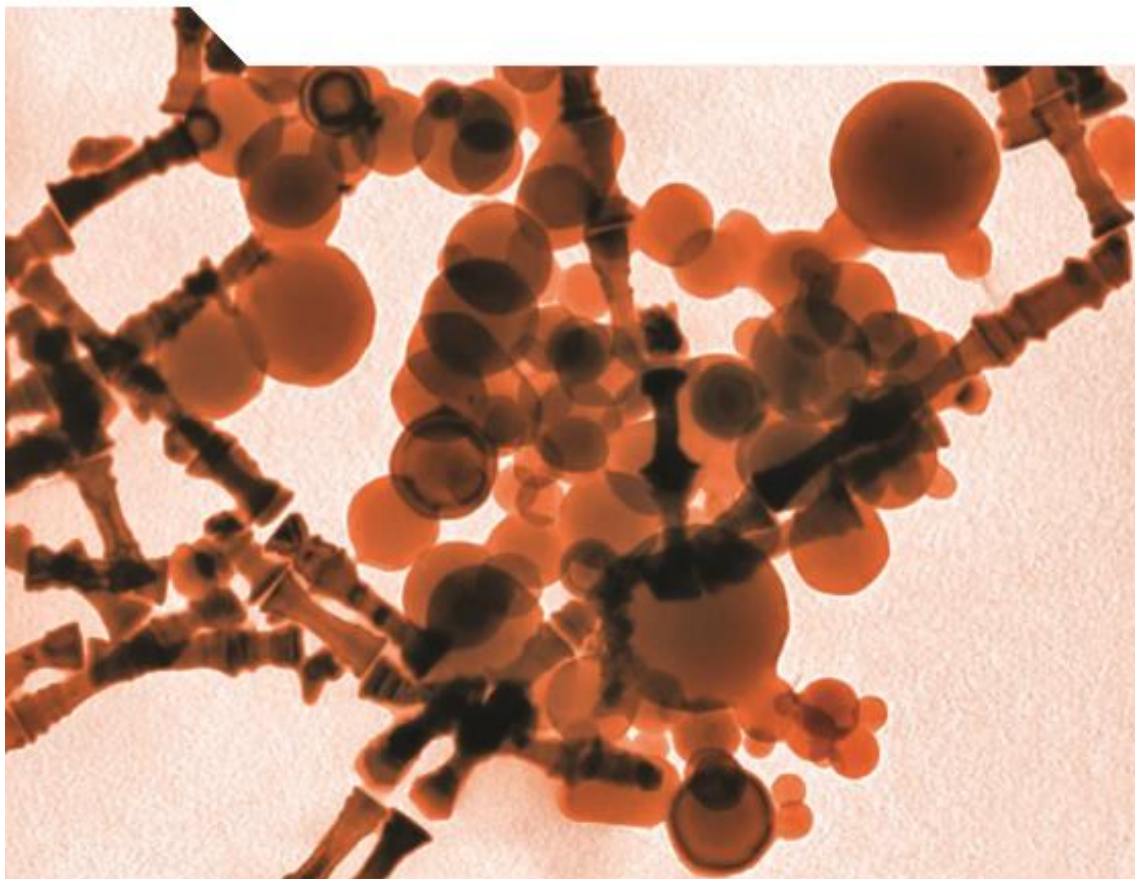
O documento recente da OECD de 2016 traz informações sobre propostas e problemas no tratamento de resíduos contendo nanomateriais





Nanomaterials in Waste Streams

CURRENT KNOWLEDGE ON RISKS
AND IMPACTS

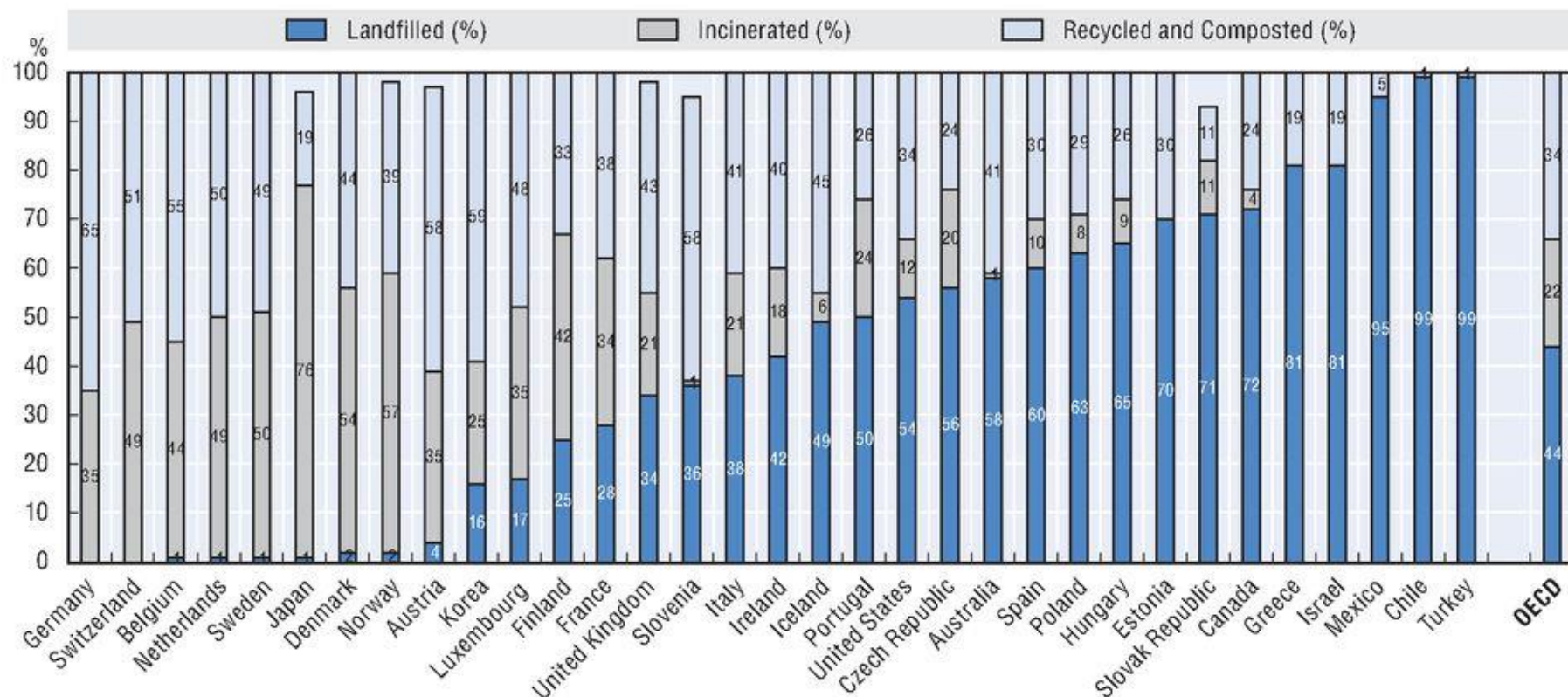




A presença de nanomateriais em forma seca ou em pó e na compostagem do lodo de águas residuais que é muitas vezes disseminada em terras agrícolas como fertilizante, representa uma preocupação particular. Na França, a metade nacional do lodo de águas residuais é utilizada para a fertilização agrícola. A transformação potencial de nanomateriais artificiais no solo, suas interações com plantas e bactérias e sua transferência para as águas superficiais nunca foi estudada em profundidade. (OECD. *Observer*, abril de 2016).

Rotas de descarte de resíduos sólidos urbanos

Figure 3.A1.1. Disposal routes of municipal solid waste in the OECD in 2013



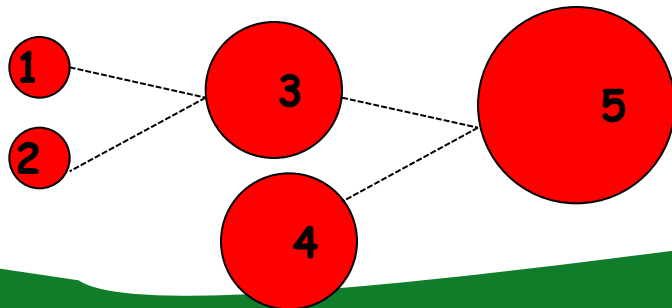
Notes: The data is as of 2013 or the most recent data available for each country since 2009. No data was available for New Zealand. The sum of the categories presented here might not add up to 100% because other recovery and other disposal treatments are not presented.
 Source: OECD (2016), "Municipal waste", OECD Environment Statistics (database), <http://dx.doi.org/10.1787/data-00601-en> (Accessed on 19 January 2016).

Riscos da nanotecnologia

Instituto Hohenstein (Tradução - MIA)

A Organização Não Governamental canadense *Erosion, Technology and Concentration*, conhecida como Grupo ETC, analisa os **diversos impactos da nanotecnologia sobre a sociedade, a economia e o meio ambiente**. A partir de uma perspectiva ampla, segundo os pesquisadores do ETC (2009), podemos agrupar quatro grandes problemas para a coletividade decorrentes do uso da nanotecnologia:

1.O controle tecnológico na nano escala como elemento fundamental para o controle corporativo: A nanotecnologia protegida pelos Direito de Propriedade Intelectual pode significar o avanço na privatização da ciência e uma terrível concentração de poder corporativo, pelas grandes empresas transnacionais.



Riscos da nanotecnologia

Instituto Hohenstein (Tradução - MIA)

2. Controle social a partir convergência entre informática, biotecnologia, nanotecnologia e ciências cognitivas (BANG): conforme os estudos dessa organização não governamental "trata-se de uma cruzada tecnológica para controlar toda a matéria, vida e conhecimento."

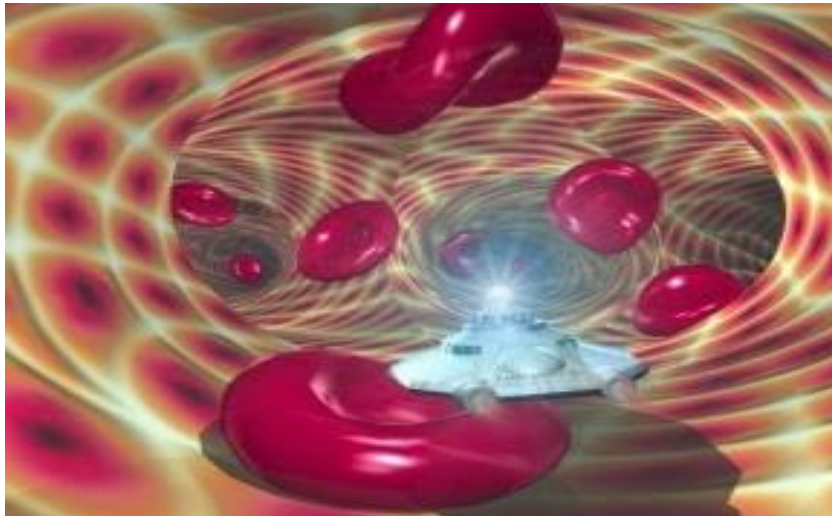
Os neurônios podem ser reengenheirados de tal forma que nossas mentes "falem" diretamente a computadores ou membros artificiais; vírus podem ser engenheirados para atuarem como máquinas ou, potencialmente, como armas; redes de computadores podem ser fundidas com redes biológicas para desenvolver inteligência artificial ou sistemas de vigilância (TRANSHUMANISMO OU SINGULARIDADE)

(ETC, 2005, p. 24)

Riscos da nanotecnologia

Instituto Hohenstein (Tradução - MIA)

3. Riscos Ambientais e Riscos para a Saúde Humana: a nanobiotecnologia pode criar **fusão entre a matéria viva e a não viva**, resultando em organismos híbridos e produtos que não são fáceis de controlar e se comportam de maneiras não previsíveis. Devido ao tamanho reduzido fica difícil determinar o grau de dispersão das nanoestruturas no meio ambiente.



Nanorobôs



NANOBIOTECNOLOGIA

NANOBIOTECNOLOGIA É A APLICAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA NAS CIÊNCIAS DA VIDA.

A nanobiotecnologia tem levado à produção de **novos materiais** e, como é bastante recente, os riscos para a saúde humana e ambiente ainda não estão suficientemente avaliados. Pertencendo a uma escala nanométrica, as partículas podem atravessar poros e se acumular em determinadas células. Não se tem ideia dos efeitos de uma longa permanência de partículas magnéticas dentro do organismo.



RISCOS DA NANOTECNOLOGIA

Instituto Hohenstein (Tradução - MIA)

4. A incerteza científica acerca das nanopartículas e o vácuo na regulamentação: Dados toxicológicos sobre nanopartículas manufaturadas são ainda escassos, mesmo existindo produtos comerciais no mercado (insumos agrícolas, cosméticos, filtros solares). Os critérios utilizados para saber a toxicidade das substâncias na escala macro não trazem certezas quando confrontados com a nanotecnologia. Não existem metodologias confiáveis para estabelecer diferença entre as propriedades encontradas na "Macroescala" e na "Nanoescala".



RISCOS DA NANOTECNOLOGIA

Instituto Hohenstein (Tradução - MIA)

É importante evidenciar que no Brasil inexistem leis e dispositivos capazes de prevenir ou até mesmo abordar as peculiaridades dessa nova revolução tecnológica. As normas jurídicas que podem ser utilizadas para, por exemplo, autorizar a comercialização de um determinado produto nanotecnológico para a agricultura não diferem das normas e critérios técnicos para os demais produtos, pois não existe uma diferenciação pelo Direito entre o tratamento legal da nanotecnologia e de outras tecnologias.



OBRIGADA!

<http://www.fundacentro.gov.br/nanotecnologia/inicio>

arline@fundacentro.gov.br

