

GUIA DE NANOTECNOLOGIAS PARA TRABALHADORES



IIEP

EXPEDIENTE TEXTO TIRADO DOS AGRADECIMENTOS

Sebastião Neto, Vanessa Miyashiro, Josué Medeiros, Flávia Santana, Renata Porto Bugni, Pep Valenzuela, Carolina Alvim de Oliveira Freitas e Camila Furchi e Bety Almeida,

SUMÁRIO

5	APRESENTAÇÃO
7	O QUE ESTÁ EM JOGO COM AS NANOTECNOLOGIAS?
8	AGRADECIMENTOS
9	CAPÍTULO 1
20	CAPÍTULO 2
27	CAPÍTULO 3
35	CAPÍTULO 4
55	CAPÍTULO 5
62	CAPÍTULO 6
70	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS
73	GLOSSÁRIO
77	GLOSSÁRIO POLÍTICO
79	ANEXOS

APRESENTAÇÃO

O IIEP – Informações, Estudos e Pesquisas elaborou um Guia Eletrônico de referência em nanotecnologias (<http://nano.iiep.org.br/nano/guia>), com o objetivo de facilitar o acesso do público interessado às principais fontes de informação relacionadas ao tema, compreendendo artigos científicos, relatórios institucionais, livros, vídeos etc.

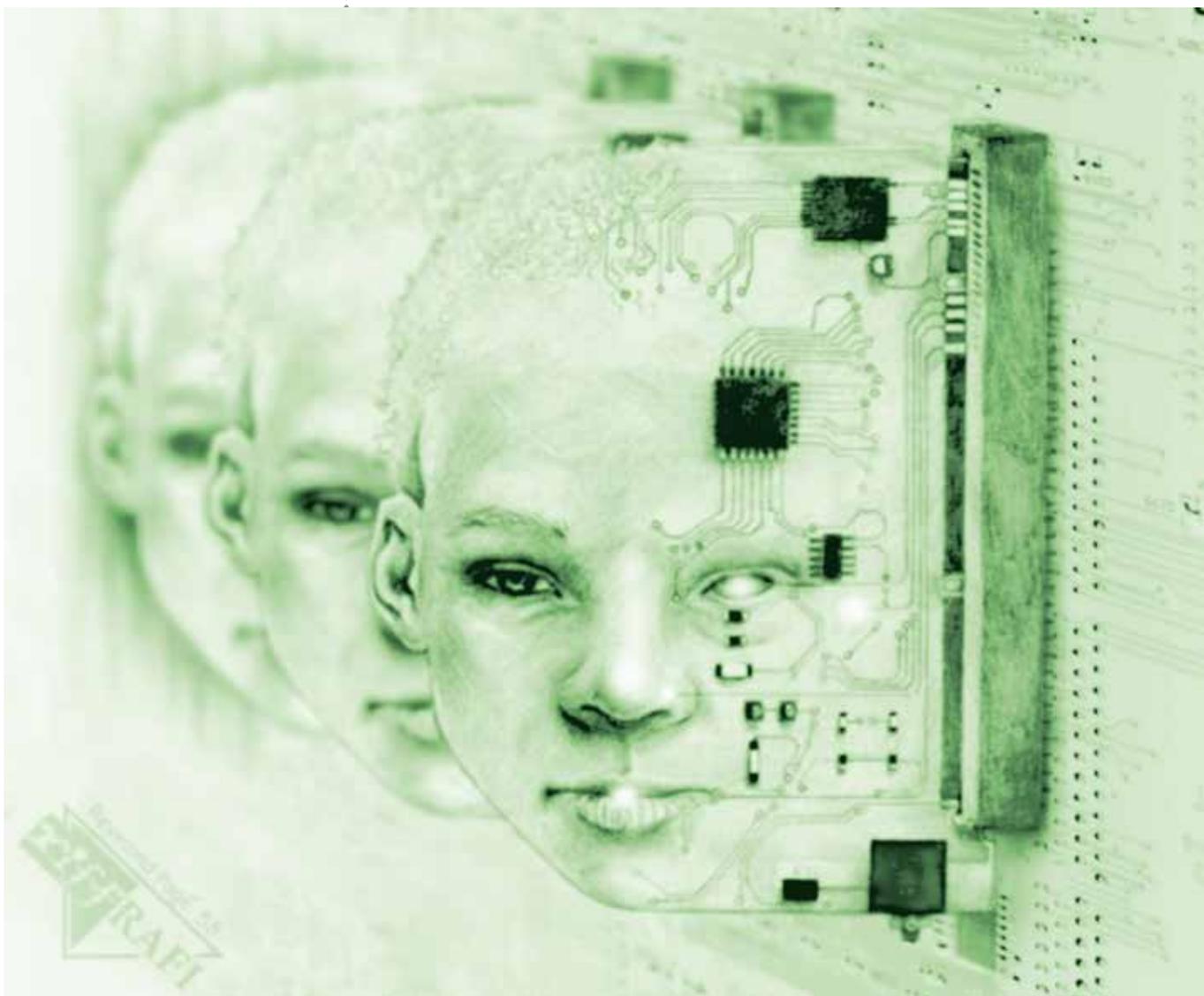
O objetivo central do projeto de elaboração do Guia foi trazer à tona e com destaque a visão da classe trabalhadora e sua preocupação presente com os possíveis impactos econômicos, sociais e ambientais, éticos, regulatórios, positivos e negativos, em decorrência da introdução das nanotecnologias nos mais diversos processos de produção. Os produtos com componentes nanotecnológicos ou integralmente nanotecnológicos, para serem pesquisados e finalmente produzidos, passam obrigatoriamente pelo trabalho direto de pessoas, trabalhadores urbanos ou rurais, pesquisadores em seus laboratórios, auxiliares de laboratório ou pesquisa, e até mesmo os faxineiros desses laboratórios. Em uma fase seguinte - a fabricação de produtos finais que deverão ser comercializados nos mercados -, os operários das fábricas estarão forçosamente em contato com insumos nanotecnológicos, durante os mais diversos processos de produção.

Um minucioso e profundo trabalho de pesquisa e seleção de materiais de informação sobre as nanotecnologias foi desenvolvido de março de 2010 ao final de 2014, com a colaboração de inúmeros técnicos, pesquisadores de diversas instituições e funcionários do IIEP. O conjunto das atividades da pesquisa somente se concretizou com o financiamento do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) e coordenação do IIEP, resultando em reuniões com especialistas, oficinas de formação de agentes multiplicadores, elaboração de material didático de um guia eletrônico e deste Guia impresso.

A elaboração do Guia de referência em nanotecnologias pode ser considerada um significativo passo para as classes trabalhadoras organizadas, estudantes,

ESTE GUIA TRAZ A VISÃO DA CLASSE TRABALHADORA SOBRE OS POSSÍVEIS IMPACTOS DAS NANOTECNOLOGIAS NOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO.

pesquisadores, acadêmicos, empresários, consumidores e público em geral dispõem de uma fonte consolidada de informações sobre as nanotecnologias e os possíveis impactos econômicos, sociais e ambientais, éticos, regulatórios, positivos e negativos.



O QUE ESTÁ EM JOGO COM AS NANOTECNOLOGIAS?

Em uma sociedade marcada por conflitos e interesses econômicos e sociais divergentes, como ocorre no capitalismo, os impactos coletivos de qualquer inovação tecnológica estão em disputa. O que significa dizer que nem a ciência e nem a tecnologia são neutras, e que as possíveis aplicações serão apropriadas por grupos e classes sociais distintos, a depender do processo político e social. O principal objetivo deste Guia é preparar o leitor com informações básicas para entender o que são nanotecnologias e, a partir daí, intervir na disputa. Obviamente, a leitura do texto é apenas um passo inicial para a ação, mas auxilia fornecendo bases mínimas para o conhecimento das novas tecnologias. O Guia se destina ao público em geral, por ter finalidade didática, com ênfase na visão da classe trabalhadora.

O Guia coloca à disposição materiais para discussão em sala de aula, no sindicato e na rua, e dentro de casa, pois o objetivo do IIEP é ressaltar a importância do assunto e facilitar o debate pela sociedade, evitando os riscos trazidos pelo seu desconhecimento. As nanotecnologias tocam até os menores detalhes da nossa vida, mas são invisíveis e ainda pouco estudadas. Elas já compõem inúmeros produtos de consumo comum.

O Guia eletrônico (<http://nano.iiep.org.br/nano/guia>) contém resumos de apresentações de congressos e seminários, artigos de jornais e revistas, entrevistas, eventos, livros de ficção, monografias, dissertações, teses, notícias, vídeos e websites. Caso o leitor tenha interesse em aprofundar o conhecimento das nanotecnologias e dos principais debates a respeito, sugerimos a consulta a este Guia.

EM UMA SOCIEDADE
MARCADA POR
CONFLITOS E
INTERESSES
ECONÔMICOS
E SOCIAIS
DIVERGENTES,
AS INOVAÇÕES
TECNOLÓGICAS
ESTÃO SEMPRE
EM DISPUTA.

AGRADECIMENTOS

O IIEP agradece, em primeiro lugar, aos pesquisadores que contribuíram imensamente com seu conhecimento e atenção para a elaboração do Guia. Primeiramente, a Arline Sydnéia Abel Arcuri, da Fundacentro, Paulo R. Martins e Richard Domingues Dulley, coordenador e pesquisador da Rede Renanosoma, respectivamente.

Agradecemos também William Waissmann, da Fiocruz, Guillermo Foladori, professor da Universidade Autônoma do México, Noela Invernizzi, professora da Universidade Federal do Paraná, Wilson Engelmann, do grupo Jusnano – Unisinos, Thomaz Ferreira Jensen, do Dieese, Maria Fernanda Marques Fernandes, da Fiocruz/RJ, Tania Elias Magno da Silva/Universidade Federal de Sergipe, Reginaldo Pereira/UniChapecó e Leila Zidan, da Rede Renanosoma.

Ainda somos gratos às entidades que permitiram a realização de oficinas com trabalhadores, extensionistas e lideranças do campo: Contag, Dieese, Renanosoma, MST, Conselho Nacional dos Seringueiros, Sempreviva Organização Feminista, Centro Ecológico, Diesat, CSA/TUCA, Federação de Agricultura Familiar de São Paulo, FERAESP, Projeto Dom Helder Câmara e FETACRE.

A eles devemos a elaboração deste trabalho, assim como à equipe do IIEP, entre outros colaboradores.

Agradecemos por fim ao Ministério do Desenvolvimento Agrário pelo financiamento.

CAPÍTULO 1

O QUE SÃO NANOTECNOLOGIAS?

PARA QUE SE TENHA
UMA IDEIA DE
COMO É PEQUENO
UM NANÔMETRO:
UM METRO TEM
UM BILHÃO DE
NANÔMETROS (nm).

UMA DEFINIÇÃO

Nano é palavra de origem grega que significa “anão”. Está presente na palavra nanico (pessoa pequena) e na palavra nanométrica. As palavras nanométrica e nanoescala se originam de outra palavra, o *nanômetro*. A escala de medida nanométrica tem como unidade o nanômetro, e é utilizada para medir coisas muito pequenas, tão pequenas que não podem ser vistas sem o auxílio de um microscópio muito potente. Para se ter ideia de quão pequeno é um nanômetro, um metro tem 1 bilhão de nanômetros (nm).

A tabela 1 apresenta o sistema métrico, isto é, o sistema de medidas usado no Brasil. Em vermelho estão destacadas as divisões do metro até chegar ao nanômetro - um bilionésimo do metro, isto é, 10^{-9} do metro.

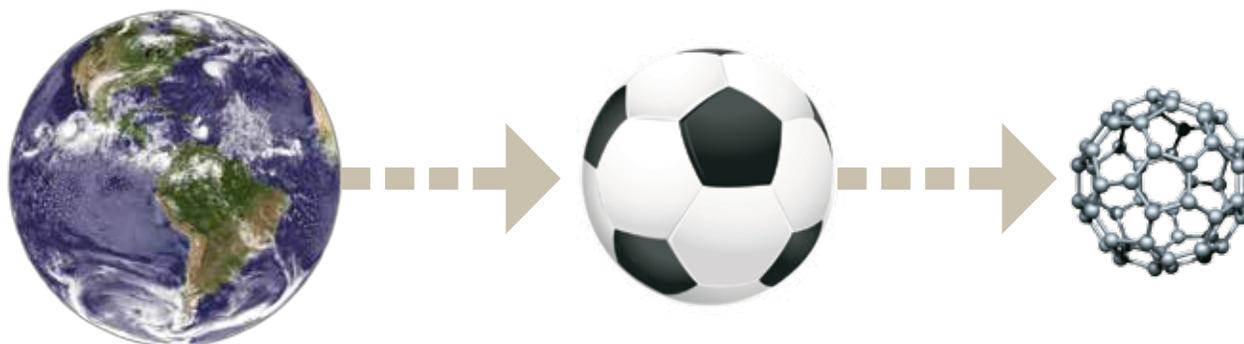
Tabela 1: Múltiplos e submúltiplos do metro

Menor que 1 metro			Maior que 1 metro		
Submúltiplo	Nome	Símbolo	Múltiplo	Nome	Símbolo
10^0	metro	m	10^0	metro	m
10^{-1}	Decímetro	dm	10^1	Decâmetro	Dam
10^{-2}	Centímetro	cm	10^2	Hectômetro	Hm
10^{-3}	Milímetro	mm	10^3	Quilômetro	Km
10^{-6}	Micrômetro	μm	10^6	Megametro	Mm
10^{-9}	Nanômetro	nm	10^9	Gigametro	Gm
10^{-10}	Ångstrom	Å	10^{12}	Terametro	Tm
10^{-12}	Picômetro	pm	10^{15}	Petametro	Pm
10^{-15}	Femtômetro	fm	10^{18}	Exametro	Em
10^{-18}	Attometro	am	10^{21}	Zettametro	Zm
10^{-21}	Zeptômetro	zm	10^{24}	lotametro	Ym

Para exemplificar essa escala de medidas:

- A grossura do fio de cabelo humano pode variar de 50 mil a 100 mil nanômetros.
- O tamanho de um vírus pode variar de 10 a 100 nm.
- Um átomo (em média) mede 0,15 nm.

Figura 1:



Fonte: PUC-Rio.

A terra é aproximadamente 100 milhões de vezes maior do que uma bola de futebol, que é aproximadamente 100 milhões de vezes maior do que um fulereno (um tipo de nanopartícula formada por 60 átomos de carbono) (Figura 1). Outra comparação é a distância entre Porto Alegre e Belém do Pará, de quase 3 mil quilômetros, ou 3 milhões de metros ou ainda 3 bilhões de milímetros (Figura 2).

Figura 2:



NANOTECNOLOGIAS ESTÃO RELACIONADAS COM O TAMANHO DAS COISAS, DIFERENTE DAS BIOTECNOLOGIAS QUE SE REFEREM À MANIPULAÇÃO DA VIDA.

Figura 3: A ponta de uma caneta mede 3 milímetros



A ponta de uma caneta comparada a toda a distância entre Porto Alegre e Belém do Pará é a mesma comparação que se pode fazer de um nanômetro com relação ao metro. Um nanômetro é 1 bilhão de vezes menor do que o metro. A ponta da caneta é 1 bilhão de vezes menor do que a distância entre Porto Alegre e Belém do Pará. Essa distância equivale a 3.000.000.000.000.000 (três quatrilhões) de nanômetros.

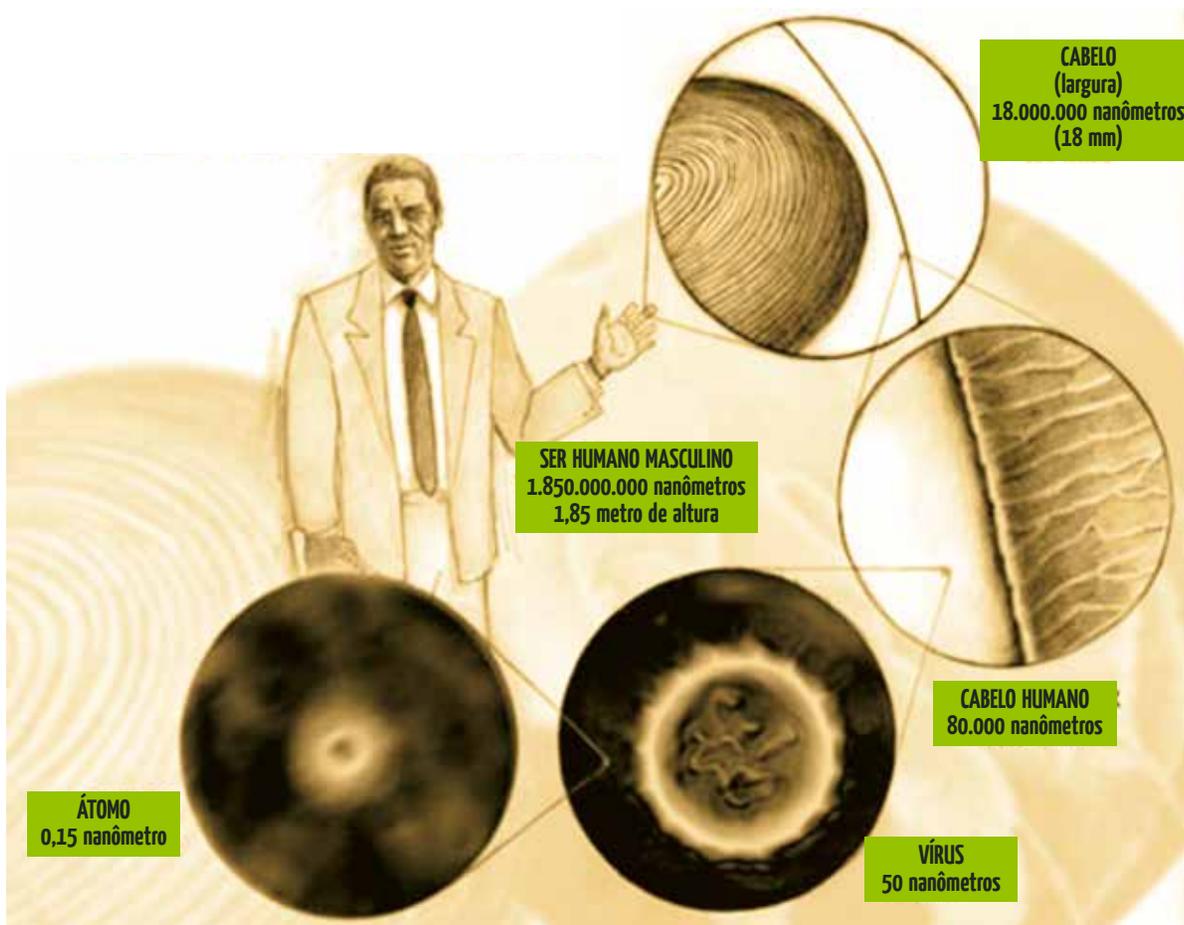
Nanotecnologias estão relacionadas, portanto, ao tamanho das coisas e têm ampla aplicação em diversas áreas. É diferente das biotecnologias, que se referem à manipulação da vida, embora a manipulação também ocorra em escala nano.

As nanotecnologias envolvem um conjunto de técnicas de várias áreas de pesquisa, cujo objetivo é a manipulação da matéria em tamanho extremamente pequeno. Considera-se manipulação nanotecnológica aquela que opera objetos que variam de cerca de 1 a 100 nanômetros.

O senso comum existente sobre o trabalho científico diferencia a ciência básica da aplicada, ressaltando o caráter neutro da produção do conhecimento científico (ciência básica). Contudo, existe o conceito de tecnociência, que atrela todo o conhecimento científico à produção de mercadorias. Se, por um lado, essa visão responsabiliza os cientistas por suas descobertas, por outro os aproxima intensamente dos interesses de grandes grupos econômicos. O conceito, portanto, vincula à pesquisa uma finalidade exclusiva, que é a produção de mercadorias mais atrativas para serem comercializadas, e não o aumento do conhecimento.

Definição mais ampla de nanotecnologias, dentro do conceito de tecnologia, refere-se ao desenvolvimento da pesquisa e tecnologia em nível atômico, molecular e macromolecular, em escala de aproximadamente 1 a 100 nanômetros, para o conhecimento dos fenômenos básicos e a produção de materiais em nanoescala, possibilitando a criação e o uso de estruturas, dispositivos e sistemas com novas propriedades e funções decorrentes do tamanho (NSET, 2000).

Figura 3: O grande mergulho do macro ao nano



BREVE HISTÓRIA DO SURGIMENTO DAS NANOTECNOLOGIAS

Estudos e pesquisas de materiais com tamanho de nanômetros são bastante antigos. Há várias indicações sobre como começaram os estudos dos materiais na escala nanométrica, como indica o quadro do histórico. Mas apenas em 1986, após o descobrimento do microscópio de tunelamento, foi possível o grande desenvolvimento das nanotecnologias.

As pesquisas em nível mundial em nanotecnologias tiveram início nos anos 80 e 90. Antes desse período, o termo utilizado para nanopartículas era “partículas ultrafinas”. Segundo diversos estudiosos, o surgimento das nanotecnologias e nanociências relaciona-se à palestra do físico norte-americano Richard Feynman, em 28/12/1959. Ele afirmou que seria possível a manipulação da matéria átomo por átomo, sendo a principal barreira então existente a impossibilidade de vê-los. Para outros pesquisadores, o surgimento das nanotecnologias associa-se à conferência de John von Neumann, em 1948, durante colóquio organizado pela Fundação Hixon no California Institute of Technology (CalTech) (BRAGA, MARTINS, 2007).

Em 1982, a IBM anunciou a patente do Microscópio de Varredura por Efeito Túnel (Scanning Tunneling Microscope – STM), que permitiu a visualização de imagens em tamanho nano. A partir do microscópio, outro foi desenvolvido, levando o nome de Microscópio de Força Atômica (Atomic Force Microscopy - AFM), os dois genericamente denominados Microscópios de Microsondas Eletrônicas de Varredura (Scanning Probe Microscopes - SPM), que tem uma espécie de ponta que permite visualizar e manipular átomos individuais.

O desenvolvimento dos microscópios permitiu às pesquisas em nanotecnologias ganhar impulso.

A partir de 2001, Mihail Roco, influente cientista da área de nanotecnologias, foi chamado pela National Science Foundation (NSF) para, com William Bainbridge, organizar uma reunião que denominaram “Converging

Technologies for Improving Human Performance”. A história da reunião está contada com mais detalhes na publicação “Convergência tecnológica em um mundo desigual: meio ambiente, saúde, trabalho e sociedade” (RAMOS, 2009). A referência é feita aqui porque, segundo estudiosos, como afirmou J. A. Quillfeldt, “em síntese, o que foi defendido por vários cientis-

O DESENVOLVIMENTO
DOS MICROSCÓPIOS
PERMITIU ÀS
PESQUISAS EM
NANOTECNOLOGIAS
GANHAR IMPULSO.

Tabela 2: Alguns acontecimentos relativos ao desenvolvimento das nanotecnologias, em ordem cronológica

Ano	Acontecimento	Referência
1867	Em 1867, James Clerck Maxwell já havia proposto, como uma experiência, a criação de uma entidade muito pequena conhecida como “Maxwell’s Demon” (O Demônio de Maxwell), capaz de manipular moléculas individuais.	Gupta (2010)
1948	O surgimento das nanotecnologias para alguns autores está associada à conferência dada por John von Neumann, em 1948, durante colóquio organizado pela fundação Hixon no California Institute of Technology (CalTech)	Jardim (2009)
1959	O físico norte-americano Richard Feynman, em 28/12/1959 fez uma palestra chamada: “There’s Plenty of Room at the Bottom” (Há muito espaço lá embaixo) onde afirmou que seria possível a manipulação da matéria átomo por átomo, sendo a principal barreira então existente, a impossibilidade de vê-los.	Santos (2009)
1974	O termo “Nanotecnologia” foi criado em 1974 por Norio Taniguchi, um pesquisador da universidade de Tóquio e foi usada para descrever a habilidade de se criar materiais precisos na escala nanométrica.”	PUC - RIO
1981	Foi criado o chamado microscópio de tunelamento de elétrons por Gerd Binnig e Heinrich Rohrer que é um instrumento que permite obter imagens de átomos e moléculas. Neste ano Kim Eric Drexler escreveu seu primeiro artigo científico sobre a possibilidade de reproduzir mecanicamente a atividade biológica celular ou engenharia molecular na revista “ <i>Proceedings of the National Academy of Sciences</i> ”.	Wikipédia (2014) Wikipédia (2013)
1985	Richard E. Smalley, Robert F. Curl Jr. e Harry W. Kroto descobriram os fulerenos, que são arranjos estruturais de átomos de carbono, com formato aproximadamente esférico, formados por diferentes números de átomos (60 ou mais).	Andrade (texto traduzido)
1986	Kim Eric Drexler, considerado por alguns autores como o pai da nanotecnologia, escreveu o livro “Engines of Creation” (“Máquinas da Criação”). Binnig, Quate e Gerber desenvolveram o chamado Microscópio de força atômica como resultado de uma colaboração entre a IBM e a Universidade de Stanford.	Wikipédia (2013) Tusset (2010)
1989	“A IBM conseguiu escrever com átomos de xenônio sua marca em uma placa de níquel, um primeiro passo previsto por Feynman, na década de 1950.”	Moura
1991	Descoberta dos nanotubos de carbono pelo físico japonês Eiji Iijima. Os nanotubos são estruturas nas quais a rede plana de átomos de carbono se encurva e fecha formando cilindros.	Cabral & Lago (2008)
1997	Criada a empresa Zyvex, considerada a primeira empresa em nanotecnologia	Zyvex Technologies (2014)
2001	Reunião nos Estados Unidos conhecida como “Converging Technologies for Improving Human Performance”, que foi uma das grandes impulsionadoras do desenvolvimento das nanotecnologias, com repercussão mundial	Ramos (2009)

O Grupo de Ação sobre Erosão, Tecnologia e Concentração (*ETC Group* em inglês) utiliza o termo “BANG” para descrever convergência no âmbito das nanotecnologias. Bits, Átomos, Neurônios e Genes se somam na Teoria do *Little BANG* – uma cruzada tecnológica para controlar toda a matéria, vida e conhecimento.

Tabela 3: BANG

Tecnologia da informação controla	Bits
Nanotecnologia controla e manipula	Átomos
Neurociências cognitivas conseguem interferir na mente pela manipulação de	Neurônios
Biotecnologia controla a vida e manipula	Genes

(ECT, 2005)

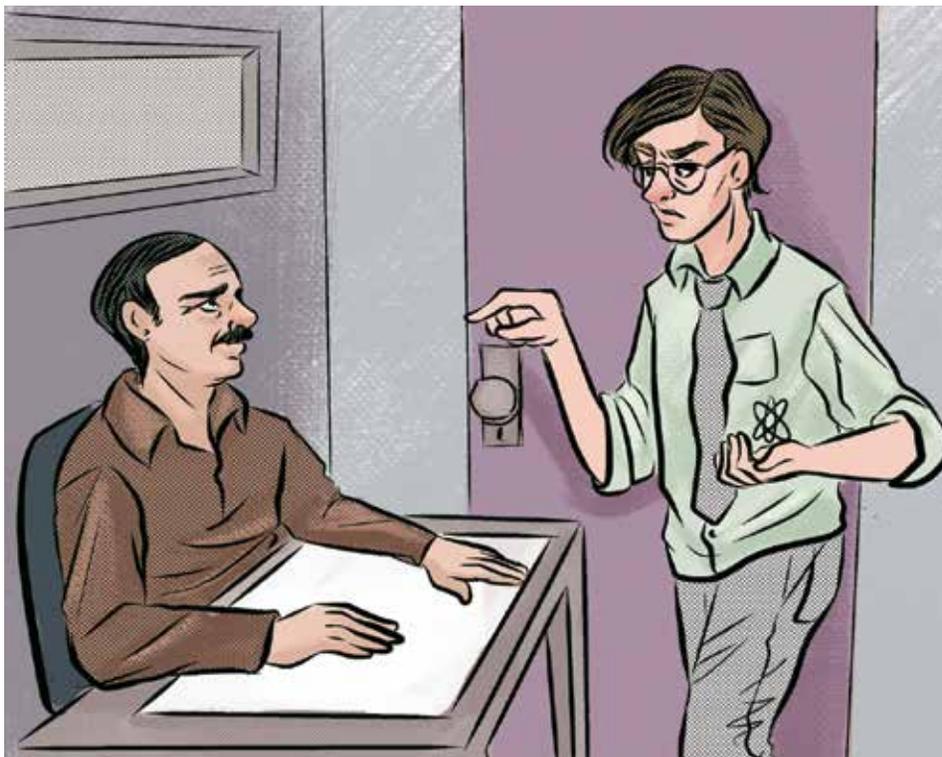
tas e tecnólogos presentes ao encontro é que se deve promover a convergência dessas tecnologias porque esse seria o melhor para o futuro da economia. No fundo, todas as ações desse tipo são fruto da preocupação que os Estados Unidos, como carro-chefe do capitalismo internacional, têm para com sua economia e para com o problema de como fazê-la sobreviver e prosperar”.

No início do século 21, a Comissão Europeia e seus Estados Membros começaram a reconhecer o novo potencial da Convergência das Novas Tecnologias (CTs), em especial as nanotecnologias.

Uma das formas de o capitalismo continuar a se desenvolver é por meio das novas tecnologias, da inovação tecnológica. As oficinas que mostraram as potencialidades das nanotecnologias para o desenvolvimento foram grandes estimuladoras de seu crescente alcance. Por isso, após o início do século 21, fica difícil se estabelecer momentos que poderiam ser considerados marcos na história das nanotecnologias.

NANOTECNOLOGIAS COMO A NOVA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Enquadrar o desenvolvimento das nanotecnologias com a história das Revoluções Industriais da humanidade ajuda a entender a vinculação da ciência e da



Deiane Cabral (baseado no original do ETC Group)

As nanotecnologias manipulam coisas pequenininhas, mas têm grande impactos.

tecnologia no contexto dos processos sociais e políticos. Afinal, em cada Revolução Industrial é possível identificar como as classes dominantes se beneficiaram e em que medida as classes trabalhadoras foram prejudicadas ou beneficiadas.

Existe grande discussão sobre quantas foram as Revoluções Industriais na história do capitalismo. Para fins didáticos, adotamos a posição sistematizada abaixo, e anexamos os elementos que permitem analisar o que seria uma 4ª Revolução Industrial (Tabela 4, nas páginas seguintes).

BOTTOM UP, CONSTRUÇÃO DE BAIXO PARA CIMA

A construção de baixo para cima se assemelha a uma semente pequena, como a da árvore: há dentro dela uma espécie de *software* capaz de programá-la para ir organizando sua matéria, composta por átomos e moléculas. A organização é uma escala macro do caule, tronco, folhas e, depois, do processo de reprodução das flores, frutos e sementes. É essa a capacidade técnica que pesquisadores ainda em laboratório adquiriram e que no futuro poderá ser aplicada à produção de qualquer coisa. No caso da agricultura, a produção poderá ocorrer sem a participação usual da natureza.

Tabela 4: Uma 4ª Revolução Industrial?

	Primeira	Segunda
Época de início	1780	1913
País líder	Inglaterra	Estados Unidos
Carro-chefe	Indústria têxtil (algodoeira)	Indústria automobilística
Paradigma	Manchester	Ford
Base de "hardware" (material)	Máquina de fiar Tear mecânico Máquina a vapor Ferrovia Descaroçador de algodão	Eletricidade Aço Eletromecânica Motor a explosão Petróleo Petroquímica
Base de "software" (organizacional)	Produção fabril Trabalho assalariado	Produção em série Linha de montagem Rigidez Especialização Separação Gerência Execução
Trabalho	Semiartesanal Qualificado "Poroso" Pesado Insalubre	Especialização Fragmentado Não qualificado Intenso Rotineiro Insalubre Hierarquizado
Volume de investimentos	Baixo	Alto
Relação interempresas	Livre concorrência	Monopólio Forte verticalização
Escala	Local Nacional Internacional	Nacional Internacional
Doutrina	Liberalismo (Adam Smith, David Ricardo)	Monopólio Forte verticalização
Produtividade	Grande elevação	Grande elevação
Produção	Desencadeou ciclo de crescimento	Desencadeou ciclo de crescimento
Consumo	Grande expansão	Grande expansão
Emprego	Forte expansão, principalmente na indústria	Forte expansão, principalmente na grande indústria
Reação dos trabalhadores	Perplexidade Quebra de máquinas Cooperativismo Primeiros sindicatos	Perplexidade Reforço dos sindicatos Conquistas sociais (salários, previdência, jornada de trabalho, contrato coletivo)

Terceira	Quarta
1975	1989
Japão	Estados Unidos
Indústria automobilística e eletrônica	Tecnologias convergentes
Toyota	Processos e produtos inteligentes
Informática	Convergência entre:
Máquinas CNC	Nanotecnologias
Robôs	Microeletrônica
Sistemas integrados	Informática
Telecomunicações	Biotecnologias
Novos materiais	
Biotecnologia	
Produção flexível	Produção de coisas invisíveis e construídas atômicamente de baixo para cima - <i>Bottom Up</i>
Ilha de produção	(ver box na página anterior)
<i>Just in time</i>	
Qualidade total	
Integração Gerência Execução	
Polivalente	Em equipes integradas na fase inicial e individualizadas nas fases mais avançadas da manufatura molecular.
Integrado	Na aplicação incremental não altera substancialmente o processo de trabalho. Na fase mais avançada deverá ser necessário haver menos trabalhadores e mais especializados.
Em equipe	
Intensíssimo	
Flexível	
Estressante	
Menos hierarquia	
Altíssimo	Altíssimo
Monopólio	Tendência a maior monopolização, a partir do domínio tecnológico.
Forte horizontalização (terceirização)	Confluência entre setores produtivos como, por exemplo, químico/alimentação ou químico/metalúrgico.
Formação de megabloco comerciais	
Internacional	Internacional, dominada por poucos países, sem elementos efetivos de regulação da sua difusão e aplicação.
Global	
Monopólio	Monopólio
Forte horizontalização (terceirização)	Acirramento da concentração dos megabloco empresariais.
Formação de megabloco comerciais	
Grande elevação, em ritmo vertiginoso	Novo paradigma de produtividade: alta flexibilização da produção de coisas que podem ser cada vez mais individualizadas; produtividade exponencialmente elevada em alguns setores.
Não desencadeou ciclo de crescimento	Não desencadeia ciclo de crescimento e compromete economicamente países exportadores de matérias-primas, pois a tendência é de substituição das matérias-primas existentes pela produção a partir de átomos e moléculas.
Tendência à estagnação	Produção de coisas para mercados de luxo e classes consumidoras abastadas. Substituição de produtos tradicionais. Criação de novas necessidades tecnológicas para todas as classes de consumidores.
Forte retração, principalmente na indústria.	Concentração de empregos qualificados na área científica.
Trabalho parcial, precário, informal	Liquidação de empregos nos setores de produtos que estão sendo substituídos.
(até o momento) Perplexidade	Desconhecimento pelos trabalhadores do uso das que podem causar problemas à saúde.
Dessindicalização	Posicionamento das entidades sindicais internacionais de exigir o princípio da precaução e apelo aos organismos internacionais para garantir regulação. No Brasil, reações pontuais de exigência do acesso à informação e negociação sobre as inovações tecnológicas.
Fragmentação	
Tendência à "parceria", assumida ou "conflitiva"	

CAPÍTULO 2

NÚMEROS DAS NANOTECNOLOGIAS NO BRASIL E NO MUNDO

A pesar de ter uma história relativamente recente, as nanotecnologias apresentam números significativos em investimentos e programas de pesquisa e resultados. Este capítulo indicará dados fundamentais para o leitor entender o processo de desenvolvimento das nanotecnologias no Brasil e no mundo.

Um investidor público muito importante no desenvolvimento das nanotecnologias é a Iniciativa Nacional em Nanotecnologia (NNI/USA). A tabela anexada a este guia (anexo I) dá a dimensão dos investimentos de 2013 a 2015, segundo as diversas agências envolvidas nas pesquisas sobre nanotecnologias nos Estados Unidos. É significativo que de um total investido de U\$1.550.200 (aproximadamente 1 bilhão e 500 mil dólares) no ano de 2013, apenas U\$10 milhões tenham sido destinados ao Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional.

Os investimentos públicos da União Europeia seguem a mesma lógica: de um total de €2.560 bilhões (2 bilhões e meio de euros), apenas €74 milhões foram direcionados à área da saúde.

INVESTIMENTO EM NANOTECNOLOGIAS NO MUNDO: SETOR PÚBLICO E SETOR PRIVADO

Os dados relativos aos financiamentos públicos desenvolvidos pela estrutura governamental europeia e norte-americana indicam que o desenvolvimento das nanotecnologias é “algo para valer” e para contribuir e/ou tornar a estrutura dos respectivos parques industriais mais competitiva.

Existem diferenças entre os modelos de financiamento público e privado para as nanotecnologias. O capital privado teve menos peso do que o público até 2007, quando então, segundo comunicado de imprensa da *Lux Research*, o investimento do capital privado em P&D de nanotecnologias havia superado os investimentos governamentais (ETC Group, 2010). De acordo com o rela-

O PAÍS QUE LIDERA
OS INVESTIMENTOS
EM NANOTECNOLOGIA
É OS ESTADOS UNIDOS
DA AMÉRICA.

tório da Comissão Europeia de 2009, baseado nas projeções de *Lux Research*, na Ásia se registra o maior investimento do setor privado.

Embora vários países se insiram no mercado mundial de nanotecnologias, como Rússia, África do Sul, Índia, Coreia do Sul e Brasil, seu peso é ainda pequeno; o destaque nos últimos anos tem sido a China (Tabela 5).

Tabela 5: Investimentos do mercado mundial de desenvolvimento da nanotecnologia por região (em US\$ bilhões) 2002, 2006, 2010, 2015

	2002	2006	2010	2015
Mundo	110,6	299,9	516,9	891,1
Nafta (EUA, Canadá e México)	82,9	179,9	258,4	409,9
Europa	12,1	74,9	155,7	267,3
Ásia	11	32,9	77,5	169,4
Outras	4,4	11,9	25,8	44,5

Fonte: Helmut Kaiser Consultancy

MERCADO DAS NANOTECNOLOGIAS NO MUNDO

A tabela 6 descreve as áreas de investimento em nanotecnologias no mundo.

Tabela 6: Distribuição da movimentação financeira no mercado mundial de nanotecnologias em áreas de produção (em US\$ bilhões) 2002, 2006, 2010, 2015

	2002	2006	2010	2015
Total	110,6	299,9	516,9	891,1
Materiais	39,1	108	179	279,2
Eletrônicos	52	129	160	246,4
Bionanotecnologia	4,9	18,4	84	172,5
Produtos químicos	4,4	14	43	82,1
Aeroespacial	3,4	12	22	57,5
Ferramentas de modelagem	3,6	7	9,1	16,4
Sustentabilidade	3,2	11,5	19,8	37

Fonte: Helmut Kaiser Consultancy.

INVESTIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS NO BRASIL

Os investimentos públicos e privados em nanotecnologias são ainda mais recentes no Brasil. Datam do início do século 21. Em 2001, o governo federal, por meio do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), lançou editais sobre nanociência e nanotecnologia. A Iniciativa Brasileira em Nanociências e Nanotecnologia (N&N) mobilizou o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) na formação e articulação de redes cooperativas para pesquisa.

De acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), o investimento do governo brasileiro em nanotecnologias no período de 2000 a 2007 foi de R\$160 milhões. Segundo dados mais recentes do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), em oito anos – de 2000 a 2007 –, o investimento federal em nanotecnologias alcançou meros R\$195 milhões, sendo que os Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul concentraram dois terços desses recursos. A soma significa menos de 5% do investimento total do Brasil em pesquisa no período (R\$3,9 bilhões). Foram 504 projetos (3,89%) de um total de 12.969 apoiados por financiamento público (ETC Group, 2010, p. 4).

No caso dos investimentos privados, a situação é ainda mais precária. A Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (Firjan - 2011) promoveu uma pesquisa, estimando que o mercado brasileiro de produtos baseados em nanotecnologias, originalmente desenvolvidos no país, somou cerca de R\$115 milhões em 2010, excluídos produtos importados ou patenteados em outros países. De acordo com a ABDI, o montante de investimento privado em pesquisa é de apenas R\$160 milhões.

Para se ter ideia da fragilidade nacional, em 2010 o volume de negócios no mercado internacional somou US\$383 bilhões (*Lux Research*, 2008 apud Firjan, 2011, p. 7), incluindo o faturamento não apenas dos 1015 produtos (PEN – Project on Emerging Nanotechnologies, 2009), baseados em nanotecnologias destinados ao consumidor final, mas produtos intermediários

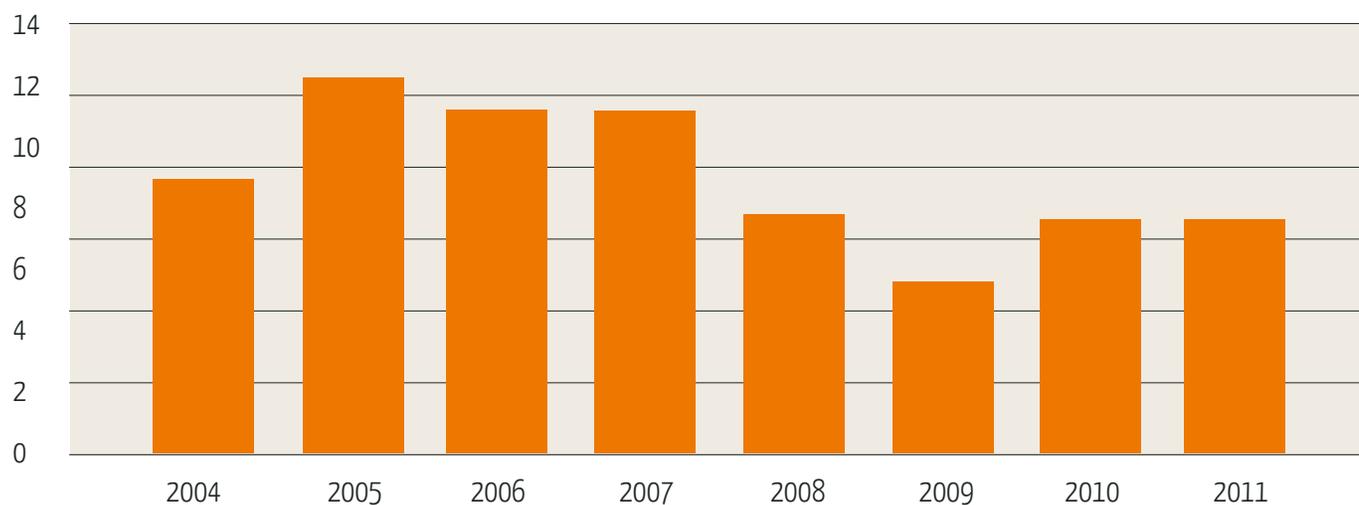
O BRASIL É
RESPONSÁVEL
POR APENAS 0,02%
DO MUNDO DAS
NANOTECNOLOGIAS..

e de nanomateriais ou nanoestruturas. O Brasil é responsável por apenas 0,02% do mundo das nanotecnologias.

O gráfico 1 apresenta os recursos do orçamento ordinário federal investidos/empenhados pela Coordenação-geral de Micro e Nanotecnologias do MCTI.

A primeira observação do gráfico é que os recursos públicos são significativos para os padrões brasileiros. Não são poucos. São recursos importantes. Claro que não são passíveis de comparação com os recursos públicos investidos pelos governos da União Europeia, EUA e China.

Gráfico 1: Recursos do orçamento ordinário investidos, empenhados pela Coordenação-geral de Micro e Nanotecnologias (em R\$ milhões) 2004-2011



A segunda observação a ser feita é a oscilação do orçamento de 2004 a 2011. O que torna qualquer planejamento, de qualquer desenvolvimento tecnológico, muito mais propenso a dar errado, acabando por jogar dinheiro público no ralo. O que acontece não apenas por esse motivo, mas por outros, entre os quais a visão hegemônica vigente no meio acadêmico/científico brasileiro, de que é dever da sociedade colocar recursos para pesquisas no Brasil. Os cientistas brasileiros, entretanto, pela estruturação dos programas e projetos, não conseguem prestar contas à sociedade brasileira de como usaram os recursos e quais foram os resultados obtidos nas pes-

quisas. Prestam contas às agências de fomentos que financiam as pesquisas, que por sua vez não as divulgam e nem mesmo as avaliações dos projetos. O público não especialista, que paga as pesquisas, não sabe o que é produzido em nanotecnologias no Brasil, e se a produção tem algo a ver com a realidade socioeconômica e ambiental brasileira.

Flávio Pentz, coordenador-geral de Micro e Nanotecnologias da Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (Setec) do MCTI, em palestra proferida na Unicamp, em 2013, apresentou uma visão geral sobre como foram planejados os investimentos públicos em nanotecnologia no Brasil em 2013 e 2014:

2013: R\$ 142 milhões

- SisNANO: **R\$38,7 milhões (laboratórios);**
- Subvenção econômica - FINEP: **R\$30 milhões (projetos);**
- INCTs – CNPq: **R\$15 milhões (16 INCTs nano)**
- Embrapii: **R\$20 milhões (infraestrutura)**
- Embrapii: **R\$16 milhões (projetos)**
- RHAe – CNPq: **R\$5 milhões (bolsas na empresa)**
- Universal (2012) – CNPq: **R\$8 milhões (projetos)**
- Edital Nano 16/2012 – SETEC/MCTI/CNPq: **R\$6 milhões (projetos)**
- Cooperação internacional: **R\$3 milhões (China)**

2014: R\$ 295 milhões

- SisNANO Labs. Estratégicos: **R\$45 milhões;**
- SisNANO Labs. Associados: **R\$70 milhões;**
- SisNANO Lab. Referência: **R\$33 milhões;**
- Subvenção econômica - Finep: **R\$40 milhões;**
- Sibratec – MCTI: **R\$29 milhões;**
- INCTs NANO – CNPq: **R\$35 milhões**
- vRedes e editais – MCTI/CNPq: **R\$10 milhões**
- Cooperação internacional: **R\$11 milhões**
- Embrapii: **R\$ 20 milhões**

Total (2013-2014): R\$ 440 milhões

O PÚBLICO NÃO ESPECIALISTA, QUE PAGA AS PESQUISAS, NÃO SABE O QUE É PRODUZIDO EM NANOTECNOLOGIAS NO BRASIL.

ESSE PÚBLICO NÃO SABE, AINDA, O QUE A PRODUÇÃO DE NANOTECNOLOGIAS TEM A VER COM A REALIDADE SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL BRASILEIRA.

Sobre os orçamentos de 2013 e 2014 acima apresentados, não há rubricas que explicitem a previsão de recursos públicos para a produção de conhecimentos voltados aos impactos das nanotecnologias na sociedade, meio ambiente, saúde humana e animal, e regulação das nanotecnologias. Na medida em que as rubricas não são desagregadas e não explicitam os projetos que compõem cada uma das rubricas com os respectivos valores, fica-se sem saber de forma correta se estão sendo aplicados os recursos públicos. Existem 16 Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia – INCT – voltados a nanotecnologias, avaliados pelo MCTI/CNPQ após seu encerramento em 2014. Mas a avaliação do desempenho técnico-científico e financeiro permanece indisponível ao público/cidadão brasileiro, que paga as pesquisas sobre nanotecnologias.

Há recursos públicos para subvenção econômica a empresas para pesquisar e desenvolver processos e produtos com conteúdos nanotecnológicos. Foram alocados R\$70 milhões para essa atividade, desenvolvida pela Finep. Contudo, não há rubrica para subvenção social na qual os recursos deveriam ser alocados, a fim de incrementar/potencializar o processo de “engajamento público” e controle social do desenvolvimento das nanotecnologias no Brasil. O incremento do nível de conhecimento científico e tecnológico dos brasileiros que pagam as pesquisas deve se configurar como meta a ser alcançada para aqueles que não a conhecem se tornarem atores no processo decisório dos rumos das nanotecnologias no Brasil.

CAPÍTULO 3

**PRINCIPAIS
APLICAÇÕES DAS
NANOTECNOLOGIAS**

A NANOTECNOLOGIA NO DIA-A-DIA

Figura 4: Quase todas as divulgações dos produtos nanotecnológicos só mostram aspectos positivos



CAMISETA ANTI-TRANSPIRANTE.

Nike, Adidas, Puma e Fil usam a nanotecnologia há mais de cinco anos em suas confecções. Os tecidos são impregnados com partículas ultrafinas de íons de prata, garantindo a rápida evaporação do suor.

CREME ANTI-RUGAS.

A Lancôme lançou creme que possui cápsulas com 200 nanômetros. Elas levam vitamina A até o fundo da epiderme e só então a liberam.

FILTRO SOLAR.

Segundo especialistas, protetores solares com fator acima de 20 têm incorporado nanotecnologia na forma de nanopartículas para garantir maior proteção.

RAQUETES DE TÊNIS WILSON CODE SIX ONE.

Nanotubos de carbono foram aplicados para garantir o triplo de resistência com a máxima leveza.

AUTOMÓVEL ANTI-RISCO MERCEDES BENZ.

O verniz é tão liso que impede qualquer risco. O segredo: moléculas densas deixam menos espaços vazios (qualquer vácuo é preenchido com partículas de cerâmica). Todos os carros da marca vêm cobertos com essa substância.

ANTIALÉRGICO LORATADINE.

As moléculas do princípio ativo desse remédio foram alteradas para que ele rendesse 75% mais.

Fonte: Portal Terra – Revista Isto É, 2007 (<http://www.terra.com.br/istoe-temp/edicoes/2028/imprime102007.htm>)

A pesquisa científica e sua transformação em tecnologia são partes fundamentais do desenvolvimento de toda sociedade. A forma como uma nova tecnologia será aplicada na sociedade pode ser medida em dois níveis.

O primeiro, estritamente técnico, leva em consideração as aplicações diretas e imediatas da novidade tecnológica. O segundo, que tem relação com o processo de disputa de interesses e classes sociais no capitalismo, diz respeito a como os diferentes grupos da sociedade se beneficiarão dos avanços tecnológicos e como os riscos e contraindicações reverberarão sobre a sociedade.

Este capítulo apresentará algumas das principais aplicações das nanotecnologias no sentido mais técnico, centradas no setor industrial e agrícola, que são chaves para o progresso econômico de uma nação e para pensar o bem-estar da classe trabalhadora, pois quase tudo o que envolver o bem viver da sociedade capitalista está ligado aos dois setores.

Ciência e tecnologia são fundamentais para o desenvolvimento industrial e, em especial, aos proprietários das indústrias, pois as novas tecnologias possibilitam aumentar os lucros e acumular mais capital. Para esse fim a classe dominante hegemônica pensa o desenvolvimento das nanotecnologias no

Brasil. Todos os recursos colocados à disposição pelo Estado brasileiro, principalmente por meio do MCTI e suas agências - CNPQ e Finep, foram aplicados na produção de conhecimentos voltados a novos processos e produtos materializados em bases nanotecnológicas. Para dar mais organicidade e coordenação ao processo, no segundo semestre de 2013 o MCTI lançou, em São Paulo, a Iniciativa Brasileira em Nanotecnologia - IBN.

A IBN se refere à exigência de adequação do governo brasileiro, responsável pela promoção de políticas públicas, aos parâmetros internacionais do desenvolvimento das nanotecnologias. Os parâmetros são capitaneados pelos Estados Unidos que, já em 2000, no governo Bill Clinton, instituiu a National Nanotechnology Initiative – NNI, a fim de coordenar as ações do Estado para viabilizar o desenvolvimento das nanotecnologias nos EUA.

O pano de fundo da iniciativa se relaciona aos recursos públicos, que viabilizam o incremento da produtividade geral do sistema produtivo norte

Figura 5: Aplicações das nanotecnologias



OS PESQUISADORES
BRASILEIROS
ACABAM
PESQUISANDO
O QUE É DO
INTERESSE DE
PUBLICAÇÕES
INTERNACIONAIS,
PARA PUBLICAR
OS ARTIGOS, CUJO
CONTEÚDO, EM
GERAL, NÃO TEM
NADA A VER COM
OS INTERESSES DO
DESENVOLVIMENTO
NACIONAL.

-americano, articulado com o capital financeiro responsável pela fase em que nos situamos no desenvolvimento científico e tecnológico, denominada *Tecnociência*, por romper com a separação entre ciência básica e ciência aplicada. Portanto, trata-se de os governos articularem as agências e sistemas de ciência, tecnologia e inovação para dar suporte às tecnociências, entre as quais as nanotecnologias. A IBN dá mais um passo para o Brasil se integrar à lógica determinada pelo capital financeiro internacional.

A política de ciência e tecnologia e, mais especificamente, uma política referente às nanotecnologias, é uma demonstração da forma como a indústria brasileira se desenvolveu no século 20, reproduzindo os padrões de relação entre Capital e Estado, o que se verifica em outros processos.

■ CONDIÇÕES DE DEPENDÊNCIA EXTERNA NO BRASIL NA CIÊNCIA E APLICAÇÃO TECNOLÓGICA

Os pesquisadores, ao produzirem nanociência e nanotecnologias no Brasil, estão submetidos funcionalmente a um processo de avaliação da sua produção científica que tem como principal indicador a publicação de artigos em revistas/“journals” com importância internacional, sediados nas universidades e instituições dos países centrais. Os “journals” não publicam artigos científicos sobre nanotecnologias que não sejam de seu interesse. Os pesquisadores brasileiros acabam sendo induzidos a pesquisar aquilo que é do interesse dessas publicações, para neles publicar os artigos, cujo conteúdo, em geral, não tem nada a ver com os interesses do desenvolvimento nacional.

No Brasil, historicamente, nunca houve uma classe de capitalistas interessados em pesquisas e inovação. De maneira geral, o processo de industrialização em nosso país não foi formado por uma classe burguesa que tenha apoiado o processo de acumulação de capital e a ampliação de mercado via pesquisa e inovação. A maioria dos capitalistas brasileiros sempre preferiu alugar e comprar, fazer acordos tecnológicos com proprietários de tecnologias do exterior, e assim fabricar seus produtos nessas condições.

■ FALTA DE CONTROLE SOCIAL

O processo de desenvolvimento das nanotecnologias no Brasil não teve e nem tem controle social. Nos diversos conselhos formados – coordenação de pesquisas sobre nanotecnologias do MCTI, programa nacional de nanociência e nanotecnologia, agências do MCTI que organizam os vários editais de financiamento de pesquisas em nanotecnologia, redes de pesquisas e INCT em nanotecnologias – não há participação dos trabalhadores ou entidades de defesa dos interesses difusos como, por exemplo, meio ambiente e consumidores. Nos conselhos não há, igualmente, a presença de representantes de entidades da sociedade civil ligadas aos movimentos pela saúde. O Comitê Interministerial de Nanotecnologia – CIN não prevê em sua ata de fundação os Ministérios do Trabalho e Emprego e da Justiça, entre outros. Mas depois de pressões passou a admitir como convidados representantes do MTE – no caso, a Fundacentro. De qualquer ângulo que se analise o desenvolvimento de pesquisas em nanotecnologias no Brasil, verifica-se que a sociedade civil organizada foi sumariamente excluída do processo. Abaixo, reproduzimos a carta aberta da “Renanosoma - Rede de pesquisa em nanotecnologias, sociedade e meio ambiente”, que abrange pesquisadores de várias áreas e entidades. A rede reafirmou, em seu XI Seminário Internacional de Nanotecnologias, Sociedade e Meio Ambiente, em 2014, a posição crítica de uma parcela da comunidade científica e organizações de trabalhadores e defesa do meio ambiente.

NANOTECNOLOGIAS E INDÚSTRIA

No plano internacional, as principais indústrias que trabalham ou desenvolvem pesquisas com as nanopartículas ou nanomateriais são automobilística, cosmética, eletrodoméstica, alimentícia, farmacêutica, eletrônica, bélica e informática.

A **indústria automotiva** já fabrica peças com nanotubos de carbono. São fabricados automóveis cujos para-brisas são incrementados com nanosubstâncias hidrofóbicas que repelem a água. Empresas de informática usam baterias de lítio revestidas com nanopartículas para melhorar a capacidade de armazenamento de informações, além de utilizar nanodispositivos eletromecânicos.

NOS DIVERSOS
CONSELHOS
FORMADOS NÃO HÁ
PARTICIPAÇÃO DOS
TRABALHADORES
OU ENTIDADES
DE DEFESA DOS
INTERESSES DIFUSOS
COMO, POR EXEMPLO,
MEIO AMBIENTE E
CONSUMIDORES.

CARTA ABERTA

**RECOMENDAÇÕES DO XI SEMINÁRIO INTERNACIONAL
NANOTECNOLOGIAS, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE**

Durante os dias 20 a 23 de outubro de 2014, no Auditório Maurício Berni, na Unisinos, em São Leopoldo, Rio Grande do Sul, realizou-se o XI Seminário Internacional Nanotecnologias, Sociedade e Meio Ambiente. Foram discutidos vários assuntos relacionados às novas tecnologias, em especial relativos às nanotecnologias. As apresentações indicaram que praticamente em todas as áreas ainda há pouca participação dos principais afetados pelos processos e produtos que já estão ou estarão no mercado consumidor em breve, que são os trabalhadores e os consumidores.

Os participantes deste Seminário discutiram, aprovaram e assinaram estas RECOMENDAÇÕES, no sentido de que esses atores, assim como os profissionais de todas as áreas do conhecimento tenham participação ativa no desenvolvimento dos rumos das nanotecnologias. Paralelamente, que os atores mencionados possam decidir sobre a aplicação das nanotecnologias à saúde – humana e animal, saneamento, meio ambiente, agricultura e alimentação, a fim de se garantir processos e produtos seguros que contribuam para a promoção da melhoria da saúde e bem-estar da população.

Esses atores devem ser ouvidos especialmente para a construção dos marcos regulatórios aplicáveis às nanotecnologias. Sublinhou-se que a utilização de verba pública para o desenvolvimento de pesquisas nas áreas da escala nanométrica deverá ser transparente, inserindo-as num portal de acesso público, além da disponibilização dos resultados ao público especializado e leigo, prestando contas dos valores recebidos e dos objetivos realizados.

Discutiu-se também a necessidade de que as políticas científicas e tecnológicas ligadas às nanotecnologias devem deixar de ter o foco específico na competitividade e se voltem mais ao desenvolvimento social. Explicando melhor a recomendação: não focar na competitividade não significa estar alheio ao importante papel desempenhado pelas empresas e demais atores relacionados ao fomento da competição científico-empresarial, mas envidar esforços para a construção de uma nova forma de inserção das políticas públicas e das empresas no avanço das nanotecnologias.

Nesse caminho, os participantes do Seminário apontaram a necessidade de a Rede de Pesquisa Renanosoma e o Grupo de Pesquisa Jusnano, cadastrado no CNPq, ampliarem o seu espaço de atuação, buscando meios pragmáticos de inserir o conhecimento já produzido – especialmente pelo primeiro grupo de pesquisa em seus 11 anos de atuação – nas políticas públicas e ações diversas nas áreas das nanotecnologias.

Os participantes concordaram que não defenderão definitivamente a competitividade empresarial pelos meios tradicionais, o que não significa perder o “bonde da História”, mas sim construir nosso próprio “bonde”, nossa própria História, respeitando as características e necessidades da sociedade brasileira, sem perder de vista os avanços no plano internacional. Busca-se a construção de uma História de Desenvolvimento Democrático, Harmônico e com perspectiva fundamentalmente social. O Brasil nunca esteve perto de embarcar no ‘Bonde de Competitividade’, mas não deixou de ter História.

O Seminário foi encerrado tendo o verbo ‘AGIR’ como perspectiva e foco para os próximos anos, a fim de contribuir para uma nova História de Nanotecnologias no Brasil e quiçá para a América Latina.

São Leopoldo/RS, 23 de outubro de 2014.

Observação: este documento foi aprovado na plenária final do Seminário. Assinam, entre outros:
Wilson Engelmann – Renanosoma – professor do Curso de Direito da Unisinos; Gilson Lima – Professor da Unisc;
Luiz Renato Andrade – Renanosoma; Reginaldo Pereira – Renanosoma – UniChapecó; Richard Dullely – Renanosoma;
Thomaz Jensen – Renanosoma – Dieese; Ana Yara Paulino – Renanosoma – Dieese; Arline Arcuri – Renanosoma;
Alexandre Quaresma – Renanosoma; Tânia Elias Magno da Silva – Renanosoma – UFS; Sebastião Neto – IIEP.

As **indústrias de eletrodomésticos** incluem nanopartículas de prata, como bactericidas usadas em aparelhos de ar condicionado, refrigeradores e máquinas de lavar. No Brasil, está no mercado um secador de cabelo que contém nanopartículas de prata. Na **indústria farmacêutica** já são fabricados remédios com nanotecnologias que prometem mais eficiência e menos efeitos colaterais, como os medicamentos inteligentes que atacam somente as células doentes. Há aparelhos mais eficientes para diagnósticos de doenças. As **indústrias têxteis** já fabricam roupas que não sujam, não molham e que possuem propriedades bactericidas.

As empresas do ramo da **alimentação** também estão envolvidas com produção ou pesquisa nanotecnológica. As aplicações são diversas: nanomateriais em embalagens de alimentos, em objetos de cozinha, alimentos e bebidas, aditivos e suplementos alimentícios/nutritivos.

Sobre a **indústria bélica**, os especialistas preveem mudanças radicais na condução de guerras com armas baseadas em nanotecnologias. Novas armas químicas e biológicas estão sendo construídas com materiais mais leves, sensores mais precisos e rápidos, combinados com computadores mais eficientes. Deverá haver dificuldades para serem detectadas e combatidas em tempo. As novas técnicas de guerra conduzidas pelos Estados Unidos, em conjunto com outras potências na invasão de diversos países, produzem como efeito conflitos sem mortos a serviço dos invasores. Isso é possível graças aos drones, aos mísseis inteligentes, aos instrumentos de comunicação e de geoprocessamento. As tecnologias são repassadas aos governos dos países periféricos para controle e repressão de manifestações populares.

NANOTECNOLOGIAS NA AGRICULTURA

A agricultura é fundamental para o desenvolvimento econômico e social de uma nação. As diretrizes de produção agrícola e investimento em novas tecnologias estão igualmente envolvidas nos processos de disputa do capitalismo.

NO BRASIL, DUAS VISÕES SOBRE A AGRICULTURA ENTRARAM EM CONFLITO: A VOLTADA PARA ATENDER ÀS DEMANDAS DO MERCADO INTERNACIONAL, E OUTRA QUE PROPÕE PRIORIZAR O BEM VIVER DA POPULAÇÃO.

No Brasil, duas visões sobre a agricultura entraram em conflito: a voltada para atender às demandas do mercado internacional, e outra que propõe priorizar o bem viver da população. A persistência do grande latifúndio e da produção de *commodities* para exportação demonstra que a opção mercadológica prevalece no país. Nesse quadro econômico e social a produção e a aplicação de nanotecnologias para a agricultura se desenvolvem. No plano mundial, as prioridades não são muito diferentes.

Apesar do potencial para serem utilizadas em qualquer setor da produção agrícola, uma das suas principais aplicações é no ramo dos agrotóxicos, porque permite a ampliação da produtividade e da lucratividade das *commodities*.

As empresas que defendem a aplicação das nanotecnologias no campo afirmam que com isso será possível usar menos produtos químicos, aproveitar melhor o solo, a água e outros recursos, o que ajudaria a preservar o meio ambiente. É um forte argumento, tendo em vista a crise ambiental que assola a humanidade.

Além dos nanoagroquímicos, há outras aplicações pesquisadas. A convergência de todas as pesquisas possibilitará maior controle sobre os processos agrícolas e as incertezas da natureza, aumentando, ao mesmo tempo, a eficiência e, por consequência, a produtividade no campo. Trata-se da chamada **agricultura inteligente**, que promete mudar a produção no campo de maneira mais drástica do que a Revolução Verde, intensificando a industrialização da agricultura iniciada nesse processo.

Exemplos das possibilidades do novo tipo de agricultura: manipulação genética de animais e cultivos agrícolas pela **nanobiotecnologia**; criação de organismos novos a partir da biologia sintética ainda em fase de pesquisas de laboratório; nanosensores para monitorar e controlar instalações agrícolas, desenvolvimento dos cultivos, criação de animais e diagnósticos de doenças.

CAPÍTULO 4

RISCOS DAS NANOTECNOLOGIAS



O desenvolvimento das nanotecnologias, como o de outra nova tecnologia, apresenta benefícios e riscos para os seres humanos. Os perigos afetariam a saúde das pessoas, modos de vida e meio ambiente. Tendo em vista que os investimentos em nanotecnologias priorizam quase exclusivamente lucro e acumulação de capital, sem medir consequências, a gravidade dos problemas seria ainda maior.

As mesmas características que tornam as nanotecnologias tão atrativas para indústrias e o agronegócio trazem ameaças, muitas possivelmente ainda desconhecidas, para a saúde humana e o meio ambiente. As nanos e micropartículas incluídas em alimentos podem estar causando danos à saúde.

IMPACTOS DA NANOINDÚSTRIA

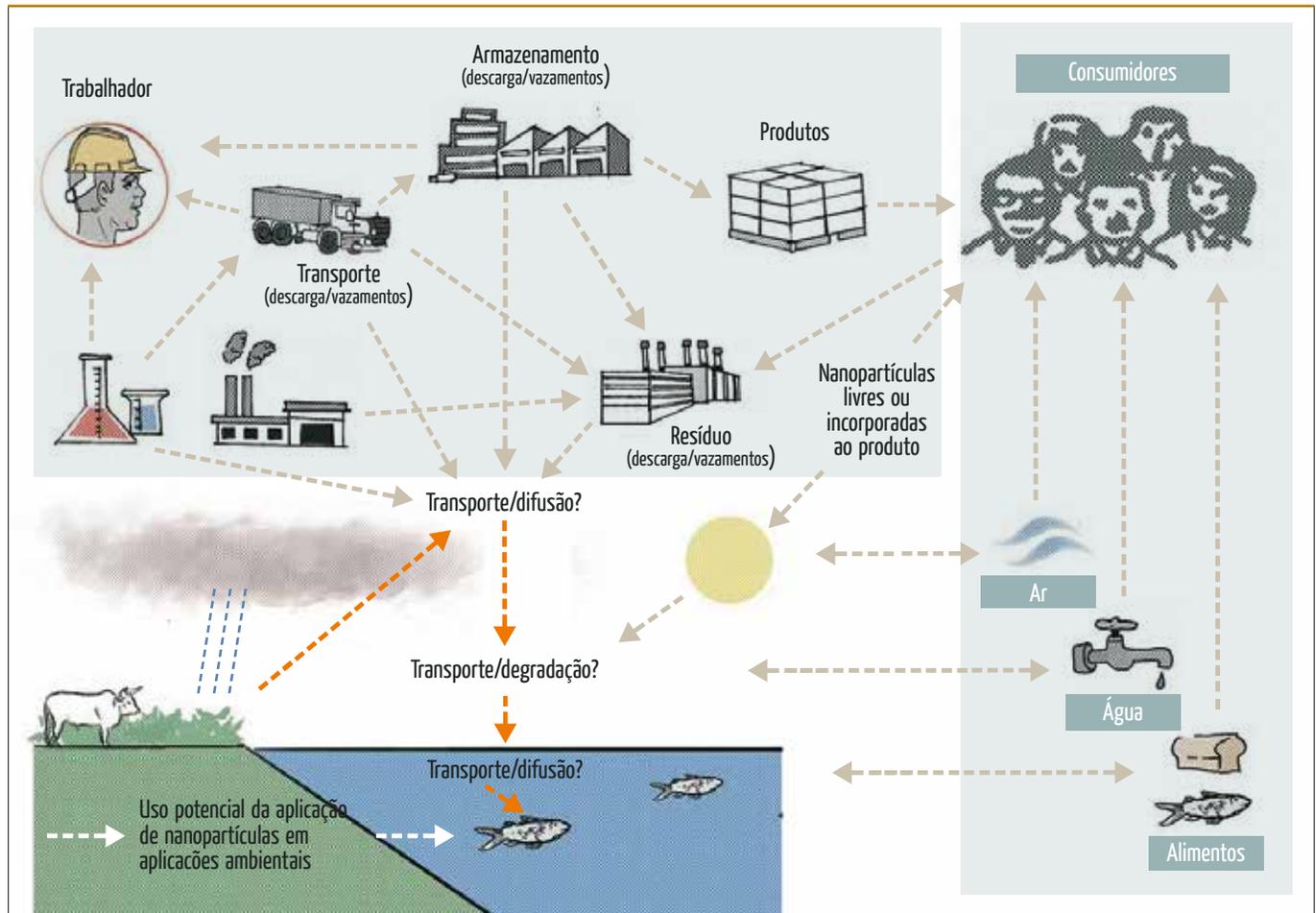
Dado o desenvolvimento das pesquisas, é possível indicar consequências negativas das nanotecnologias:

- **Exposição a nanopartículas** - em seres humanos, a penetração no organismo ocorreria pela inalação, ingestão ou contato com a pele. No caso de

medicamentos, ainda ocorreria introdução por meio de injeções, supositórios, microchips, adesivos e aplicação nos olhos, nariz ou ouvidos. Os efeitos da invasão no corpo dos seres humanos estão sendo estudados e existem indícios de que se relacionam às mutações no DNA, danos nas estruturas e mesmo morte de células.

■ **Mobilidade** - o tamanho reduzido facilita o acesso das nanopartículas às membranas, paredes celulares, tecidos celulares e órgãos. Na corrente sanguínea, atingiriam órgãos como cérebro, coração, fígado, rins, baço, sistema nervoso e medula óssea, ficando neles acumuladas. Mas atingiriam esses órgãos pela translocação, isto é, as nanopartículas caminhariam entre as várias células do corpo, chegando aos órgãos.

Algumas das possibilidades de rotas de exposição do trabalhador e da sociedade (consumidores) às nanopartículas e aos nanotubos de carbono, tendo com base as possíveis e atuais aplicações da nanotecnologia.



■ **Circulação e contaminação** – a cumulatividade das nanopartículas causa sua maior toxicidade. Além disso, aumenta o potencial de reação e combinação com outros elementos químicos.

Estudos toxicológicos desenvolvidos nos últimos dez anos relatam efeitos nocivos sobre seres vivos, como micro-organismos, algas, peixes, ratos e células humanas (FOLADORI, 2011). Estudiosos dizem que é essencial analisar o ciclo de vida das partículas, pois com o aumento da produção e utilização, o risco de chegarem às águas, solo e ar torna-se cada vez maior, aumentando a exposição dos seres humanos a esses materiais (PASCHOALINO, 2010, p. 421).

No entanto, o fato de que a maior parte das pesquisas seja *in vitro* é utilizado como argumento, pelas empresas, para refutar os resultados, pois alegam que as pesquisas em laboratório não permitem comprovar a efetiva toxicidade das substâncias estudadas (FOLADORI, 2011).

Mesmo com dúvidas sobre potenciais riscos, sem acordo entre empresas, pesquisadores e governo, os produtos e processos das nanotecnologias seguem desenvolvidos e comercializados sem um sistema adequado capaz de garantir a segurança e saúde de trabalhadores, consumidores e meio ambiente.

IMPACTOS NA AGRICULTURA

Nos últimos anos foi significativo o aumento da velocidade com que se desenvolvem e são descobertas novas tecnologias. Ray Kurzweil considera que o século 20 representa, em termos de conhecimento de hoje, cerca de 20 anos; e que na velocidade atual de avanço da ciência hoje, todo o século 20 caberia em cerca de 14 anos. Portanto, a diferença das novas tecnologias em relação às anteriores é seu elevado potencial para promover, em prazo inesperadamente curto, verdadeira nova revolução tecnológica na agricultura. Toda a base tecnológica da agricultura moderna que atualmente predomina e merece a quase total confiança dos agricultores e envolve numerosos empregos dos trabalhadores se tornaria obsoleta em curtíssimo prazo.

A NANOTECNOLOGIA REDUZIRIA AINDA MAIS OS NOSSOS CONHECIMENTOS CULTURAIS EM MATÉRIA DE ALIMENTOS E PRODUÇÃO AGRÍCOLA

O nanoprocessamento de alimentos e a produção de nanoaditivos nutricionais corroeriam a nossa compreensão cultural do valor nutritivo dos alimentos. Por exemplo, quando estamos para ficar resfriados, comemos frutas cítricas, que têm naturalmente alto conteúdo de vitamina C. Porém, o nanoprocessamento e os nanoaditivos nutricionais poderiam fazer possível a comercialização de guloseimas nanofortificadas como se fossem produtos com as mesmas propriedades saudáveis da fruta fresca. Com a crescente aplicação da nanofortificação e nanorreconstituição de alimentos para alterar as propriedades nutricionais dos alimentos processados, perderíamos muito em breve a capacidade de entender o valor nutritivo dos diferentes alimentos, ficando à mercê do que induzem os fabricantes a vender seus produtos.

Os sistemas de nanoembalagem que incorporam sensores para indicar se os alimentos continuam “frescos” ou comestíveis substituiriam os conhecimentos tradicionais, herdados de geração em geração, que nos permitem identificar alimentos certos e frescos. Culturalmente, escolhemos as verduras que consumimos pela cor e pela textura e escolhemos o peixe pela cor dos olhos. Porém, a expansão dos sistemas de embalagem com nanossensores nos levaria a comprar esses produtos embalados orientando-nos pela cor que indicam os nanossensores da embalagem.

Se forem desenvolvidos sistemas de gestão automatizada e nanovigilância para a produção agrícola, como está previsto, nossa capacidade de produção agrícola chegaria a depender de pacotes tecnológicos vendidos por um número reduzido de companhias. A nanoagricultura converteria em mercadoria o conhecimento e as habilidades vinculados à produção de alimentos adquiridos ao longo de milhares de anos, incorporando-os a nanotecnologias patenteadas das quais dependeríamos totalmente (SCRINIS E LYONS, 2007).

Fonte do texto: MILLER e SENJEN, 2008.

O que as nanotecnologias poderão viabilizar, dadas as suas características especiais, é o rápido aprofundamento da industrialização dos processos de produção agrícola. Até o surgimento das nanotecnologias, a velocidade da industrialização da agricultura estava tecnicamente muito limitada, pois se adequava quase apenas ao campo da produção industrial.

A concretização da industrialização quase total da agricultura resultará da convergência dos mais recentes avanços no campo da biotecnologia e nanotecnologia molecular (DREXLER; PETERSON; PERGAMIT, 1991), informática e microeletrônica. A combinação das nanotecnologias com outras tecnologias alteraria drasticamente as históricas características da agricultura. A milenar incerteza dos resultados e os riscos que forçosamente enfrentam nos atuais processos de produção agrícola no contexto de um ambiente natural praticamente deixariam de existir utilizando as mais atuais tecnologias modernas disponíveis.

A adoção e a prática da “agricultura inteligente” significarão mudanças quase radicais do paradigma de produção. Linus Opara, professor na Universidade de Stellenbosch, na qual dirige a cadeira de “Tecnologia pós-Colheita na África do Sul”, considera que a “agricultura inteligente” será produto da convergência dos mais recentes desenvolvimentos científicos e tecnológicos, baseada em uma tríade tecnológica composta por (i) biotecnologia, (ii)

informação e comunicação tecnológica (ICT) e (iii) nanotecnologias (OPARA, 2004). Opara considera que a “agricultura inteligente” estaria destinada a revolucionar a agricultura no século 21, mas de modo muito mais radical do que as mudanças provocadas pela denominada “revolução verde”. Considera o pesquisador que a adoção desse tipo de tecnologia provocará dolorosos impactos tecnológicos e socioeconômicos, e que o potencial da nanoeletromecanização na agricultura moderna será imenso. Como decorrências, surgirão aspectos sociais, políticos e éticos a serem enfrentados com o desenvolvimento do processo de miniaturização e eletromecanização da agricultura (nanoagricultura).

As nanotecnologias podem mudar a nossa concepção sobre consumo alimentar.

Dayane Gabriel (baseado no original do ETC Group)



O QUE É NANOAGRICULTURA?

Nanoagricultura seria considerado um conceito que engloba as possíveis aplicações das nanotecnologias em toda a cadeia da produção agrícola e abrangeria os avanços incrementais que dão sintonia fina à agricultura de precisão. O que há de “revolucionário” na nanoagricultura é a manufatura molecular de alimentos e fibras, que seria chamada de fabricação molecular. Ela implica mudança de paradigma de produção pela natureza para uma produção industrial que não precisará dos recursos naturais.

IMPACTOS AMBIENTAIS

A tríade de tecnologias convergentes provavelmente alavancará os futuros avanços tecnológicos no campo da agricultura, sendo, até mesmo, uma das respostas aos atuais problemas da agricultura convencional em relação aos impactos ambientais por ela causados.

Outro aspecto que com o passar do tempo tende a tornar-se cada vez mais problemático é a crescente necessidade de utilização de energia na agricultura moderna. Originária quase toda ela (na forma de fertilizantes, força

Paula Simas. Açúcar Bruto. Brasília: Editora UNB, 1997, p. 69.



Há riscos de contaminação mesmo quando não são visíveis.

“A APLICAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA NA AGRICULTURA TERÁ, CAUSARÁ PROFUNDOS IMPACTOS, QUE PASSARÁ A TER CARACTERÍSTICAS MUITO SEMELHANTES ÀS DAS ATUAIS INDÚSTRIAS”

motriz, agrotóxicos etc.) do petróleo, recurso natural não renovável, entraria em crise dada a elevação brutal dos preços dos insumos. As tecnologias convergentes, então, apresentar-se-iam como soluções para as urgências energéticas da produção de alimentos e demais matérias-primas.

Nesse cenário de problemas da agricultura moderna se coloca como válida uma possível saída: as potencialidades das nanotecnologias para reduzir o prazo da viabilização de uma “agricultura inteligente”. Opara considera que “a aplicação da nanotecnologia na agricultura terá, sem dúvida, profundos impactos nela, que passará a ter características muito semelhantes às das atuais indústrias e na maneira pela qual a sociedade vê a agricultura e seu papel especialmente no bem-estar humano” (OPARA, 2004).

Seguem-se aspectos destacados por esse autor quanto a oportunidades existentes e futuras para a nanoagricultura, visando ao estabelecimento de uma “agricultura inteligente”: “Um dos campos mais promissores é o da identificação, captação, análise, armazenamento e transmissão de informações precisas e confiáveis sobre a produção/manejo ambiental de animais/plantas, de modo a atender às demandas por elevadas produções e boa qualidade dos produtos” (OPARA, 2004). O autor denomina de *agrinfortronics*, que poderia ser traduzido para “agroinfortrônica”, ou seja, a união de agricultura, informática e eletrônica.

Opara considera essencial a integração entre biotecnologia, bioengenharia e nanotecnologias na agricultura, pois na escala nano os problemas práticos da nanoagricultura somente serão resolvidos com a participação dos diversos enfoques.

Existem dispositivos para tal finalidade com aplicação potencial na agricultura. O agronegócio ou *agribusiness* moderno está, portanto, caminhando celeremente para a adoção da “agricultura inteligente”, que busca imitar a inteligência humana. Esse tipo de imitação dos processos industriais “inteligentes” depende da utilização da mecatrônica, complexos sistemas de automação e otimização em larga escala.

O caminho rumo à “agricultura inteligente” está traçado, pois se mostra perfeitamente possível do ponto de vista científico, tendo como base tec-

nologias convergentes, como as já utilizadas pela agricultura de precisão, nanotecnologias, informática e microeletrônica, que são avanços incrementais. Permanece, entretanto, uma série de problemas que ainda requer o desenvolvimento da capacidade da engenharia e tecnologia para tornar a agricultura inteligente, prática e econômica.

Dadas as características da produção em escala nano, a contribuição dos dispositivos baseados nas nanotecnologias, especialmente os sensores moleculares, facilitariam a aplicação da agricultura de precisão, promovendo a redução de seus custos, ainda elevados, e apresentando produtos aplicáveis em processo de produção da agricultura moderna ou convencional.

É importante para os trabalhadores, cujos empregos dependem do agronegócio, estar sempre atentos, conhecer e discutir as atuais e futuras possibilidades do advento da “agricultura inteligente”, como os possíveis impactos sociais, econômicos, ambientais e mesmo políticos, pois as nanotecnologias acabariam com os mais conhecidos processos de produção agrícola que existem no nível macro, substituindo-os pela nanotecnologia molecular.

O gradual predomínio da “agricultura inteligente” praticamente obrigará os agricultores a se transformarem em outro tipo de empresários e a agricultura em outro tipo de atividade econômica, muito mais próxima das características das atividades industriais, no espaço e no tempo, quando for viabilizada técnica e economicamente a manufatura molecular de alimentos e fibras que têm caráter revolucionário. Isso terá reflexos no perfil dos trabalhadores que as empresas exigirão.

Se nos Estados Unidos, país que lidera a produção de nanotecnologias no mundo, os meios de comunicação à população não informam sobre esses produtos em tempo razoável, o grau de desconhecimento da sociedade brasileira sobre as possíveis aplicações das nanotecnologias e mais especificamente no setor agrícola é mais ainda elevado. À situação, soma-se o fato de que praticamente não há pesquisas no Brasil sobre o tema nanotecnologias e agricultura. Significa que os agricultores brasileiros que hoje adotam sistemas de produção convencionais, orgânicos, agroecológicos, utilizam sementes originadas da engenharia genética, ou qualquer outra forma de produzir e comercializar,

É IMPORTANTE PARA OS TRABALHADORES, CUJOS EMPREGOS DEPENDEM DO AGRONEGÓCIO, ESTAR SEMPRE ATENTOS, CONHECER E DISCUTIR AS ATUAIS E FUTURAS POSSIBILIDADES DO ADVENTO DA “AGRICULTURA INTELIGENTE”.

OS AGRICULTORES BRASILEIROS QUE HOJE ADOTAM SISTEMAS DE PRODUÇÃO CONVENCIONAIS, ORGÂNICOS, AGROECOLÓGICOS, DESCONHECEM QUASE TOTALMENTE OS AVANÇOS ALCANÇADOS PELAS NANOTECNOLOGIAS APLICADAS AO SETOR RURAL.

desconhecem quase totalmente os avanços alcançados pelas nanotecnologias aplicadas ao setor rural, e muito menos as possíveis consequências econômicas, sociais, ambientais e políticas que teriam sobre seu setor.

Os impactos geram uma série de questões:

■ **Riscos para o meio ambiente** - o que acontecerá com as partículas tão pequenas que se originam de embalagens e de nanoagrotóxicos, nanofertilizantes e outros insumos agrícolas, quando forem descartados ou deixados no solo? Ficarão no solo, na água, no lençol freático, na planta? Caso fiquem, elas os contaminarão? O que pode ocorrer no solo? E para insetos benéficos à fauna e flora silvestres? É provável que resultem em resíduos mais persistentes, criando novas formas de contaminação de solos, cursos de água e ambiente em geral.

■ **Riscos para os trabalhadores rurais** - a exposição aos agrotóxicos convencionais é relacionada ao aumento de casos de câncer e a sérios problemas reprodutivos em trabalhadores rurais e famílias. Se as nanoformulações dos agrotóxicos são projetadas para serem mais reativas e mais bioativas do que as convencionais, ou seja, se elas têm o seu potencial de matar aumentado, é importante questionar se, mesmo em menores quantidades, os nanoagrotóxicos acarretariam mais riscos à saúde do que as formulações convencionais.



Os equipamentos atuais dos órgãos de controle não permitem auferir os riscos da contaminação nanotecnológica.

Fonte: Friends of the Earth. Way too little: our government's failure to regulate nanomaterials in food and agriculture. Maio, 2014.



Deyane Cabral (baseado no original do ETC Group)

■ **Riscos para os consumidores** - sabemos que nanopartículas comportam-se de forma distinta das maiores. Será que esses nanoagrotóxicos ou outros nanoinsumos agrícolas serão levados mais rapidamente para dentro dos alimentos? Caso isso aconteça, serão tóxicos para o ser humano que os consumirá? (Centro Ecológico, 2009).

O uso dos alimentos nanotecnológicos pode ser cada vez mais preferível aos alimentos tradicionais.

IMPACTOS DAS NANOTECNOLOGIAS NO EMPREGO

Nanotecnologias são tecnologias de ponta e altamente sofisticadas, cujas características atuam no aprofundamento da miniaturização e automação dos processos produtivos – processo que se iniciou com a revolução da microeletrônica. Pesquisadores, como Guilherme Foladori e Noella Invernizzi, alertam para a necessidade de se pensar os impactos das nanotecnologias no mercado de trabalho, pois ocorreriam mudanças, como redução de postos de trabalho em vários setores da economia (INVERNIZZI, 2009; FOLADORI, 2011).

Segundo os autores, os produtos de nanotecnologias possuem três características em comum: multifuncionalidade, aumento da vida útil, utilização de

OS PRODUTOS COM VIDA ÚTIL AUMENTADA DIMINUIRIAM O DESPERDÍCIO E O LIXO, PORÉM MUITOS POSTOS DE TRABALHO SERÃO REDUZIDOS.

menos matéria-prima ou a substituição de matéria-prima. O que permite aferir tendências de mudanças na organização do trabalho (FOLADORI, 2011): no caso de produtos multifuncionais, como os nutracêuticos, que têm, ao mesmo tempo, propriedades nutricionais e farmacêuticas, observa-se tendência de confluência ou integração de ramos produtivos, com implicações sobre os postos de trabalho, não apenas em relação aos trabalhadores diretos, mas entre os indiretos, no setor de transporte, distribuição e comercialização dos produtos. Os produtos com vida útil aumentada diminuiriam o desperdício e o lixo, porém muitos postos de trabalho ligados às atividades de transporte e comercialização nos mercados (supervisores de qualidade e outros) serão reduzidos.

Os produtos que utilizam menos matéria-prima, ou produzidos a partir da substituição da matéria-prima por material com nanotecnologias, estariam no centro dos processos de alterações na divisão internacional e regional do trabalho, como no caso do algodão ou da borracha. Se os países que mais importam as matérias-primas passassem a produzi-las artificialmente, não precisariam mais importar os recursos. Os países que dependem da exportação de produtos primários sofreriam com a queda das exportações. Consequentemente, os trabalhadores e trabalhadoras ligados às atividades sofreriam com a redução de postos de trabalho e salários (IIEP, ETC Group, 2010, pp. 4-5).

Ainda que a consolidação das novas características dos produtos seja algo que os analistas projetam para o futuro, afirmam que algumas mudanças estão ocorrendo e podem ser percebidas: mudança na forma como a matéria é manipulada; nanossensores que desempenharão funções de seres humanos; centralização de setores industriais, como ocorre na indústria de alimentação, farmacêutica e cosmética, dada a concentração das pesquisas nesses ramos e obtenção de patentes pelas empresas detentoras de capital, somadas à natureza multifuncional e transsetorial de diversos desses produtos.

Os *impactos* das mudanças são significativos, e se darão principalmente na formação profissional, distribuição geográfica do mercado de trabalho e número de postos de trabalho para cada setor de produção, serviços, competências e salários.

IMPRESSORA 3D

A impressão tridimensional (3D) é também denominada de fabricação aditiva. Os meios de divulgação no Brasil noticiam a existência de impressoras 3D, tratando-as como tal, mas textos sobre o tema utilizam um termo que parece ser mais adequado: **Fabricação Aditiva (FA)**, que não é uma invenção do século 21. O processo de “impressão” de objetos sólidos por meio de camadas progressivas foi chamado pela primeira vez de estereolitografia (SLA), inventado na década de 80. A comercialização do processo deu à luz à empresa 3D Systems. Em novembro de 2013, a 3D Systems anunciou um investimento de US\$10 milhões para expandir as operações de fabricação.

É preciso ter claro que o desenvolvimento da impressora 3D se dá no contexto de acesso à internet, desenvolvimento de software livre, design e, por fim, a contribuição das nanotecnologias, o que acaba por produzir um círculo virtuoso tecnológico.

Deve-se pensar na possibilidade de personalização/customização das peças produzidas, o que seria ainda mais caro para o consumidor em 2015, mas estamos em trajetória decrescentes desses preços. Na medida em que a impressão 3D está ligada à adaptação das exigências individuais, um dos segmentos a serem abrangidos pela impressão 3D será a tecnologia assistiva, entendida como a tecnologia que facilita o dia a dia dos cidadãos.

Espera-se ainda a presença da tecnologia 3D em certos tipos de produtos que não são de massa, mas têm importante valor agregado, como satélites e aviões.

O caminho mais provável é que logo mais cada pessoa terá a própria “fábrica doméstica”, materializada em uma impressora 3D. A concepção é que, após a computação pessoal, teremos a produção pessoal. Diversos kits “faça você mesmo” estão disponíveis na internet.

Há pesquisadores investigando o ciclo de vida da impressão 3D, tomando por base uma família média norte-americana. Foram pesquisados 20 itens domésticos comuns e o resultado financeiro foi amplamente favorável aos itens construídos via impressora 3D.

O PROCESSO DE
“IMPRESSÃO”
DE OBJETOS
SÓLIDOS POR
MEIO DE CAMADAS
PROGRESSIVAS FOI
CHAMADO PELA
PRIMEIRA VEZ DE
ESTEREOLITOGRAFIA
(SLA), INVENTADO
NA DÉCADA DE 80

IMPACTOS NO MUNDO DA PRODUÇÃO

UMA TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Reportagem Especial sobre Indústria e Inovação da Revista Carta Capital – Edição de 25 de abril de 2012 – Conteúdo de The Economist.

Conforme a manufatura se digitaliza, ela vai transformar-se até ficar irreconhecível, diz Paul Markillie. E parte da atividade manufatureira vai retornar aos países ricos.

Logo na frente do gigantesco centro de convenções Frankfurt Messe, sede de inúmeras feiras alemãs, fica o *Homem do Martelo*, uma estátua de 21 metros de altura que movimenta ritmicamente o braço para bater em uma peça de metal com um martelo. Jonathan Borofsky, o artista que a construiu, diz que ela é uma celebração do trabalhador que usa suas mãos e mente para criar o mundo em que vivemos. Essa é uma narrativa já bastante conhecida. Mas agora as ferramentas estão mudando de formas variadas e surpreendentes que vão transformar o futuro da manufatura. Uma das grandes feiras que acontecem em Frankfurt é a EuroMold, [...]

Na última EuroMold, em novembro de 2011, outro tipo de máquina estava em exibição: as impressoras 3D. Em vez de bater, dobrar e cortar o material como sempre fez, as impressoras 3D constroem coisas depositando o material, camada por camada. É por isso que a melhor descrição para esse processo é **manufatura aditiva**. A empresa americana 3D Systems usou uma de suas impressoras 3D para imprimir um martelo [...], completo com um elegante cabo imitando madeira e uma cabeça metalizada.

Esse será o futuro da manufatura. Peça para que uma fábrica faça um único martelo segundo suas próprias especificações e você receberá uma conta de milhares de dólares. O fabricante teria de produzir um molde, moldar a cabeça, fazer o acabamento a máquina e então montar as partes. Fazer tudo isso para um único martelo seria proibitivamente caro. Se você estiver produzindo milhares de martelos, cada um deles sairá muito mais barato, graças a economias de escala. Para uma impressora 3D, porém, a economia de escala tem bem menos importância. O seu software pode ser ajustado indefinidamente ela pode fazer praticamente de tudo. O custo de preparar a máquina é o mesmo, quer se faça uma coisa só, quer tantas quantas permitir o seu tamanho; assim como uma impressora bidimensional de escritório pode imprimir um único documento ou muitos diferentes até que o cartucho de tinta e o papel tenham de ser substituídos, ela continuará produzindo, com praticamente o mesmo custo para cada item.

A manufatura aditiva ainda não está boa o suficiente para fazer um carro ou um Iphone, mas já está sendo usada para fazer partes especializadas para carros e capas personalizadas para Iphone. Embora ainda seja uma tecnologia relativamente nova, a maioria das pessoas, provavelmente, já possui algo que foi feito com o auxílio de uma impressora 3D. Pode ser um par de sapatos, impresso primeiro como um protótipo sólido antes de ser produzido em massa. Pode ser um aparelho auditivo, fabricado individualmente, seguindo a forma do ouvido do usuário. Ou pode ser uma joia, feita a partir de um molde fabricado em uma impressora 3D ou produzida diretamente a partir de uma diversidade crescente de materiais imprimíveis.

[...]

Os materiais para fabricar as coisas também estão mudando. Compostos de fibra de carbono, por exemplo, estão substituindo o aço e o alumínio em produtos que vão das mountain bikes aos aviões. E algumas vezes não serão máquinas produzindo, mas micro-organismos que foram geneticamente criados para a tarefa.

Tudo nas fábricas do futuro será controlado por softwares inteligentes. A digitalização da manufatura terá um efeito revolucionário tão grande como em outras indústrias que passaram pelo processo, como as de equipamentos de escritório, telecomunicação, fotografia, música, editoração e filmes. E os efeitos não ficarão restritos aos grandes fabricantes; na verdade, eles vão ter que tomar cuidado, pois o que está por vir dará mais poder às pequenas e médias empresas e aos empreendedores individuais. Lançar novos produtos ficará mais fácil e barato. Comunidades oferecendo impressão 3D e outros serviços de produção, que se parecem um pouco com o Facebook, já estão se formando online – um fenômeno novo que poderia ser chamado de manufatura social.

As consequências de todas essas mudanças [...] equivalem a uma terceira revolução industrial.

[...]

Com a manufatura se digitalizando, agora uma terceira grande transformação está ganhando velocidade. Ela vai permitir que as coisas sejam feitas economicamente em números muito menores, de forma mais flexível e com muito menos uso de mão de obra, graças aos novos materiais, processos completamente novos como a impressão 3D, robôs fáceis de usar e novos serviços de produção colaborativos disponíveis online. A roda está quase dando uma volta completa, afastando-se da manufatura em massa e caminhando para uma produção muito mais individualizada. E isso, por sua vez, pode trazer de volta aos países ricos alguns empregos que há muito tempo tinham sido perdidos para o mundo emergente.

[...]

NA QUÍMICA, A CONVERGÊNCIA ENTRE NANO E BIOTECNOLOGIA*

O *cluster* de biotecnologia de Boston consiste de empresas farmacêuticas grandes e pequenas, atraídas em grande parte pelas pesquisas desenvolvidas nos hospitais e universidades da região. Nas ciências biológicas, o desenvolvimento de capacidade de produção está estreitamente ligado ao do produto, diz Phillip Sharp, um ganhador do Prêmio Nobel e fundador da hoje chamada Biogen Idec, firma de biotecnologia em Massachusetts, com receitas anuais de 5 bilhões de dólares. O que empolga atualmente o setor, diz Sharp, é a nanotecnologia.

[...]

A nanotecnologia possibilita a fabricação, em escala minúscula, de novas substâncias terapêuticas que carregam informações em suas superfícies que podem ser usadas para direcioná-las para células determinadas do corpo. As drogas ministradas por essas substâncias podem ser valiosas no tratamento de doenças como o câncer.

[...]

A produção de drogas, em sua maior parte, continua sendo um processo antiquado de manufatura em lote. Ela envolve reunir ingredientes, muitas vezes vindos de diferentes países, processá-los em uma fábrica para produzir um lote da substância, e então transformá-la em pílulas, líquidos ou cremes em outra fábrica, que pode estar localizada em outro país diferente. Tudo isso implica um bocado de transporte de toneis e recipientes, e um bocado de estoque permanecendo ocioso. É demorado e custoso.

Mas em um laboratório em Boston, outra forma de produzir drogas está sendo desenvolvida. Os materiais brutos são colocados em um dos lados de uma máquina cheia de tubos, engrenagens, cintas e eletrônica, e pílulas surgem na outra extremidade. Essa linha piloto de produção, uma associação entre o MIT e a Novartis, uma gigantesca farmacêutica suíça, está estreando um processo contínuo de produção para a indústria farmacêutica. Ela está produzindo uma cópia de uma droga comum da Novartis, embora ainda não para o uso, pois ainda faltam de cinco a dez anos para o sistema poder operar comercialmente. Ele depende de uma **combinação de química com engenharia**, acelerando alguns processos e desacelerando outros para fazê-los funcionar em conjunto.

[...]

O número de operações individuais envolvidas na produção da droga foi reduzido de 22 para 13; o tempo de processamento (mesmo excluindo todo o transporte dos materiais) encolheu de 300 para 40 horas. E em vez de testar cada lote de material, cada pílula sendo produzida é monitorada para assegurar que esteja dentro das especificações exigidas.

* Subtítulo da redação do Guia.

A seguir, mais detalhes são apresentados em termos de passado, presente e futuro das impressoras 3D.

PASSADO

As universidades e grandes empresas industriais começaram a usar a impressão 3D por volta do final dos anos de 1980 para a prototipagem rápida. Uma peça era frequentemente feita a partir de um material plástico e utilizada para moldar uma peça do material de projeto (metal). O custo dos equipamentos e a limitação de materiais e de aplicações impediram o acesso prático a muitas empresas.

PRESENTE

Parece que o estado atual da Fabricação Aditiva é estar ocorrendo uma mudança rápida. Muito está sendo feito para tornar a tecnologia melhor.

As melhorias na tecnologia e a redução do custo resultaram em um crescimento de aplicações comerciais.

Em 2013, foram vendidas mais de 50 mil impressoras 3D, e espera-se que o número dobre até 2015. Estima-se que o mercado de impressoras 3D em 2012 foi de US\$2,2 bilhões, que em 2017 será de US\$6 bilhões e em 2021 de US\$10,9 bilhões.

As principais aplicações da Fabricação Aditiva estão ocorrendo nos seguintes setores:

■ **Fundição na fabricação de moldes.** A impressão 3D evita a utilização de ferramentas. As peças podem ser produzidas diretamente em uma impressora 3D em menor tempo, desde que as exigências dos materiais sejam atendidas.

■ **Fabricação aeroespacial.** A NASA testou com sucesso peças de motor de foguete impressas em 3D e componentes funcionais dos caças Tornado, utilizados pela Royal Air Force (RAF). Com a possibilidade de se utilizar

EM 2013, FORAM VENDIDAS MAIS DE 50 MIL IMPRESSORAS 3D, E ESPERA-SE QUE O NÚMERO DOBRE ATÉ 2015.

peças 3D na manutenção, está prevista economia de cerca de US\$2 milhões em quatro anos. Para a indústria aeroespacial e outras indústrias, a capacidade de fabricação de peças somente quando forem imprescindíveis evita os custos de armazenamento ou problemas de tempo de entrega, quando uma peça crítica falha.

A tecnologia permitiu imprimir quaisquer peças que astronautas venham a precisar. Já foi construída e testada uma impressora 3D que funcionaria em gravidade zero. Ela será enviada para a Estação Espacial Internacional (ISS) em missão futura.

■ **Fabricação automotiva.** A utilização da prototipagem rápida via impressão 3D para reduzir os custos. Há, por exemplo, um veículo, o Urbee 2, que já alcança mais de 50% do carro impresso em 3D. A empresa espera que daqui a três anos se veja o veículo em produção e, logo após, a expansão para a sua comercialização pelo país. Dependendo do número de carros produzidos anualmente, o preço de tabela estará entre US\$16 mil e US\$50 mil.

■ **Capacitação, oportunidade e aplicações ideais.** Por meio da utilização de impressoras 3D, vários empresários estão utilizando uma microprodução para criar produtos personalizados, em pequenos lotes, sem a dimensão de uma fábrica convencional. Mas para os fabricantes mais tradicionais, a impressão 3D economizaria milhões em custos de reequipamento. O estoque de peças de reposição seria reduzido ou eliminado. As falhas inesperadas de máquinas passam a deixar de resultar em atrasos enormes e entregas perdidas. A impressão 3D seria utilizada para a fabricação de uma peça de reposição em muito pouco tempo.

■ **Aplicações na medicina.** Há aplicação na execução de cirurgias em áreas de combate, sendo desnecessário manter os instrumentos esterilizados e em estoque no campo de batalha, o que tem sido um desafio. Instrumentos duráveis, estéreis e de plástico cirúrgico seriam impressos no local, com a Fabricação Aditiva. Como os produtos são projetados digitalmente, seriam personalizados de acordo com cada cirurgião no combate.

FUTURO

Existe muita discussão em torno do futuro da Fabricação Aditiva: os analistas concordam que os EUA continuarão a ser o maior mercado, com 40% das vendas globais. A Europa Ocidental e a China devem ser áreas de forte crescimento.

Construíram-se conjecturas sobre materiais e tamanho das peças, pois os materiais são o ponto-chave para o crescimento nesse campo. A maior parte das atividades inovadoras em impressão 3D utilizou plásticos, e passar dos plásticos para todos os tipos de metais está sendo o próximo passo.

Outro aspecto importante é a fabricação de peças maiores, o que exigiria impressoras maiores. Uma empresa norte-americana busca desenvolver uma nova máquina para imprimir peças de polímero até dez vezes maiores do que aquilo feito com as tecnologias atuais.

Citamos mais um aspecto importante, a customização. Como as impressoras estão se tornando cada vez mais baratas (a HP planeja lançar uma impressora 3D em meados de 2015), as pessoas serão capazes de fabricar os próprios produtos personalizados em sua garagem.

A impressão de armas é um dos aspectos mais divulgados em relação à impressão 3D. Em 2012 foi criada uma arma por impressão 3D, e os desenhos foram compartilhados no site do inventor. Eles receberam 100 mil downloads antes de o Departamento de Estado dos EUA removê-los. Um vídeo do disparo da arma ainda está disponível.

CONCLUSÃO

A dúvida é aonde a Fabricação Aditiva está indo e com que rapidez? Ainda não se tem ideia clara sobre o que ocorrerá com a adoção em massa da impressora 3D. Perguntas ficam no ar. O que isso significará para as empresas? Como a Fabricação Aditiva se enquadrará nos processos de produção? Qual seria a estratégia adequada para incorporar a Fabricação Aditiva aos processos de produção?

COMO AS
IMPRESSORAS ESTÃO
SE TORNANDO CADA
VEZ MAIS BARATAS,
AS PESSOAS SERÃO
CAPAZES DE
FABRICAR OS
PRÓPRIOS PRODUTOS
PERSONALIZADOS
EM SUA GARAGEM.

AS TÉCNICAS DE IMPRESSÃO 3D ESTÃO CHEGANDO A UM ESTÁGIO NO QUAL OS PRODUTOS E ESTRUTURAS DESEJADAS SERIAM FEITOS INDEPENDENTEMENTE DA COMPLEXIDADE DAS FORMAS - MESMO A BIOIMPRESSÃO DE TECIDOS ESTÁ AGORA NO CAMPO DAS POSSIBILIDADES.

Um dos problemas da tecnologia é que, até agora, costumava ser bastante lenta. A velocidade de impressão seria medida em milímetros por segundo, mas avanços tecnológicos permitiram passar para cinco metros em um segundo. O forte aumento da velocidade da produção de objetos possibilitou que objetos muito maiores sejam criados em determinado período de tempo.

NANOTECNOLOGIAS SE APROXIMANDO DA IMPRESSÃO 3D

A fabricação em três dimensões (3D) por meio da deposição direta de materiais funcionais tem sido assunto de intenso estudo na área de fabricação de macroescala há várias décadas. As técnicas de impressão 3D estão chegando a um estágio no qual os produtos e estruturas desejadas seriam feitos independentemente da complexidade das formas - mesmo a bioimpressão de tecidos está agora no campo das possibilidades.

Aplicando-se os conceitos de impressão 3D às nanotecnologias, trariam vantagens à nanofabricação - velocidade, menor desperdício, viabilidade econômica -, que se espera sejam repassadas às tecnologias de fabricação.

Além disso, micro - ou nanoestruturas pré-modeladas seriam utilizadas como substratos, permitindo a pesquisadores estabelecer uma flexibilidade sem precedentes de fabrico, funcionalidade e complexidade na produção em nanoescala. Com o método denominado de “litografia de 2 fotons” foi produzido um carro de corrida de Fórmula 1 de 285 nanômetros.

De início, as impressoras 3D foram usadas para a réplica de coisas naturais ou artificiais, como bioimplantes, brinquedos, estátuas e componentes estruturais metálicos. Com as novidades em técnicas de impressão 3D se tornou possível a impressão em micro e nanoescala de estruturas complexas que não são factíveis por meio de outras técnicas de manufatura.

CAPÍTULO 5

REGULAMENTAÇÃO DAS NANOTECNOLOGIAS

A regulamentação por meio do Estado é a principal forma que a sociedade criou, a partir da ampliação da democracia, para minimizar os riscos do desenvolvimento tecnológico e potencializar ao máximo a socialização dos benefícios decorrentes do avanço técnico-científico.

Ainda que várias discussões sejam feitas sobre os limites da democracia no sistema capitalista ou acerca do caráter de classe do Estado, na medida em que a democracia de massas se consolidava nos países foi possível permear o aparelho estatal com os interesses das classes subalternas, e estabelecer mecanismos de controle público e social em diversas áreas antes entregues exclusivamente à lógica do lucro capitalista, como a saúde ou a previdência.

No caso específico do desenvolvimento de uma nova tecnologia, a sociedade civil, a comunidade científica e as relações internacionais pactuaram mecanismos de regulamentação testados com sucesso em diversas inovações técnico-científicas. Em alguns casos há consenso geral sobre a regulamentação, como a energia nuclear, cuja regulamentação é amplamente aceita e disseminada. Em outros existem processos de disputa parecidos com os que se passam com as nanotecnologias, como os transgênicos, cuja regulamentação é avançada em algumas nações e quase inexistente em outras.

Dayane Cabral (baseado no original do ETC Group)



A regulamentação das aplicações nanotecnológicas é feita sem a participação da sociedade.

Com a hegemonia do neoliberalismo no mundo desde o final dos anos 1970 e início dos anos 1980, os mecanismos de regulamentação estatal, em todas as áreas, foram enfraquecidos e deslegitimados, para garantir maior lucratividade e acumulação de capital.

O problema é que o desenvolvimento das nanotecnologias coincide com o domínio neoliberal, o que possibilitou ao grande capital comandar o processo de pesquisa e desenvolvimento do novo campo técnico-científico.

A visão hegemônica que orienta o desenvolvimento e o financiamento das nanotecnologias não adotou, no Brasil e na maioria dos países, os princípios consolidados para a supervisão das nanotecnologias e nanomateriais, propostos por ampla cooperação de organizações de trabalhadores, ambientalistas, interesse público e sociedade civil (NANOACTION, 2012). A definição dos princípios foi motivada pela preocupação com os diferentes aspectos dos impactos éticos, sociais, ambientais e saúde humana, entre outros, decorrentes das nanotecnologias.

Apesar do grande volume de investimento em pesquisas sobre nanotecnologias feitas por governos/países e empresas, ainda muito pouco foi investido em estudos que avaliam os possíveis impactos e riscos das nanotecnologias. Para se ter ideia, em 2006, o investimento que o governo norte-americano fez no setor foi de US\$1 bilhão e 400 milhões, mas apenas 1% desse valor foi investido em pesquisas para avaliar riscos e impactos das nanotecnologias.

APESAR DO GRANDE VOLUME DE INVESTIMENTO EM PESQUISAS SOBRE NANOTECNOLOGIAS FEITAS POR GOVERNOS/PAÍSES E EMPRESAS, AINDA MUITO POUCO FOI INVESTIDO EM ESTUDOS QUE AVALIEM OS POSSÍVEIS IMPACTOS E RISCOS.

Tabela 7: Oito princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais

I - Princípio da precaução

II - Princípio sobre a Regulamentação Obrigatória Nanoespecífica

III - Princípio da proteção à saúde e segurança para o público e trabalhadores

IV - Princípio da sustentabilidade ambiental

V - Princípio da transparência

VI - Princípio da participação do público

VII - Princípio da inclusão de amplos impactos

VIII - Princípio da responsabilidade do produtor

O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO ESTABELECE QUE MEDIDAS DE PRECAUÇÃO (CUIDADO) DEVEM SER TOMADAS DIANTE DE ATIVIDADE QUE AMEAÇA A SAÚDE HUMANA OU O MEIO AMBIENTE.

Na União Europeia, observou-se em 2006 a mesma tendência: apenas 4% do total investido em pesquisa foi destinado a pesquisas que avaliassem impactos e riscos das nanotecnologias. No Brasil, os investimentos em pesquisas dessa natureza são ainda menores. Nos anos de 2000-2006, do total destinado à pesquisa, apenas 0,06% foi para estudos de impactos e questões éticas relacionadas às nanotecnologias (CENTRO ECOLÓGICO, 2009. pp. 15-16).

O cenário de 2006 pouco mudou significativamente em termos dos orçamentos do NNI/USA, EUROPEAN UNION e MCTI/BR. O significado concreto é que as fontes de informações sobre o orçamento para nanotecnologias dessas instituições não colocam mais que 5% para os estudos dos impactos das nanotecnologias (Environment, Law, Health – ELH). Idem para os econômicos, sociais e éticos. No caso brasileiro, ainda se encontra atualmente em um patamar anterior. Nos Estados Unidos e UE não se discute mais se deve ou não haver pesquisas/produção de conhecimentos nos campos acima referidos, pois existe o consenso de que devem existir pesquisas. O que se discute é qual deve ser o percentual do orçamento nacional de nanotecnologias dedicado a esses estudos. No Brasil ainda se discute, no âmbito de quem decide sobre onde colocar os recursos públicos em nanotecnologias, se deve ou não haver recursos para a produção de conhecimentos nesses campos. Aqui no Brasil os recursos alocados nos temas foram marginais, pois neste século não passaram de 1% dos recursos orçamentários destinados a nanotecnologias.

Mesmo diante das dúvidas sobre potenciais riscos, sem acordo entre empresas, pesquisadores e governo, os produtos e processos das nanotecnologias seguem sendo desenvolvidos e comercializados sem um sistema adequado capaz de garantir a segurança e saúde de trabalhadores, consumidores e meio ambiente. A seguir detalham-se os oito princípios contidos no quadro anterior.

PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

Estabelece que medidas de precaução (cuidado) devem ser tomadas diante de atividade que ameace a saúde humana ou o meio ambiente, mesmo quando a relação de causa-efeito ainda não está totalmente determinada.

Por esse princípio, é importante considerar as várias formas pelas quais as nanopartículas podem entrar num organismo e com ele interagir, sendo as principais vias a inalação, ingestão ou penetração pela pele.

Há que se considerar caso de acidentes, como explosões ou incêndios que aumentam os riscos de danos às pessoas e podem levar a óbito (FOLADORI, 2011). Os trabalhadores das empresas que utilizam nanomateriais, como aqueles que utilizam produtos que contêm nanopartículas (no caso de trabalhadores rurais que aplicam agrotóxicos), estão diretamente expostos às nanopartículas.

Por essa razão, tratar as mesmas como produtos inofensivos à saúde humana significa omissão grave, pois os trabalhadores e trabalhadoras e o meio ambiente estariam expostos a riscos à saúde ainda desconhecidos.

PRINCÍPIO SOBRE A REGULAMENTAÇÃO OBRIGATÓRIA NANOESPECÍFICA

Neste caso, importa garantir que as legislações nacionais e internacionais se adequem de forma imediata às mudanças geradas pelo desenvolvimento das nanotecnologias. Como as mudanças legais costumam levar algum tempo para serem efetivadas, seja porque dependem dos parlamentos ou dos acordos diplomáticos, a proposta é que no que tange aos aspectos de proteção dos seres humanos e da natureza dos impactos dos materiais nanotecnológicos, a legislação seja alterada automaticamente. O que se justifica ainda pelo fato de que os efeitos decorrentes das nanotecnologias são impossíveis, neste momento, de ser antecipados, o que prejudica a capacidade de a sociedade debater estratégias normativas para se proteger. Ademais, é fundamental que o princípio seja retroativo.

PRINCÍPIO DA PROTEÇÃO À SAÚDE E SEGURANÇA PARA O PÚBLICO E TRABALHADORES

Antes de autorizar a fabricação de um nanoproduto, é essencial serem feitas todas as avaliações de riscos para o trabalhador que entrará em contato com

TRATAR AS
NANOPARTÍCULAS
COMO PRODUTOS
INOFENSIVOS À
SAÚDE HUMANA
SIGNIFICA OMISSÃO
GRAVE, POIS OS
TRABALHADORES E
TRABALHADORAS
E O MEIO AMBIENTE
ESTARIAM EXPOSTOS
A RISCOS À
SAÚDE AINDA
DESCONHECIDOS.

DEVE-SE DE GARANTIR O DIREITO DE O CIDADÃO SER INFORMADO E O DIREITO DE ESCOLHER. AS LEIS DE PATENTE E PROPRIEDADE INTELECTUAL, COM AS CLÁUSULAS DE CONFIDENCIALIDADE, NÃO DEVEM SE SOBREPOR À TRANSPARÊNCIA.

a nanotecnologia e tomadas medidas eficientes para protegê-lo de possíveis riscos; e que o produto, uma vez pronto, não acarretará riscos ao consumidor, direta (nanocosméticos) ou indiretamente (nanoagrotóxicos).

PRINCÍPIO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Antes da produção e comercialização de um nanomaterial é preciso que todo o seu ciclo de vida – fabricação, transporte, armazenamento, uso do produto, descarte, reciclagem - esteja avaliado do ponto de vista do impacto ambiental. Apenas dessa forma as nanotecnologias não violarão as legislações nacionais e internacionais.

PRINCÍPIO DA TRANSPARÊNCIA

Visa garantir que a sociedade terá acesso à fiscalização de todo o ciclo de vida das nanotecnologias, e que os produtos sejam identificados e rotulados no momento em que estiverem disponíveis para o público. Trata-se de garantir o direito de o cidadão ser informado e o direito de escolher. As leis de patente e propriedade intelectual, com as cláusulas de confidencialidade, não se sobreporiam à transparência.

PRINCÍPIO DA PARTICIPAÇÃO DO PÚBLICO

Tendo em vista que os benefícios e custos de qualquer inovação tecnológica são disputados pelas diferentes classes sociais existentes, é fundamental que o princípio da participação pública seja respeitado. Apenas desse modo será possível ultrapassar as barreiras criadas pelas grandes corporações interessadas nos lucros, e com isso influir no destino dos recursos para pesquisa e usos das nanotecnologias.

PRINCÍPIO DA INCLUSÃO DE AMPLOS IMPACTOS

O desenvolvimento das nanotecnologias levanta dúvidas que vão além da proteção à saúde do trabalhador e do consumidor e ao meio ambiente. Trata-se de lidar com os impactos éticos e sociais, como o controle de ali-

mentos, genes, energia, água ou mesmo a destruição de milhões de empregos e economias nacionais inteiras. É de extrema importância que o financiamento das nanotecnologias inclua as pesquisas em ciências sociais que mediriam esses impactos, e é urgente garantir que os produtos com nanotecnologias não sejam liberados sem que a avaliação seja considerada satisfatória pela sociedade.

PRINCÍPIO DA RESPONSABILIDADE DO PRODUTOR

O objetivo deste princípio é evitar que todos os custos com a recuperação do meio ambiente ou com a saúde dos seres humanos afetados pelas nanotecnologias fiquem com o Estado ou com os indivíduos, como ocorre hoje com a indústria tabagista, que repassa para o consumidor os altos impostos cobrados, mantendo as margens de lucro. As empresas devem ser obrigadas a fixar fundos para ressarcir a sociedade dos prejuízos causados pelos produtos nanotecnológicos, no âmbito da produção e consumo.

AS EMPRESAS DEVEM SER OBRIGADAS A FIXAR FUNDOS PARA RESSARCIR A SOCIEDADE DOS PREJUÍZOS CAUSADOS PELOS PRODUTOS NANOTECNOLÓGICOS, NO ÂMBITO DA PRODUÇÃO E CONSUMO.

CAPÍTULO 6

VISÃO DOS TRABALHADORES

Em todos os processos de disputa política que atravessaram o desenvolvimento de novas tecnologias no capitalismo, os trabalhadores buscaram se organizar, defender interesses, lutar contra a socialização dos prejuízos, a privatização dos lucros e a favor dos benefícios da inovação técnico-científica.

Se frente aos avanços da primeira revolução industrial os trabalhadores concentraram a revolta contra as máquinas, no processo político e social da segunda revolução industrial, fordista, a classe trabalhadora logrou se organizar em sindicatos e partidos políticos, e com isso não apenas defender interesses mais imediatos, mas lutar por uma sociedade alternativa. Uma das decorrências da terceira revolução industrial foi diminuir drasticamente o tamanho de empresas e das concentrações operárias. Não obstante, mesmo na defensiva diante do avanço do neoliberalismo, os trabalhadores seguiram lutando pelos empregos, direitos e valores.

Não seria diferente no caso das nanotecnologias e dos potenciais impactos e riscos que a inovação traria à saúde, ao meio ambiente, e diante das questões éticas e alterações na organização do trabalho que decorreriam do desenvolvimento nanotecnológico.

Desde centrais sindicais até os sindicatos de base, passando por confederações intercontinentais ou federações nacionais, o movimento sindical elabora posicionamentos e demandas em relação ao tema nos últimos anos.

A seção apresenta um levantamento dos principais documentos sindicais formulados nacional e internacionalmente por algumas das principais confederações e centrais sindicais.

ENTIDADES SINDICAIS

PIONEIRISMO DA UITA

Há organizações sindicais como as principais protagonistas da luta dos trabalhadores em defesa da regulação e controle democrático e social sobre as nanotecnologias. No plano internacional destacam-se: União Internacional de Trabalhadores da Alimentação, Agrícolas, Hotéis, Restaurantes, Tabaco e Afins (UITA), Confederação Sindical dos Trabalhadores e Trabalhadoras da

DESDE CENTRAIS SINDICAIS ATÉ OS SINDICATOS DE BASE, PASSANDO POR CONFEDERAÇÕES INTERCONTINENTAIS OU FEDERAÇÕES NACIONAIS, O MOVIMENTO SINDICAL ELABORA POSICIONAMENTOS E DEMANDAS EM RELAÇÃO AO TEMA NOS ÚLTIMOS ANOS.

HÁ ORGANIZAÇÕES SINDICAIS COMO AS PRINCIPAIS PROTAGONISTAS DA LUTA DOS TRABALHADORES EM DEFESA DA REGULAÇÃO E CONTROLE DEMOCRÁTICO E SOCIAL SOBRE AS NANOTECNOLOGIAS.

América (CSA) e Confederação Sindical Internacional (CSI/ITUC). A UITA atua no tema desde 2006, quando sua Regional Latino-Americana organizou a 16ª Conferência Regional. Em 2007, no 25º Congresso, o debate das nanotecnologias foi colocado em pauta e a entidade se posicionou (FOLADORI, 2010. p. 3). A UITA afirma a necessidade de aplicação do princípio da precaução, reivindicando em instituições internacionais, como a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), a suspensão da permissão de patentes de produtos com nanopartículas até que países e movimentos sociais tenham avaliação sobre os impactos e riscos.

De organismos como a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização Internacional do Trabalho (OIT), a UITA reivindica estudos sobre impactos na saúde e no trabalho, e a atualização do Codex Alimentarius da FAO, que precisa abarcar o uso de nanotecnologias na alimentação e agricultura.

Quando o sindicalismo das Américas começou a intervir no debate das nanotecnologias a CSA ainda não havia sido criada. A entidade representativa do continente era a Organização Regional Interamericana de Trabalhadores (ORIT), e em 2007 engajou-se em um abaixo-assinado em que um grupo de organizações da sociedade civil, de interesse público, entidades sindicais e ambientais estabelece uma plataforma, denominada Princípios para a fiscalização das nanotecnologias e nanomateriais (CSA, 2008).

Desde então – e, a partir de 2008, como CSA – o movimento sindical das Américas defende os princípios contidos na plataforma, entre os quais o princípio da precaução; o da regulação governamental (e não voluntária) específica sobre os nanomateriais, pois a atual legislação não supre os novos desafios colocados pelas nanopartículas; fiscalização abrangente nos locais de trabalho; programas de prevenção de risco; e estudos de toxicidade, entre outras iniciativas, que visam garantir a saúde e segurança dos trabalhadores; avaliação do ciclo de vida dos nanomateriais, a fim de evitar contaminações ambientais; transparência nos processos de avaliação de riscos e fiscalização que pressupõem rotulagem e catalogação dos produtos das nanotecnologias e, por fim, a participação pública democrática em todas as dimensões do debate, incluindo participação ativa nas tomadas de decisão sobre pesquisas e usos das nanotecnologias.

A CSA, em 2012, decide em seu Congresso em Foz do Iguaçu, a respeito da seguridade social e a saúde do trabalhador, a resolução nº. 05: “Considerando o desenvolvimento e usos de novas tecnologias no trabalho, o Congresso recomenda à CSA e suas filiadas que iniciem uma ação sistemática de informação e formação sobre o impacto da nanotecnologia na saúde e na vida dos trabalhadores(as)”.

POSICIONAMENTO DO MOVIMENTO SINDICAL NO BRASIL

Em 2008, a Confederação Nacional dos/as Trabalhadores/as da Agricultura (Contag) e as Centrais Sindicais brasileiras filiadas à CSA – Central Única dos Trabalhadores (CUT), Força Sindical, União Geral dos Trabalhadores (UGT) – publicaram um material que reúne o posicionamento dessas entidades acerca dos impactos éticos, sociais e ambientais da introdução de nanotecnologias nos alimentos, produtos e processos produtivos; a nota técnica nº. 76 do DIEESE, intitulada Nanotecnologia: Conhecer para enfrentar os desafios; e a plataforma já mencionada de Princípios para a fiscalização das nanotecnologias e nanomateriais.

O posicionamento conjunto dessas entidades reflete as preocupações do movimento sindical sobre a disseminação das nanotecnologias, sem que se tenha a exata dimensão dos impactos na saúde de trabalhadores e trabalhadoras, consumidores e consumidoras e no meio ambiente. Outro problema priorizado por elas são os impactos nos empregos. As entidades sindicais alertam para o fato de estarmos possivelmente diante de uma nova Revolução Industrial, que fatalmente implicará mudanças na organização do trabalho, tendo reflexo sobre a qualificação dos trabalhadores, fechamento de postos de trabalho e reestruturação de setores econômicos. Por sua vez, afetariam severamente a economia dos países em desenvolvimento.

O PIONEIRISMO DOS QUÍMICOS

A primeira instituição sindical no Brasil a incorporar uma resolução sobre o tema foi a Confederação Nacional do Ramo Químico da CUT (CNQ/CUT), em seu V Congresso, que ocorreu em junho de 2007 (IIEP, 2008 p.11). No

AS ENTIDADES
SINDICAIS ALERTAM
PARA O FATO
DE ESTARMOS
POSSIVELMENTE
DIANTE DE UMA
NOVA REVOLUÇÃO
INDUSTRIAL, QUE
FATALMENTE
IMPLICARÁ
MUDANÇAS NA
ORGANIZAÇÃO DO
TRABALHO.

AS CENTRAIS
SINDICAIS DO BRASIL
ESTÃO ATRELANDO
A DISCUSSÃO DO
DESENVOLVIMENTO
NANOTECNOLÓGICO
AO DEBATE MAIS
GERAL SOBRE O
DESENVOLVIMENTO
NACIONAL QUE
TRAVAM NA ÚLTIMA
DÉCADA.

documento, a CNQ/CUT apresenta preocupação com impactos na saúde dos trabalhadores e no meio ambiente em razão da crescente incorporação das nanotecnologias à produção, exigindo regulamentação dos padrões de exposição, prevenção e intervenção nas nanopartículas, além de estudos toxicológicos e ecotoxicológicos sobre os efeitos na saúde das pessoas e no meio ambiente, como o desenvolvimento de instrumentos de medição e avaliação de riscos, entre outros.

A primeira negociação com o setor patronal sobre nanotecnologias ocorreu no setor farmacêutico, parte do ramo químico. O debate se iniciou a partir de 2009 com a criação de um Grupo de Trabalho (GT) formado pela bancada patronal (SINDUSFARMA - Sindicato da Indústria de Produtos Farmacêuticos no Estado de São Paulo) e pela bancada dos trabalhadores (FETQUIM e FEQUIMFAR) para estudar e apresentar propostas sobre diferentes temáticas entre elas “Segurança do Trabalho, Saúde e Ambiente de Trabalho”.

O tema Segurança do Trabalho, Saúde e Meio Ambiente, introduziu a discussão sobre nanotecnologias que, por meio de debates, oficinas e realizações de um seminário envolvendo o Instituto Química da Universidade de São Paulo (USP) e a FUNDACENTRO, possibilitou um acordo entre as bancadas de negociações para que uma “cláusula de recomendação” fosse incorporada à Convenção Coletiva. A redação da recomendação ficou da seguinte forma:

“O Sindicato Patronal, a Fetquim e os Sindicatos dos Trabalhadores promoverão iniciativas conjuntas para informação dos representados sobre novas tecnologias, entre elas a nanotecnologia, inclusive sobre os possíveis riscos à saúde dos trabalhadores e as medidas de proteção.”

Em 2012, por um “Termo Aditivo à Convenção Coletiva de Trabalho de 2011”, foi incorporada uma cláusula nova “Nanotecnologia” com a seguinte redação:

“A empresa garantirá que os membros da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA e do Serviço Especializado em Engenharia, Segurança e Medicina do Trabalho – SESMT sejam informados quando da utilização de nanotecnologia no processo industrial. A CIPA, o SESMT e os trabalhadores terão ainda acesso a informações sobre riscos existentes à sua saúde e as medidas de proteção a adotar”.

Ainda, em 2015, o tema da nanotecnologia vem sendo debatido pela FE-TQUIM e os sindicatos filiados, com os 12 sindicatos patronais que se organizam em torno da CEAG 10 (Comissão de Estudos e Assessoria do Grupo 10 – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) para que esta cláusula também possa ser incluída na Convenção Coletiva de Trabalho para atingir setores que não estão incluídos na convenção coletiva do Setor Farmacêutico, tais como os setores: Petroquímico, Químicos para Fins Industriais, Cosméticos, Tintas e Vernizes, Resinas Sintéticas, Defensivos Agrícolas, Explosivos, Materiais Plásticos, entre outros setores representados pelos sindicatos patronais.

AS NANOTECNOLOGIAS E O MODELO DE DESENVOLVIMENTO

As nanotecnologias estão ligadas ao debate mais geral sobre a concepção de desenvolvimento das inovações tecnológicas que, por sua vez, está ligada ao modelo de desenvolvimento econômico e social do país.

As Centrais Sindicais do Brasil estão atrelando a discussão do desenvolvimento nanotecnológico ao debate mais geral sobre o desenvolvimento nacional que travam na última década.

Em abril de 2007, as Centrais CAT, CGT, CGTB, CUT, Força Sindical, NCST e SDS fazem a Jornada pelo Desenvolvimento com Distribuição de Renda e Valorização do Trabalho, ação com o objetivo de mobilizar os trabalhadores e influenciar os rumos do desenvolvimento do Brasil, que gerou um documento intitulado “Agenda dos Trabalhadores pelo Desenvolvimento”, com diretrizes, políticas e ações voltadas à promoção de mudanças capazes de propiciar desenvolvimento ao Brasil. O documento está organizado em torno de quatro temas: desigualdade e concentração de renda; desemprego e mercado de trabalho; capacidade de o Estado promover o desenvolvimento; democracia e participação social.

O desenvolvimento defendido por essas entidades é compreendido como processo no qual cabe aos atores sociais escolherem o caminho para ser alcançado o bem-estar comum, sendo sustentável do ponto de vista am-

A INTRODUÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS, SE NÃO ACOMPANHADA DE MEDIDAS QUE REQUALIFIQUEM OS TRABALHADORES, REPRODUZIRIA OU PIORARIA AS SITUAÇÕES DE DESIGUALDADE TÃO PRESENTES NO MERCADO DE TRABALHO BRASILEIRO.

biental e respeitando a diversidade social, política e cultural. Em relação às relações de trabalho, o desenvolvimento deve ter como fundamento a promoção do trabalho decente, o que inclui a negociação coletiva.

Começando pelo tema das Relações de Trabalho: as Centrais afirmam que o Brasil necessita de um modelo de desenvolvimento que gere mais e melhores empregos. A introdução de novas tecnologias, se não acompanhada de medidas que requalifiquem os trabalhadores, gerem novas oportunidades de emprego, repassem os ganhos de produtividades aos trabalhadores, entre outros aspectos, reproduziria ou pioraria as situações de desigualdade tão presentes no mercado de trabalho brasileiro.

Mobilizações dos trabalhadores e negociações coletivas devem então incluir cláusulas sobre o direito à informação acerca das novas tecnologias e suas aplicações no ambiente de trabalho, proteção ambiental e saúde dos trabalhadores, indicando a responsabilidade das empresas na prevenção sobre impactos das nanotecnologias nos trabalhadores, além de promover processos de requalificações. É urgente incluir nos acordos coletivos a responsabilização dos empregadores pelas consequências à saúde do trabalhador e ao meio ambiente devido à introdução de nanopartículas e de processos nanoestruturantes, dada a inexistência de estudos sobre os impactos e legislação regulatória.

O debate sobre o Papel do Estado é central para o movimento sindical. O programa do governo federal de nanociência e nanotecnologias assenta expectativas em dados quantitativos, medidos pelo crescimento do número de produtos científicos e tecnológicos em nanotecnologias. E se orienta pela ampliação do depósito de patentes envolvendo nanotecnologias, crescimento do número de empresas nacionais que incorporaram produtos ou processos nanotecnológicos e evolução das exportações de materiais e produtos com nanotecnologias. O sindicalismo quer que o governo, antes de liberar os recursos públicos para as nanotecnologias, defina parâmetros sociais e de desenvolvimento para as suas aplicações. Estão previstos recursos públicos destinados a identificar se existem elementos nanoestruturados nos produtos brasileiros destinados à exportação.

Contudo, não se preveem recursos para pesquisas sobre impactos das nanotecnologias na saúde dos trabalhadores brasileiros e ao meio ambiente. Poucos testes toxicológicos são feitos no Brasil capazes de avaliar alterações em escala nanométrica e que provocariam consequências negativas causadas pelos nanoproductos.

OS PRÓXIMOS PASSOS

Nesse sentido, pode-se dizer que os próximos passos da ação sindical em relação às nanotecnologias apontam para reforçar o papel fundamental do princípio da precaução na abordagem dos riscos éticos, sociais e ambientais advindos do uso das nanotecnologias e dos nanomateriais manufaturados em todo seu ciclo de vida; o desenvolvimento de elementos regulatórios mínimos que orientem a gestão segura das nanotecnologias e dos nanomateriais manufaturados, com participação dos trabalhadores e sindicatos, das empresas, das universidades e das organizações da sociedade civil que pesquisam e atuam em relação às nanotecnologias; a vinculação do financiamento público e privado para pesquisas em nanotecnologias à observação de cuidados com relação ao manuseio e descarte de produtos nanoestruturados, visando à proteção da saúde e segurança dos pesquisadores, trabalhadores e do meio ambiente; a produção e difusão de informações sobre os riscos éticos, sociais e ambientais advindos do uso das nanotecnologias, visando o debate com o público não especialista e o engajamento público em relação ao tema.

Por fim, a introdução das nanotecnologias em processos produtivos ocorre principalmente nos países centrais do capitalismo, em que estão sediadas as matrizes das corporações transnacionais. Nos países da periferia, como o Brasil, as nanotecnologias, muitas vezes, estariam sendo incorporadas aos processos produtivos das filiais das corporações aqui instaladas, em uma relação que escapa totalmente ao controle público - da sociedade ou dos órgãos do Estado. Diante de um quadro em que as corporações transnacionais atingem tamanho superior à economia de diversos países do mundo, o sindicalismo exige do Estado brasileiro que garanta o controle sobre a regulamentação e os impactos em processos e produtos envolvendo nanotecnologias.

O QUE ESTE GUIA
PROCUROU MOSTRAR
É QUE A VISÃO
OTIMISTA SOBRE AS
NANOTECNOLOGIAS
OMITE AS DISPUTAS
DOS DIFERENTES
INTERESSES SOCIAIS
ENTRE AS DEMANDAS
DAS CLASSES
DOMINANTES *VERSUS*
REIVINDICAÇÕES DAS
CLASSES DOMINADAS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. 2010. Panorama Nanotecnologia. [Documento]. Brasília: s.n., 2010. Vol. XIX. Disponível em: http://nano.iiep.org.br/sites/default/files/Panorama_nano.pdf. Acessado em 03/02/2015.
- Andrade, P. B. M. Fulereo, C₆₀. A molécula em forma de bola. Disponível em: http://qnint.sbg.org.br/qni/popup_visualizarMolecula.php?id=BzU7DmVzpLiK1-TISFVd7IWBtCTW374oiSA36hBY1d_JNUhLXdRar0XAZRmSf41QedUKTvcgMUT74COyMLoT-VQ. Acessado em 05/03/2015.
- Arcuri, Arline e Grossi, Maria Gricia. 2011. A nanotecnologias no Brasil. [Apresentação power point]. São Paulo: s.n., 2011. Disponível no www.nano.iiep.org.br.
- Arcuri, A. S. A. 2012. O avanço tecnológico da nanotecnologia e suas consequências. 3º ENCONTRO ESTADUAL DE CIPA E SESMT DO SETOR QUÍMICO/CEAG 10. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/nanotecnologia/seminarios-realizados-2012>. Acessado em 05/03/2015.
- Assis, Odílio B. G. 2011. Nanotecnologia na agricultura e na pecuária: o programa da Embrapa. [Apresentação power point]. Porto Alegre: s.n., 2011. Apresentação no VIII Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente - VIII Semináriosoma. Disponível no www.nano.iiep.org.br.
- Baibich, Mario N. 2010. Nanotecnologia no Brasil. [Apresentação power point]. São Paulo: s.n., 7 de junho de 2010. Apresentado durante o Simpósio Materiais Automotivos e Nanotecnologia, promovido pela SAE Brasil.
- Braga, Ruy; Martins, Paulo R, 2007. Promessas e dilemas da revolução invisível. In: Sociologia, Ano I, número 5. São Paulo, Editora Scala. p.14-23.
- Cabral, F. & Lago, A. 2008. Eiji Iijima e os nanotubos de carbono. Harbra News. 18/06/2008, disponível em: <http://www.harbra.com.br/HARBRAnews/vernews.php?id=65>. Acessado em 05/03/2015.
- Carta Capital. 2012. *Reportagem Especial sobre Indústria e Inovação* — Conteúdo de The Economist. Publicada em 25 de abril de 2012.
- Centro Ecológico. 2009. Novas Tecnologias. *Nanotecnologia: a manipulação do invisível*. [Documento]. 2009. Disponível no www.nano.iiep.org.br.
- Comitê Executivo da ETUC. 2010. *2ª Resolução da Confederação Europeia dos Sindicatos sobre Nanotecnologia e Nanomateriais*. Bruxelas: Confederação Europeia dos Sindicatos, 2010. Disponível no www.nano.iiep.org.br.
- _____. 2008. *Resolução da Confederação Europeia de Sindicatos sobre Nanotecnologia e Nanomateriais*. Bruxelas: Confederação Europeia dos Sindicatos - ETUC, 2008. Disponível no www.nano.iiep.org.br.
- CSA... (et al.) 2008. Princípios para a Fiscalização de Nanotecnologias e Nanomateriais. *Posicionamento sindical diante dos impactos éticos, sociais e ambientais da introdução de nanotecnologias nos alimentos, produtos e processos produtivos*. São Paulo: s.n., novembro de 2008. Disponível também em www.nano.iiep.org.br.
- DIEESE. 2008. Nanotecnologia: conhecer para enfrentar os desafios. [A. do livro] IIEP. *Posicionamento sindical diante dos impactos éticos, sociais e ambientais da introdução das nanotecnologias nos alimentos, produtos e processos produtivos*. São Paulo: s.n., 2008. Disponível no www.nano.iiep.org.br.
- Drexler, Eric; Peterson, Chris; Pergamit, Gayle, 1991. *Unbounding the future: the nanotechnology revolution*. Palo Alto, 1991, tradução nossa. Disponível em: http://www.foresight.org/UTF/Unbound_LBW/foreword.html. Acesso em: 17 out. 2005.
- Dulley, Richard. 2009. As nanotecnologias e a agricultura. 2009. Correspondência com o autor.
- ETC Group. 2005. Manual de bolso das tecnologias em nanoescala... e a teoria do “Little Bang”. [trad.] Flávio Borghetti e Maria José. Rev. Tec. Guazelli. [Documento]. Junho de 2005. Disponível no www.nano.iiep.org.br.
- _____. 2010. Que pasa con la nanotecnología? Dezembro de 2010. Disponível no www.nano.iiep.org.br.

- _____. 2004. *Tecnologia Atômica: a nova frente das multinacionais*. São Paulo: Expressão Popular, 2004.
- EU – European Union, 2013, Nanotechnology: the invisible giant tackling Europe's future challenges. Disponível em: http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/nanotechnology_en.pdf. Acesso em 10/02/2015.
- FETQUIM. 2009. Nanotecnologia. *Ousadia, Transparência e Combate*. São Paulo: s.n., 2009, pp. 24-25. Disponível no www.nano.iiep.org.br.
- Firjan - Federação das Indústrias do Rio de Janeiro. 2011. Nanotecnologia e a competitividade na indústria brasileira. 27 de janeiro de 2011. Disponível em <http://www.firjan.org.br/data/pages/2C908CE9215B0DC40121793A0FCE1E51.htm>.
- Foladori, Guillermo e Invernizzi, Noela. 2011. *Implicaciones de las nanotecnologías para los trabajadores y consumidores en América Latina y Caribe*. Zacatecas, Curitiba: ReLANS, 2011. No prelo.
- _____. 2010. *Os trabalhadores da alimentação e da agricultura questionam as nanotecnologias*. 2ª edição, São Paulo: IIEP, 2010.
- Gupta, R.. 2010 History of Nanotechnology, Infojug. Disponível em: <http://www.infojug.com/science-articles/history-of-nanotechnology.html>. Acessado em 05/03/2015.
- Helmut Kaiser Consultancy. Nano Markets - Report: Summary about the state of Nanotechnology Industry Worldwide 2006-2015. Disponível em <http://www.hkc22.com/nanomarkets.html>. Acessado em 06/03/2015.
- IIEP. 2008. Posicionamento Sindical. *Posicionamento sindical diante dos impactos éticos, sociais e ambientais da introdução das nanotecnologias nos alimentos, produtos e processos produtivos*. São Paulo: s.n., 2008. Disponível no www.nano.iiep.org.br.
- IIEP, ETC Group. 2010. Nanotecnologia e os trabalhadores. São Paulo: s.n., 2010. Disponível no www.nano.iiep.org.br.
- Inovação Tecnológica, 2014. Pesquisador fala sobre ciclo (círculo?) virtuoso da impressão 3D. 12/03/2014. Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=ciclo-virtuoso-impressa3d&cid=010175140312>. Acessado em 05/03/2015.
- International Center for Technology Assessment. 2010. [ed.] International Center for Technology Assessment. *Nano Exposed: a citizen's guide to nanotechnology*. Washington DC: dez. de 2010.
- Invernizzi, Noela e Foladori, Guillermo. 2006. As nanotecnologias como solução da pobreza? *Inclusão Social*. Abril/Setembro de 2006, Vol. I. n.2, pp. 66-72. Disponível no www.iiep.org.br.
- _____. 2009. Implicaciones de las nanotecnologías para el empleo. 2009. Disponível no www.nano.iiep.org.br.
- Jardim, Fernando Rogério, 2009. O macrocosmo social da nanociência: estudo sobre as pesquisas em nanotecnologia da Embrapa e da Unicamp. Dissertação (Mestrado em Sociologia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8132/tde-09122009-162117/>. Acesso em: 2015-03-05.
- Joffily, Bernardo, 1993. Esquema das três revoluções industriais do capitalismo. Revista de Fato – CUT. Ano 01, nº 02. p. 22.
- Kurzweil, Ray, 2003. The future of intelligent technology and its impact on disabilities. *JVIB*, Nova York, v. 97, n. 10, out. 2003. Disponível em: <http://www.afb.org/JVIB/jvib971012.asp>. Acesso em 05 de março de 2015.
- Lenz e Silva, Guilherme F. 2008. Nanotecnologia: avaliação e análise dos possíveis impactos à saúde ocupacional e segurança do trabalhador no manuseio, síntese e incorporação de nanomateriais em compósitos refratários de matriz cerâmica. Belo Horizonte: UFMG, 2008.
- Martins, Paulo R. 2006. Engajamento público em ciência: o caso da nanotecnologia. Recife: s.n., abril de 2006. Trabalho apresentado no Fórum Social Brasileiro.
- Martins, Paulo R. 2006a. Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente. Segundo Seminário Internacional 2005. Disponível em: http://www.ghente.org/publicacoes/nanotecnologia_sociedade_meio_ambiente_II.pdf
- Martins, Paulo Roberto e Braga, Ruy. Nanotecnologia: promessas e dilemas da revolução invisível. Disponível no www.nano.iiep.org.br.
- Martins, Paulo Roberto et al. Actividades relacionadas con las nanotecnologías en Brasil. Disponível no www.nano.iiep.org.br.
- Miller, Georgea e Senjen, Rye. 2010. Nanotecnologias na alimentação e na agricultura. [ed.] IIEP - Intercâmbio, Informações, Estudos e Pesquisas. [trad.]. [Documento]. 2010. Disponível em

Miller, Georgia e Senjen, Rye. 2008. Del laboratorio a la cadena alimenticia: la nanotecnología en los alimentos y la agricultura. [A. do livro] Guillermo Folladori e Noela Invernizzi. *Nanotecnologías en la alimentación y agricultura*. Montevideo: Universidad de la República, 2008, pp. 24-79.

Moura, S. R. Da Nanotecnologia à Eletrônica Molecular. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABF8AAA/nanotecnologia-a-eletronica-molecular>. Acessado em 05/03/2015.

NanoAction 2012. Princípios para a Supervisão de Nanotecnologias e Nanomateriais. Disponível em: http://www.rel-uita.org/nanotecnologia/Principios_Supervision_NANOTECNOLOGIAS-por.pdf

NSF – National Science Foundation, 2000. Nanotechnology definition. Disponível em: http://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/omb_nifty50.jsp. Acessado em 05/03/2015.

NNI – The National Nanotechnology Initiative, 2014. Supplement to the President's 2015 Budget, National Science and Technology Council. Disponível em: http://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/nni_fy15_budget_supplement.pdf. Acessado em 04/02/2015.

Opara, Linus U, 2004. *Emerging technological innovation triad for smart agriculture in the 21st century*. Parte I. Prospects and impacts of nanotechnology in agriculture. Oman, 2004. Disponível em: <http://cigrejournal.tamu.edu/submissions/volume6/Invited%20Overview%20Opara%20final%2017August2004.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2005.

Paschoalino, P. Matheus, Marcone, P. S. Glauciene e Jardim, F. Wilson. 2010. Os nanomateriais e a questão ambiental. *Química Nova*. 21 de janeiro de 2010, Vol. 33, 2, pp. 421-430.

PEN - Project on Emerging Nanotechnologies, 2009. Inventory of nanotechnology-based consumer products. Disponível em: http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/analysis_draft/ Acessado em 06/03/2015.

Pentz, F. Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia. Unicamp. Disponível em: http://www.prp.unicamp.br/files/Apresentao_IBN.pdf. Acessado em 05/03/2015.

PUC – RIO. Nanotecnologia, introdução. Disponível em: http://nanotech.ica.ele.puc-rio.br/nano_introducao.asp. Acessado em 05/03/2015.

Ramos, E. (organização) 2009. Convergência tecnológica num mundo desigual: meio ambiente, saúde, trabalho e sociedade. CADERNO BÓLL. Disponível em: http://nano.iiep.org.br/sites/default/files/Caderno_BOLL.pdf. Acessado em 05/03/2015.

Santos, C. A. 2009. Feynman, o profeta da nanotecnologia. *Ciência Hoje*. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/colunas-do-laboratorio-para-a-fabrica/feynman-o-profeta-da-nanotecnologia>. Acessado em 05/03/2015.

Tusset, A. M. & Balthazar, J. M. 2010. Microscopia de Força Atômica: controle de uma microviga modelada matematicamente com comportamento não linear e sob a ação de amortecimento hidrodinâmico. *Proceedings of the 9th Brazilian Conference on Dynamics Control and their Applications*. Disponível em: <http://sbmac.locaweb.com.br/dincon/trabalhos/PDF/micro/68702.pdf>. Acessado em 05/03/2015.

Valor. 2011. Especial: Inovação Nanoinvestimentos. 12 de dezembro de 2011. Disponível no www.nano.iiep.org.br.

Wikipédia, 2013. K. Eric Drexler. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/K._Eric_Drexler. Acessado em 05/03/2015.

Wikipédia, 2014. Microscópio de corrente de tunelamento. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Microscópio_de_corrente_de_tunelamento. Acessado em 05/03/2015.

Zyvex technologies, 2014. The First Molecular Nanotechnology Company. Disponível em: <http://www.zyvextech.com/about/>. Acessado em 05/03/2015.

TERMOS ESCOLHIDOS DO PEQUENO GLOSSÁRIO DE NANOTECNOLOGIA

O presente trabalho tem por finalidade apresentar e explicar termos frequentemente utilizados em nanotecnologia. Destina-se a esclarecer, de forma simplificada, conceitos, termos e siglas comumente utilizados em nanotecnologia e que não são familiares ao leitor leigo. As definições são fruto de uma pesquisa preliminar em diversos sites da internet, por isso podem, em alguns casos, não ser cientificamente exatas ou completas. (Fonte: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006. Disponível em: http://www.mct.gov.br/lupd_blob/0019/19537.pdf)

AEROGEL Espécie de espuma, cujo principal componente é o silício. A condutividade térmica dos aerogéis é extremamente baixa, resultando em excelentes propriedades isolantes. São os materiais de menor densidade conhecida. [1]

BUCKYBALL Tipo de fulereno. Estrutura de carbono, de forma esférica. Ver Fulereno.

CIRURGIA CELULAR Modificação das estruturas celulares utilizando nanomáquinas médicas. [4]

CIRURGIA MOLECULAR, REPARO MOLECULAR Análise e correção física de estruturas moleculares do corpo utilizando nanomáquinas médicas. [4]

CNT Acrônimo de Carbon Nano Tubes (nanotubos de carbono) Ver Nanotubos de carbono.

DENDRÍMERO Moléculas sintéticas poliméricas tridimensionais formadas pelo processo de fabricação em nanoescala. Os dendrímeros são construídos a partir de monômeros, adicionando-se novos ramos, passo a passo, até criar uma estrutura em forma de árvore. [6]

DIRECIONAMENTO DE DROGAS, DRUG DELIVERY Utilização de componentes físicos, químicos ou biológicos para a liberação controlada de concentrações de um agente terapêutico.

ELETRÔNICA MOLECULAR Qualquer sistema que contenha dispositivos eletrônicos precisos de dimensões nanométricas, especialmente se construído de partes moleculares mais discretas que os materiais encontrados, hoje em dia, em dispositivos semicondutores. [4]

FÍSICA QUÂNTICA Ramo da física que se baseia na teoria quântica. As leis clássicas da física geralmente não se aplicam à escala de interesse da nanotecnologia. Assim, os fenômenos que ocorrem na escala atômica devem ser descritos de acordo com a física quântica. Por exemplo, em escala nanométrica, os corpos podem seguir trajetórias distintas do que seria previsto pela teoria clássica, pois se comportariam como onda ou partícula. Isso decorre do fato de que a energia somente seria emitida ou absorvida pela matéria em unidades discretas, denominadas quanta (quantum, no singular). Ver Constante de Planck. [8]

FULERENOS Forma molecular de carbono descoberta em 1985. A mais comum é o buckminsterfulereno (C60), com 60 átomos de carbono formando uma estrutura esférica. Existem fulerenos maiores, com 70 a 500 átomos de carbono. [2] [1]

GRAFENO Estrutura planar formada por átomos de carbono, com ligações sp^2 . É uma forma alotrópica do carbono (difere do diamante pelo tipo de ligação, e da grafita por ser planar). É o equivalente, em duas dimensões, da grafita tridimensional. Os nanotubos de carbono são folhas de grafeno “enroladas”. Ver fulerenos.

GRAFITE Uma das formas cristalinas do carbono. Ao contrário do diamante, a grafita é um condutor, e seria usado, por exemplo, como eletrodo de uma lâmpada elétrica de arco voltaico. A condutividade e outras características físicas da grafita, como plano de clivagem e características lubrificantes, devem-se ao arranjo dos átomos no material, formando estruturas em forma de folhas (ver grafeno), atraídas por ligações fracas (van der Waals). Nas “folhas”, os átomos estão organizados como hexágonos, à semelhança de favos em uma colmeia, na qual cada átomo de carbono ocupa um vértice. Como nessa estrutura cada carbono se liga a outros três átomos, “sobra” uma ligação para cada átomo. Esses elétrons formam uma grande ligação “deslocalizada” entre os átomos de carbono, semelhante à ligação metálica. A condutividade se dá ao longo da folha, de forma que no sólido há variação da condutividade, dependendo da direção em que for medida (mais alta ao longo das folhas e menor perpendicularmente a estas). O acoplamento frouxo entre as folhas da grafita contribui para outra propriedade industrial importante: o pó é usado como lubrificante sólido. [5]

GREY GOO “Gosma cinzenta”, massa cinzenta. Termo cunhado por Eric Drexler, em 1986. Refere-se a um cenário de ficção científica em que nanorrobôs autorreplicantes sairiam do controle, começariam a se “reproduzir” e consumiriam toda a matéria orgânica, acabando com a vida na Terra.

LAB-ON-A-CHIP, LABORATÓRIO EM UM CHIP Sistemas de análise miniaturizados, que fazem com que um chip funcione como laboratório químico. Permitem, por exemplo, a realização de diagnósticos médicos in situ e monitoramento ambiental. [1]

LIGAS COM MEMÓRIA DE FORMA Classe especial de ligas metálicas que conseguem se “lembrar” da forma original e retornar à mesma após serem deformadas. Essa capacidade é conhecida como efeito de memória de forma. A primeira liga com memória de forma descoberta, e a mais utilizada, chama-se Nitinol. [2]

LIPOSSOMA Um tipo de nanopartícula constituída de lipídios à semelhança de uma célula oca. Bastante utilizado no tratamento de doenças infecciosas e câncer. Foi o primeiro tipo de nanopartícula utilizado para desenvolver agentes terapêuticos com novas características. [9]

MATERIAIS INTELIGENTES Materiais e produtos com comportamentos complexos devido à incorporação de nanodispositivos. Termo usado também para produtos que têm a capacidade de responder a alterações ambientais. Por exemplo, uma parede que muda de cor em função da temperatura.

MATERIAIS NANOPOROSOS Materiais contendo aberturas nanométricas, usados em filtros sensores e redes de difração. Por exemplo, no sequenciamento de DNA, os materiais nanoporosos possuem aberturas minúsculas que permitem a passagem de fitas individuais de DNA. [1]

MEV Acrônimo de Microscópio Eletrônico de Varredura. Ver Microscópio Eletrônico de Varredura.

MICROSCÓPIO DE FORÇA ATÔMICA Aparelho no qual se mede a deflexão de uma ponta que se move próxima à superfície do material. O resultado é uma imagem da superfície com resolução atômica. [4]

MICROSCÓPIO DE TUNELAMENTO Instrumento que permite a visualização de superfícies com resolução da ordem de grandeza dos átomos, por meio da medição da variação da corrente de tunelamento entre a ponta do microscópio e a amostra, em função da posição (x,y) da ponta, o que pode ser interpretado como a imagem da superfície. [4]

MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE TRANSMISSÃO Microscópio que utiliza um feixe de elétrons de alta intensidade e permite examinar objetos com grande resolução. O feixe de elétrons atravessa a amostra e a imagem é projetada em uma tela fluorescente, onde se forma uma imagem, devido ao desvio dos elétrons pela estrutura. [8]

MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA O microscópio eletrônico de varredura é um microscópio que funciona com base em um feixe fino de elétrons de alta energia incidente na superfície de um material condutor ou recoberto com filme condutor. A interação produz a reflexão (espalhamento) de parte do feixe ou a emissão de elétrons secundários; em ambos os casos, os elétrons, coletados por um detector, geram a imagem. [8]

NANOBIOTECNOLOGIA A nanobiotecnologia estuda as propriedades de nanoestruturas biológicas em escala molecular. O estudo envolve a compreensão da física e da química dos fenômenos biológicos e eventuais aplicações, manipulação e criação de dispositivos bio-nano-estruturais.

NANOCARACTERIZAÇÃO Estudo das propriedades químicas e físicas de materiais em escala nanométrica ou atômica. [1]

NANOCOMPÓSITO Nanomaterial composto de um ou mais materiais com características diferentes, com o objetivo de aproveitar as melhores propriedades de cada um deles. Nos nanocompósitos, a carga (silicatos, metais, nanotubos de carbono etc – de dimensões nanométricas) funciona como reforço mecânico da matriz, que é normalmente um polímero.

NANOCRISTAL Partícula nanométrica, composta de algumas centenas ou dezenas de átomos, dispostos ordenadamente, de acordo com uma estrutura cristalina. Como o arranjo cristalino termina na superfície do cristal, os átomos da superfície possuem menos vizinhos do que aqueles do interior do cristal. O formato do nanocristal deve ser aquele que minimiza a energia livre, ou “tensão superficial”. Isso explica por que os nanocristais são estruturas compactas cuja forma se aproxima à de uma esfera, tanto quanto permitido pela ordem cristalina e o número total de átomos do nanocristal. Devido à elevada superfície de exposição, os nanocristais podem ser quimicamente muito reativos e instáveis. Por exemplo, nanopartículas (nanocristais) de prata são muito eficazes contra micróbios. Os nanocristais podem ser usados como blocos estruturais para materiais nanoestruturados (enfoque “bottom up”). [6]

NANOELETRÔNICA Aplicações nanotecnológicas na área da eletrônica. Essas aplicações são particularmente promissoras nos campos de memórias para armazenamento de informações, miniaturização de componentes eletrônicos, nanocomputadores, sensores etc.

NANOESCALA Escala dimensional de ordem nanométrica. [10]

NANOLITOGRAFIA Litografia em escala nanométrica. Ver litografia.

NANOMANIPULAÇÃO Manipulação em escala atômica ou molecular, visando produzir estruturas para fins específicos.

NANOMETROLOGIA Nanometrologia é a ciência das medições em escala nanométrica. É particularmente importante para a produção de nanomateriais e, principalmente, nanodispositivos com grau de precisão elevado, permitindo a implementação confiável das técnicas de nanotecnologia. [10]

NANORROBÔS Máquinas com dimensões nanométricas.

NANOTUBO DE CARBONO Estruturas cilíndricas formadas por átomos de carbono. Possui alta resistência a tensão mecânica, seis vezes mais resistentes e cem vezes mais leve do que o aço, que podem ser usados como aditivos em compostos para melhorar suas características.

NANOVIDRO Vidro poroso; SiO₂ poroso. A porosidade criada no material permite reduzir sua constante dielétrica, k. [7]

NEMS Acrônimo de Nano-electromechanical Systems. Termo genérico que se refere a dispositivos de dimensões nanométricas. Ver MEMS. [1]

POEIRA INTELIGENTE São dispositivos minúsculos dotados de comunicação sem fio, que servem para medir, por exemplo, luz e temperatura (entre outras coisas), para aplicações em monitoramento ambiental, saúde, segurança etc. A “poeira” pode ser dispersa no ambiente, criando uma rede de informações úteis para controle de clima etc. [2]

PONTO QUÂNTICO Pontos quânticos são estruturas cristalinas nanométricas com capacidade de modificar a luz. Considera-se que o ponto quântico possui maior flexibilidade que outros materiais fluorescentes, tornando-o adequado a aplicações computacionais, onde a luz é utilizada para processar informações. Os pontos quânticos são também chamados de transistor de um só elétron (single electron transistor) e bit quântico (quantum bit). Pode ser definido como partícula de matéria tão pequena que a adição de um único elétron produz alterações significativas em suas propriedades. O termo “quântico” serve para recordar que o comportamento do elétron em tais estruturas deve ser descrito em termos da teoria quântica. Os átomos são exemplos de pontos quânticos. Algumas estruturas compostas de poucas centenas de átomos também se comportam como pontos quânticos (seleneto de cádmio, nanocristais de arsenieto de gálio, clusters). [6]

STM Acrônimo de Scanning Tunneling Microscope (microscópio de tunelamento). Ver Microscópio de Tunelamento.

TEXTRÔNICA Termo formado a partir de “têxtil” e “eletrônica”. Refere-se a novos tecidos criados a partir da reengenharia nanoeletrônica (“tecidos inteligentes”), com propriedades como mudar de cor ou reagir ao frio ou calor.

TOP DOWN Consiste na fabricação de pequenos componentes a partir da utilização de objetos maiores como ferramentas, laser etc. Antônimo de Bottom Up. [2]

REFERÊNCIAS

1. <http://www.discovernano.northwestern.edu/whatis/Glossary>
2. <http://www.nanotech-now.com>
3. <http://www.science.org.au/nova/089/089glo.htm>
4. http://www.foresight.org/UTF/Unbound_LBW/Glossary.html
5. <http://en.wikipedia.org>
6. <http://nanoatlas.ifs.hr/index.html>
7. <http://semiconductorglossary.com>
8. <http://www.semiconductor-technology.com/glossary>
9. http://nano.cancer.gov/resource_center/nanotech_glossary.asp
10. <http://nanotecnologia-news.blogspot.com/2005/10/piccolo-glossario-nanotecnologia.html>

GLOSSÁRIO POLÍTICO

CLASSE SOCIAL Grupo de indivíduos com o mesmo papel no sistema produtivo. No capitalismo, Marx identifica a classe dos capitalistas, proprietários dos bens de produção e a classe dos trabalhadores, que possuem apenas a força de trabalho.

CAPITAL Riqueza utilizada, em diversas formas, com o objetivo de gerar lucro a seus detentores.

CAPITALISMO Sistema econômico em que trabalhadores vendem sua força de trabalho em troca de salário a capitalistas, proprietários dos meios de produção que contratam os trabalhadores para produzir mercadorias (bens dirigidos para o mercado) visando lucro.

CONSUMIDOR Indivíduo que compra mercadorias (bens e serviços).

ECONOMIA Sistema de produção de riquezas a partir de trabalho e insumos e circulação dessa riqueza entre os membros de uma sociedade,

FORDISMO Sistema de produção em massa em linha de montagem, com produtividade do trabalhador estimulada por boa remuneração, jornadas de trabalho não muito longas, trabalho especializado, com tempo determinado para operações e tarefas.

LUCRO Ganho obtido pelo patrão devido ao trabalho não remunerado do trabalhador.

LUTA DE CLASSES Choques antagônicos entre classes sociais que têm interesses conflitantes.

MONOPÓLIO Estrutura de mercado em que uma única empresa ou grupo de empresas sob controle único dominam a oferta de um determinado produto ou serviço.

MERCADORIA Bem ou serviço que é produzido para ser vendido e não para o uso imediato do produtor.

MEIO AMBIENTE Local onde a vida dos organismos se desenvolve.

REVOLUÇÃO INDUSTRIAL Transformação dos processos de produção social em que os meios de produção são alterados assim como a natureza do trabalho e das relações entre patrões e empregados

SINDICATO Associação de trabalhadores para lutar por reivindicações e interesses comuns,

TÉCNICA Conjunto de processos mecânicos e intelectuais pelos quais os homens atuam na produção. Seu desenvolvimento constitui um índice de domínio do homem sobre a natureza e se manifesta por meio do aperfeiçoamento dos instrumentos, dos objetos de trabalho e do próprio trabalhador: ferramentas, máquinas, matérias-primas, métodos de observação, controle e processos de interação entre o homem e o objeto de seu trabalho, manual ou intelectual. O nível de desenvolvimento técnico de uma sociedade determina seu grau de aproveitamento dos recursos naturais, a complexidade da divisão técnica do trabalho e a produtividade da mão-de-obra.

TECNOLOGIA Ciência ou teoria da técnica. Abrange o conjunto de conhecimentos aplicados pelo homem para atingir determinados fins. As inovações tecnológicas determinam, quase sempre, uma elevação nos índices de produção e um aumento da produtividade do trabalho. Embora o uso de conhecimentos tecnológicos na produção pressuponha uma adequação da mão-de-obra nela empregada (escolaridade, treinamento, experiência), não há uma relação direta entre as técnicas utilizadas pela sociedade e o conhecimento global dela por parte da força de trabalho.

REFERÊNCIAS

1. SANDRONI, Paulo. *Novíssimo Dicionário de Economia*. São Paulo: Ed. Best Seller, 1999.
2. <https://introducaoaeconomia.files.wordpress.com/2010/03/dicionario-de-economia-sandroni.pdf>
3. <https://introducaoaeconomia.files.wordpress.com/2010/03/dicionario-de-economia-sandroni.pdf>, consultado em 31/3/2015
4. <http://midiacidada.org/o-que-e-mercadoria-para-marx/>
5. <http://www.sohistoria.com.br/resumos/revolucaoindustrial.php>”<http://www.sohistoria.com.br/resumos/revolucaoindustrial.php>
6. <http://www.significados.com.br/meio-ambiente/>

Anexo 1: Financiamento iniciativa nacional em nanotecnologia nos EUA, por agência (em US\$ milhões) - 2013-2015

Agência	2013	2014	2015
	Real	Estimado	Proposto
CPSC - Consumer Product Safety Commission – (Comissão para Segurança de produtos ao consumidor)	1,3	2,0	2,0
DHS - Department of Homeland Security (Departamento de segurança interna)	14,0	24,0	32,4
DOC/NIST - Department of Commerce/ National Institute of Standards and Technology (Departamento do Comércio - Instituto Nacional de Padronização e Tecnologia)	91,4	97,8	82,6
DOD - Department of Defense (Departamento de Defesa)	170,1	175,9	144,0
DOE - Department of Energy (Departamento de Energia)	314,2	303,3	343,1
DOT/FHWA - Department of Transportation / Federal Highway Administration (Departamento de Transporte/Administração de Rodovias Federais)	2,4	2,0	1,5
EPA - Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental)	14,6	15,5	16,8
DHHS (total) - Department of Health and Human Services (Departamento de Saúde e Serviços Humanos)	485,4	469,5	469,6
FDA - Food and Drug Administration (Administração de alimentos e drogas)	16,1	17,0	17,0
NIH - National Institute of Health (Instituto Nacional de Saúde)	458,8	441,5	441,5
NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health (Instituto nacional de Segurança e Saúde Ocupacional)	10,5	11,0	11,1
NASA - National Aeronautics and Space Administration (Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço)	16,4	17,9	13,7
NSF - National Science Foundation (Fundação nacional de Ciência)	421,0	410,6	412,4
USDA (total) - United States Department of Agriculture (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos)	19,5	19,1	18,8
ARS - Agricultural Research Service (Serviço de pesquisa em Agricultura)	2,0	2,0	2,0
FS - Forest Service (Serviço Florestal)	5,0	4,0	4,0
NIFA - National Institute of Food and Agriculture (Instituto Nacional de Alimento e Agricultura)	12,5	13,1	12,8
TOTAL ***	1550,2	1537,5	1536,9

Fonte: NNI, 2014

Anexo 2: Financiamento da nanociência e nanotecnologia entre 2007 e 2011 (em € milhões)

Programa /Temas	Nº projetos	Financiamento
ERC - European Research Council (Conselho europeu de investigação)	296	514,5
Health (Saúde)	18	74,0
Energy (Energia)	19	55,0
Environment (Meio Ambiente)	3	10,5
Food, Agriculture & Fisheries, & Biotechnology (Alimentação, Agricultura e Pescas,e biotecnologia)	13	39,5
NMP - Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and new Production Technologies (Nanociências, Nanotecnologias, Materiais e novas tecnologias de Produção)	238	896,0
Joint programmes (programas juntos)	32	112,0
ICT -Information and Communication Technology (Tecnologia da Informação e Comunicação)	102	316,0
Security (Segurança)	4	10,2
Aeronautics (Aeronáutica)	5	44,0
SPACE (ESPAÇO)	9	24,3
Sustainable Surface Transport (Transporte de Superfície Sustentáveis)	3	7,0
SME - Small and medium sized enterprises (Pequenas e medias empresas)	35	41,6
Science in Society (Ciência na Sociedade)	14	15,0
EraNets	4	10,5
Infrastructure (Infraestrutura)	16	60,0
Marie Curie Actions (Ações Marie Curie)	560	295,0
Regions (Regiões)	19	28,7
International Cooperation (Cooperação Internacional)	10	6,3
TOTAL	1400	2560,0

Fonte: EU, 2013.