

OS IMPACTOS DAS NANOTECNOLOGIAS NA CADEIA DE PRODUÇÃO DA SOJA¹

Soraia de Fátima Ramos²
Paulo Roberto Martins³
Richard Domingues Dulley⁴
Elizabeth Alves e Nogueira⁵
Roberto de Assumpção⁶
Sebastião Nogueira Junior⁷
André Luiz de Souza Lacerda⁸
Marisa Zeferino Barbosa⁹

1 - INTRODUÇÃO

Na atualidade, o valor que a nanociência assume para a sociedade mundial refere-se, em grande parte, a seu potencial de caráter revolucionário, ligado a transformações profundas na vida existente no planeta. No emergente mercado de produtos nanotecnológicos, multinacionais oferecem resultados em inúmeras áreas: medicina, farmacêutica, cosmética, têxtil, automobilística ou agrícola.

A aproximação cada vez mais estreita entre ciência e técnica reporta a imagem de que,

possivelmente, está por vir uma radical transformação no âmbito da agricultura. Os indícios levam a crer em uma otimização da produção no campo e nas indústrias correlatas, a montante e a jusante.

Este trabalho é parte das reflexões da pesquisa “Os impactos das nanotecnologias na cadeia de produção da soja”, desenvolvido no Instituto de Economia Agrícola (IEA) no período de 2007 a 2009. Investigaram-se as nanotecnologias e suas implicações futuras às atividades agrícolas no País. Neste artigo, apresentam-se as conclusões parciais em relação aos conhecimentos e experiências que os principais agentes da cadeia de produção da soja têm a respeito das nanotecnologias. O objetivo é apresentar o resumo das entrevistas sobre os possíveis impactos socioeconômicos e ambientais (positivos e negativos) com a adoção das nanotecnologias na cadeia de produção da soja.

Inicia-se com o marco teórico da investigação, analisando-se as nanotecnologias sob a perspectiva histórica, ou seja, como o momento atual se apresenta no interior das sucessões de sistemas técnicos se dão ao longo da história. Entende-se aqui que as nanotecnologias constituem-se no atual e mais sofisticado estágio de evolução das técnicas desenvolvidas pelos seres humanos em sua busca constante pela dominação da natureza. Expõem-se algumas definições para as nanotecnologias, distinguindo as prováveis mudanças revolucionárias das incrementais na agricultura.

Em seguida, há a metodologia com a justificativa para a escolha da soja como objeto de estudo e a abrangência geográfica da pesquisa. Descrevem-se os critérios para a seleção dos entrevistados e são indicados os procedimentos para a análise dos dados.

¹Este artigo é parte das conclusões de trabalho publicado (MARTINS et al., 2009), que contou com apoio financeiro do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), por meio do Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural (NEAD), do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA). Registrado no CCTC, IE-32/2010.

²Geógrafa, Mestre, Pesquisadora Científica do Instituto de Economia Agrícola (e-mail: soraia@iea.sp.gov.br).

³Sociólogo, Doutor, Pesquisador da Rede de Pesquisas Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (RENANOSOMA) (e-mail: marpaulol@uol.com.br).

⁴Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador Científico aposentado do Instituto de Economia Agrícola (e-mail: rddulley@uol.com.br).

⁵Engenheira Agrônoma, Doutora, Pesquisadora Científica do Instituto de Economia Agrícola (e-mail: enogueira@iea.sp.gov.br).

⁶Engenheiro Agrônomo, Mestre, Pesquisador Científico do Instituto de Economia Agrícola (e-mail: rassumpção@iea.sp.gov.br).

⁷Engenheiro Agrônomo, Mestre, Pesquisador Científico do Instituto de Economia Agrícola (e-mail: senior@iea.sp.gov.br).

⁸Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente da Prefeitura de Valinhos (e-mail: alslacerda@valinhos.sp.gov.br).

⁹Economista, Pesquisadora Científica do Instituto de Economia Agrícola (e-mail: mzbarbosa@iea.sp.gov.br).

Optou-se por apresentar os resultados das entrevistas em sua totalidade, e reservar para publicações posteriores as conclusões sobre os conhecimentos e opiniões para cada um dos segmentos. Conclui-se que, em geral, não há utilização de produtos e processos nanotecnológicos na cadeia de produção de soja no Brasil. Entretanto, a maioria dos entrevistados mostrou-se receptivo a adoção de nanotecnologias, destacando os aspectos positivos dessa inovação.

Ao final deste artigo, há algumas conclusões e recomendações pertinentes para a construção de políticas públicas referentes à difusão das nanotecnologias na agricultura brasileira e em especial na cadeia da soja.

2 - REFERENCIAL TEÓRICO

Cada nova técnica não apenas conduz a uma nova percepção do tempo. Ela também obriga a um novo uso do tempo, a uma obediência cada vez mais estrita do relógio e a um rigor de comportamento adaptado ao novo ritmo (SANTOS, 1996).

2.1 - Os Sistemas Técnicos e a Agricultura

A história da civilização é o resultado das transformações que se dão ao longo do tempo nas relações entre os homens e a natureza, mediadas pelas técnicas. No dizer de Ellul (1968), o “fenômeno técnico” modela o mundo em que vivemos. Considerar a técnica nesse sentido amplo foi o que também fez Santos (1996), demarcando uma periodização para a compreensão da história humana sob a perspectiva do uso do território.

De acordo com Santos (1996), inicialmente havia somente um meio natural, ou pré-técnico, no qual prevaleciam as determinações da natureza sobre as formas de vida. Com a mecanização do território, surgiu o meio técnico propriamente dito, o qual perdurou por muito tempo e trouxe grandes transformações à sociedade. No presente, esse meio técnico recebe novos conteúdos e passa a ser um meio técnico-científico-informacional, em razão da crescente influência que a ciência, atrelada à técnica e à informação, passa a ter na vida humana.

Ellul (1968) já afirmava na década de 1950 que o destino da humanidade está correlacionado com a evolução do fenômeno técnico. Segundo o autor, a particularidade das técnicas

no mundo contemporâneo é assumir a totalidade das atividades humanas:

[...] quando a técnica penetra em todos os domínios e no próprio homem, que se torna para ela um objeto, a técnica deixa de ser ela mesma objeto para o homem, torna-se sua própria substância: não é mais colocada em face do homem, mas nele se integra e o absorve progressivamente (ELLUL, 1968, p. 5).

As técnicas passam a oferecer cada vez mais a possibilidade de aumentar a racionalidade e a eficácia aplicadas às atividades econômicas. Para Ellul (1968), essa maior tecnicidade faz com que a humanidade deixe de ser o agente das escolhas, pois se tornam objeto da técnica, que tende a uniformizar e a criar novos valores.

Em consonância com o exposto, compreende-se a história da agricultura a partir do exame das transformações das técnicas a elas subjacentes e que lhe dão sentido em cada período histórico. Dos primeiros métodos de semear a terra, a partir da introdução de objetos técnicos simples, até o desenvolvimento da agricultura de precisão em décadas recentes, houve uma constante modernização das práticas no campo, alterando o modo de vida da civilização. As modificações ganharam tal magnitude que surpreende a imagem de um possível retorno à fase anterior à primeira revolução agrícola.

Se o homem deixasse incultos todos os ecossistemas cultivados do planeta, este voltaria depressa a um estado de natureza próximo daquele em que ele se encontrava há dez mil anos. As plantas cultivadas e os animais domésticos seriam submersos por uma vegetação e por uma fauna selvagens infinitamente mais poderosas do que hoje; os nove décimos da população humana pereceriam, pois, neste jardim do Éden, a depredação simples (caça, pesca e a colheita) não permitiria certamente alimentar mais de meio bilhão de homens (MAZOYER; ROUDART, 1997-1998, p. 11).

O enorme crescimento da população mundial e a conseqüente transformação no conteúdo das relações sociais e na forma de ocupação dos territórios, por exemplo, está alicerçado no que pode ser considerado como um dos maiores impactos decorrentes das atividades de grupos humanos sobre o espaço geográfico: a revolução agrícola iniciada dez mil anos atrás (DIAMOND, 2005). A busca por superar as adversidades do meio geográfico colaborou para o aumento da complexidade da vida.

Já nos últimos cem anos, mais do que

em qualquer outra época, a humanidade desenvolveu um arsenal de técnicas capazes de intensificar a produção agrícola e, por conseguinte, oferecer a possibilidade de produzir alimentos para um maior número de pessoas. E, para o futuro, descortina-se a emergência de uma possível nova revolução agrícola em decorrência das aplicações das nanotecnologias, que poderão trazer mudanças tanto de ordem incremental como de cunho revolucionário.

A competitividade inerente à esfera econômica constitui-se em um dos estímulos à propagação do uso das nanotecnologias. Isso deverá resultar no aumento das densidades técnico-científicas e informacionais dos espaços agrícolas. As nanotecnologias poderão estar nas distintas etapas do processo produtivo: produção no campo, processamento, beneficiamento, embalagem e transporte dos produtos.

2.2 - As Nanotecnologias e a Agricultura

2.2.1 - Nanotecnologias: breve definição

As nanotecnologias podem ser apresentadas em duas formas. Na primeira, a tecnologia caracteriza-se por dois aspectos: 1) o prefixo “nano”, que é indicador de medida: 1 nano significa a bilionésima parte de um metro, ou seja, 10^{-9} metros. Nesse caso, refere-se somente à escala, e não a objetos; 2) refere-se a uma série de técnicas utilizadas para manipular a matéria na escala de átomos e moléculas que, para serem enxergadas, requerem microscópios especiais. Um único fio de cabelo humano tem em média a dimensão de 80 mil nanômetros (nm) de espessura. A molécula de DNA tem tamanho aproximado de 2,5 nm de largura, enquanto um glóbulo vermelho tem 5 mil nm de diâmetro. A segunda forma consiste em considerar a nanociência como o estudo dos princípios fundamentais de moléculas e estruturas com uma dimensão entre 1 e 100 nm (nanômetros). A nanotecnologia seria a aplicação destas moléculas em nanoestruturas.

As partículas nano, embora sendo do mesmo elemento químico, comportam-se de forma distinta em relação às partículas maiores, em termos de cores, propriedades termodinâmicas ou condutividade elétrica. O tamanho da partícula é de suma importância em relação aos efeitos que podem produzir. Muda a natureza das interações

das forças entre as moléculas do material e, assim, os impactos que estes processos ou produtos nanotecnológicos podem causar ao meio ambiente e à saúde humana.

Duas são as técnicas para se criarem nanoestruturas, com variados níveis de qualidade, velocidade e custos. Elas são conhecidas como *bottom up* (de baixo para cima) e *top down* (de cima para baixo).

A técnica *bottom up* proporciona a construção de estruturas átomo por átomo ou molécula por molécula, mediante três alternativas:

- 1) síntese química (*chemical synthesis*) - produção de matérias-primas, nas quais são utilizadas moléculas ou partículas nano;
- 2) auto-organização (*self assembly*) - átomos ou moléculas organizam-se de forma autônoma por meio de interações físicas ou químicas - nanoestruturas ordenadas;
- 3) organização determinada (*positional assembly*) - átomos e moléculas são deliberadamente manipulados e colocados em determinada ordem.

Já a técnica *top down* tem por objetivo reproduzir algo, porém em menor escala que o original e com maior capacidade de processamento de informações, como em um *chip*. Isso é feito mediante dois caminhos: engenharia de precisão ou litografia. A indústria de semicondutores já vem realizando-as nos últimos 30 anos.

A ideia de que a matéria é composta por átomos foi formulada há 2.400 anos, época em que o filósofo Demócrito defendia esta tese. Mas somente no final da década de 1950 é que Feynman (1960) afirmou que “os princípios da física não falam contra a possibilidade de se manipular as coisas átomo por átomo”. Apontou, também, para o que seria a principal barreira para a manipulação na escala nanométrica: a impossibilidade de vê-la.

Em 1982, a IBM patenteou o microscópio de varredura de tunelamento eletrônico (*scanning tunneling microscope* - STM), que permite a visualização de imagens em tamanho nano. Depois surgiu o microscópio de microscopias eletrônicas de varredura (*scanning probe microscope* - SPM), que permite visualizar e manipular átomos e moléculas.

O termo nanotecnologia foi utilizado primeiramente pelo professor Norio Taneguchi, da Universidade de Ciência de Tóquio. Ele usou este termo para descrever a fabricação precisa

de novos materiais com tolerâncias nanométricas. Nos anos 1980, nano adquiriu nova conotação devido à publicação de livro de Drexler (1986) e, em 1992, com sua tese de doutorado, a nanotecnologia ganhou novo impulso na comunidade científica.

De acordo com o grupo canadense Erosion, Technology Concentration (ETC):

As nanotecnologias referem-se à manipulação da matéria em escala de nanômetros (um bilionésimo de metro). A ciência em nanoescala opera no campo de um único átomo e moléculas. Na atualidade, as nanotecnologias comerciais envolvem materiais científicos, ou seja, materiais que são produzidos por pesquisadores aptos e que são mais resistentes e duráveis, utilizando a vantagem que resulta da alteração que ocorre nas suas propriedades quando as substâncias são reduzidas à dimensão de nanoescala. No futuro quando a autorreplicação molecular, em nível de nanoescala, se tornar uma realidade comercial, as nanotecnologias caminharão para a manufatura convencional. Enquanto as nanotecnologias oferecem oportunidades para a sociedade, elas também podem trazer profundos riscos sociais e ambientais não apenas por ser uma tecnologia capacitadora de tecnologias para a indústria biotécnica, mas também porque ela envolve a manipulação atômica que poderá tornar possível a fusão do mundo biológico com o mecânico. Há uma necessidade urgente para se avaliar as implicações sociais de todas as nanotecnologias [...]. (ETC GROUP, 2004, p. 38)

2.2.2 - Agricultura e nanotecnologia: incremental e revolucionária

No século XXI os fundamentos tecnológicos da maior parte das atividades agrícolas brasileiras dependem dos denominados insumos modernos. Esse sistema de produção baseia-se no uso de agroquímicos, motomecanização, irrigação, hormônios de crescimento, antibióticos, entre outros. Desse modelo decorreram os impactos ambientais negativos quando de seu uso abusivo e/ou incorreto. Essa base tecnológica foi gerada e implantada com subsídios financeiros do Estado a partir da segunda metade do século XX, e promoveu significativos aumentos da produtividade e produção agrícolas no País.

O florescimento das aplicações das

nanotecnologias nas atividades agrícolas trará também possíveis impactos ambientais. Nesse sentido, é importante distinguir as duas possibilidades de mudanças intrínsecas às nanotecnologias: incremental e/ou revolucionária. A primeira corresponde ao aumento da eficiência ao modelo hegemônico da agricultura existente. Já as mudanças de cunho revolucionário poderão romper com o atual paradigma de subordinação aos ciclos da natureza, por meio do avanço da manufatura molecular.

A título de prospecção, o quadro 1 expressa as possibilidades de aplicações incrementais das nanotecnologias: na produção no campo e nas outras etapas da cadeia de produção (a montante e a jusante).

As inovações incrementais poderão introduzir uma sintonia fina nos procedimentos próprios da agricultura de precisão. As nanotecnologias, em conjunto com a biotecnologia, informática e microeletrônica, resultarão na convergência dessas tecnologias com o chamado advento da “agricultura inteligente” (OPARA, 2004). Este tema, que pode ser considerado prematuro pelos produtores rurais brasileiros, terá forte influência na definição dos caminhos da produção agrícola. Toda a base tecnológica da agricultura científica predominante poderá tornar-se obsoleta inesperadamente.

As nanotecnologias viabilizarão o rápido aprofundamento da industrialização dos processos de produção agrícola. Antes, a velocidade da industrialização da agricultura estava tecnicamente muito limitada. A concretização da industrialização quase total da agricultura resultará, então, da convergência dos mais recentes avanços no campo da biotecnologia e nanotecnologia molecular, informática e microeletrônica (DREXLER; PETERSEN; PERGAMIT, 1991).

A natureza da nanotecnologia molecular no presente e o estado das artes disponível permitem inferir que esta poderá ter a capacidade de, em conjunto com outras tecnologias, alterar drasticamente as históricas características da agricultura. A milenar incerteza dos resultados e riscos, que forçosamente se enfrentam nos atuais processos de produção agrícola no contexto de um ambiente natural, praticamente deixaria de existir e/ou seria minimizada ao se utilizarem as novas tecnologias.

Opara (2004) sugere que a adoção dessas inovações provocará impactos tecnológi-

QUADRO 1 - Possíveis Aplicações Incrementais das Nanotecnologias na Cadeia de Produção Agrícola

A montante da cadeia	Na produção agrícola	A jusante da cadeia
	Solos (nanossensores)	
Matrizes de animais (nanobiotecnologia)	Controle da produção (nanossensores)	Processamento de produtos colhidos (nanossensores)
Sementes (nanobiotecnologia)	GPS (nanossensores)	Beneficiamento (nanossensores)
Fertilizantes (nanocápsulas)	Trabalho humano (nanossensores)	Conservação e armazenamento (nanossensores)
Calcário (nanocápsulas)	Processo de colheita (nanossensores)	Embalagens brutas (nanossensores e embalagens inteligentes)
Fungicidas (nanocápsulas)	Administração (nanossensores)	Embalagens no varejo (nanossensores e embalagens inteligentes)
Inseticidas (nanocápsulas)	Rastreabilidade (nanossensores e embalagens inteligentes)	Produção e produtos
Herbicidas (nanocápsulas)	Irrigação (nanossensores)	Comercialização/código de barras (nanossensores e embalagens inteligentes)
Hormônios de crescimento (nanocápsulas)		Logística
Produtos veterinários (nanocápsulas e tecnologia <i>delivery</i> de medicamentos)		Utilização de restos de culturas (processos nanobiotecnológicos)
Rações (nanocápsulas)		
Máquinas e implementos agrícolas (utilização de nanotubos: redução do peso das máquinas e equipamentos agrícolas)		
Motores agrícolas (utilização de nanotubos: redução do peso das máquinas e equipamentos agrícolas)		

Fonte: Dados da pesquisa.

cos e socioeconômicos intensos e que o potencial da miniaturização e nanoeletromecanização na agricultura serão grandes. Essa tríade de tecnologias convergentes poderá, também, solucionar os problemas do sistema convencional de produção em relação aos impactos ambientais.

Um caso bastante concreto e impressionante de aplicação na agricultura é a formulação de insumos em nanoescala, que implica seu encapsulamento, ou seja, envolver o ingrediente ativo em nanoescala com uma espécie de minúsculo “envelope” ou “concha”. Inclui-se nessa tecnologia a possibilidade de se controlarem as condições nas quais o princípio ativo deve ser liberado diretamente nas plantas.

Segundo as indústrias, as vantagens da microencapsulação de pesticidas são evidentes, pois permitem:

- que tamanho reduzido das partículas otimize sua eficácia;
- que cápsulas sejam programadas para liberar seu princípio ativo em certas condições;

- maior o tempo de atividade do princípio ativo;
- redução de danos às culturas;
- menor a perda de pesticidas por evaporação;
- menor o efeito danoso sobre as demais espécies;
- redução do impacto ambiental;
- maior facilidade no manuseio de pesticidas de elevada concentração;
- evita o entupimento dos bicos aspersores;
- menor quantidade no uso dos produtos;
- maior tempo da atividade química;
- redução substancial do contato dos trabalhadores com o agroquímico;
- redução da poluição do ar, solo e águas.

Miller e Senjen (2008) alertam que as nanotecnologias poderiam destruir o conhecimento sobre a produção agrícola moderna com suas aplicações, pois:

- vigilância nanoautomatizada e sistemas de gerência poderiam reduzir ou eliminar postos de trabalho;
- transformaria em *commodities* patenteadas o

conhecimento sobre a produção agrícola moderna, ameaçando a soberania alimentar;

- concentraria o controle da produção agrícola e de alimentos;
- apressaria os atuais padrões de patenteamento da vida, tornando poucas companhias donas de todo o conhecimento;
- traria aspectos negativos como toxicidade, pois as nanopartículas:
 - são rapidamente inaladas, ingeridas e algumas podem atravessar a pele;
 - têm acesso a tecidos e células a que as partículas em escala macro não têm;
 - podem atravessar barreiras de sangue no cérebro;
 - incluídas em alimentos, já podem estar causando danos à saúde;
 - podem prejudicar os sistemas de defesa imunológico humano e animal.

Os impactos das nanotecnologias na alimentação e agricultura devem ser considerados cuidadosamente, pois, em 2008, embora não existisse nenhuma regulação sobre o assunto em diversos países, já se encontravam nanoprodutos no mercado.

O impacto mais radical das nanotecnologias passará pela manufatura molecular de alimentos e fibras. Segundo Chris Phoenix, do Centro para a Nanotecnologia Responsável dos Estados Unidos, já existiam em 2006 máquinas em escala molecular produzidas em laboratório (MARTINS, 2008). O propósito é fabricar máquinas que sejam sistemas de manufatura que, praticamente, possam fazer qualquer coisa com um desempenho muito melhor do que o das máquinas hoje.

Em relação aos riscos das nanotecnologias e à manufatura molecular, o texto *Por que o futuro não precisa de nós*, de Bill Joy (2000), afirma que a manufatura molecular é a fonte da *grey goo* ou geléia/gosma cinza, que aponta para o fim da existência da vida neste planeta. Este texto provocou divergências e debates, uma vez que alguns cientistas concordaram com esta tese. O argumento do autor para tal vaticínio está fundado na possibilidade de as nanomáquinas se autorreplicarem fora do controle humano. Essa reprodução em acentuada velocidade viria a suprimir toda forma de vida no planeta Terra em questão de dias. Apesar de polêmico, o Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos aprovou projetos de pesquisa neste campo, reconhecendo as possibilidades da manufatura molecular.

3 - METODOLOGIA

A sistematização dos dados sobre as nanotecnologias na cadeia de produção da soja se fez, primeiramente, com a revisão de literatura e o estado da arte das nanotecnologias na agricultura. No segundo momento, a análise se baseou nas entrevistas de campo relacionadas à cadeia de produção da soja.

A soja representa uma das culturas agrícolas que mais adotaram inovações tecnológicas desde o início do processo de modernização da agricultura brasileira, sob os princípios da revolução verde. Seguindo essa lógica, esta cultura não deverá ficar alheia às aplicações já existentes, ou futuras, das tecnologias em nanoescala.

É inegável a importância da soja no contexto da transformação do complexo rural em complexo agroindustrial, já que a oleaginosa é um dos produtos que melhor representam o estreitamento das relações indústria-agricultura, bem como agricultura-indústria. Os derivados da soja atendem desde a alimentação até a indústria farmacêutica e siderúrgica. A exemplo de outras atividades, a cadeia de produção da soja a montante é composta pelos recursos naturais, tecnologia - pesquisa e extensão - e por todo tipo de insumos agrícolas - adubos, agrotóxicos, sementes, etc. -, necessários para a obtenção da matéria-prima. A jusante, o segmento industrial é constituído por dois setores: o de processamento ou esmagamento e o de refino do óleo.

A expansão da sojicultura no Brasil apresenta duas fases, tendo inicialmente por localização o Sul/Sudeste, a partir da década de 1980 o centro-norte, incorporando o Centro-Oeste e o cerrado nordestino. Os Estados do Paraná e do Rio Grande do Sul lideravam a produção nacional, quando o Mato Grosso despontou como maior produtor, a partir do final da década de 1990. Além do esgotamento das primeiras áreas de expansão em virtude da maior diversidade agrícola, o desenvolvimento de técnicas agrônomicas permitiu uma eficiente adaptação da cultura ao cerrado, com sementes adaptadas e correção do solo.

Em 2007, a soja matogrossense representava 26% da produção brasileira que, somada à de Goiás e do Mato Grosso do Sul, perfaziam 44% do total no Brasil. O Paraná vinha em segundo lugar, com 20%, ao passo que Rio Grande do Sul ocupava a terceira colo-

cação, com 17% da soja produzida no País. Apesar do crescimento na produção de soja na região Centro-Oeste, a capacidade instalada de processamento de oleaginosas ainda se concentra na região Sul. O Paraná e Rio Grande do Sul detiveram em 2008 40% do parque moageiro. Em termos de produção de soja, esses Estados representam 33% do total. Por sua vez, o Centro-Oeste, que responde por 48% da soja brasileira, detém 35% da capacidade instalada de processamento.

O Brasil exporta a soja nos diversos estágios de transformação. A contribuição do complexo - grão, farelo e óleo - para a geração de divisas constitui aspecto importante, por representar cerca de 30% da pauta do agronegócio e quase 10% das exportações brasileiras totais em 2008 (BRASIL, 2008).

A figura 1 indica os elos da cadeia de produção da soja, os quais constituem a base das entrevistas realizadas neste trabalho.

Inicialmente, foram arrolados os principais representantes dos diferentes segmentos ligados à sojicultura. A filtragem ocorreu separando-se os Estados da Federação relevantes à produção de soja, o qual abarcou São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Maranhão. Definiu-se amostra intencional, que procurou abranger todos os segmentos dessa cadeia - produtores, pesquisadores, sindicatos, associações e indústrias. Os contatos para as entrevistas foram realizados por telefone e e-mails. Foram selecionadas pessoas que ocupavam postos de comando em seus trabalhos.

A partir de um roteiro de entrevista, que incluiu informações sobre o cenário das nanotecnologias na agricultura, foram realizados cerca de 90 encontros pessoais predominantemente registrados em gravador. A pesquisa foi de natureza qualitativa e utilizou a metodologia de pesquisa não estruturada e exploratória baseada em pequenas amostras, que proporcionam percepções do contexto do problema (MALHOTRA, 2006). Buscou-se compreender, por meio de abordagem direta, os conhecimentos gerais e técnicos, e possíveis usos e impactos das nanotecnologias.

Utilizou-se o programa Statistical System (SAS) para a análise estatística dos dados levantados, centrado em dois focos essenciais: 1) o nível de conhecimento a respeito dos impac-

tos das nanotecnologias, e 2) os possíveis produtores e/ou consumidores de produtos e processos nanotecnológicos.

4 - ALGUNS RESULTADOS EMPÍRICOS DA PESQUISA

A seguir serão destacados alguns dos resultados das entrevistas com os principais agentes da cadeia de produção da soja. Inicialmente se delineou o perfil geral dos entrevistados e as respectivas áreas de trabalho. Em seguida, discorreu-se sobre o grau de conhecimentos dos entrevistados a respeito das nanotecnologias. Procurou-se inquirir sobre o saber (geral e técnico), experiências, potencial e o plausível uso das nanotecnologias. Investigou-se o horizonte temporal em que advirão as mudanças e as opiniões a respeito dos possíveis impactos econômicos, sociais e ambientais, tanto positivos como negativos. Também foi abordada a opinião acerca do princípio de precaução.

4.1 - Perfil dos Entrevistados

Das pessoas entrevistadas, 88% são do sexo masculino, o que demonstra uma acentuada preponderância de homens não só em relação a este tipo de ambiente, mas com mais expressividade nos chamados postos de direção, apesar da emancipação feminina. Quanto à formação educacional dos entrevistados, apenas 9% não possuem nível superior. Os demais estão distribuídos da seguinte forma: especialização (22%), mestrado (21%), doutorado (17%), superior completo (17%) e pós-doutorado (14%). Trata-se de entrevistados com alto grau de formação educacional, o que os coloca entre pessoas com grande acesso a informação quando se considera a sociedade no todo.

4.2 - Natureza Jurídica das Instituições/Empresas

Quanto à natureza jurídica das entidades para as quais os entrevistados trabalham, 66% são da iniciativa privada e os 34% restantes do setor público, o que demonstra ser a soja uma das culturas em que a participação do setor pri-

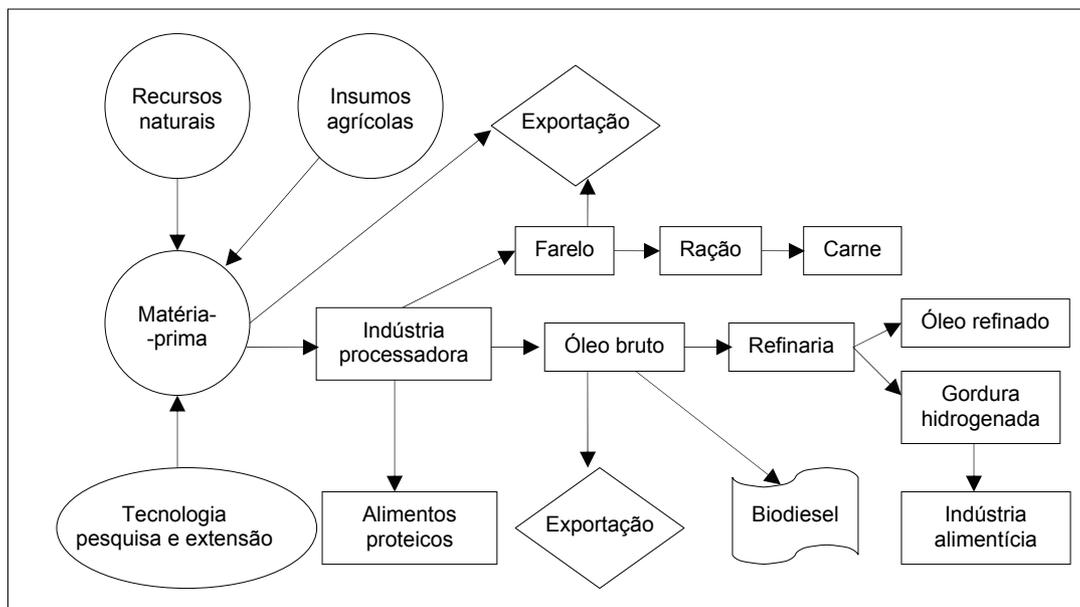


Figura 1 - Cadeia de Produção da Soja, Brasil, 2007.
Fonte: Elaborada pelos autores com base em ABIOVE (2007).

vado tem sido marcante para expansão e consolidação de suas atividades produtivas.

4.3 - Área de Trabalho dos Entrevistados

Perguntados em relação à área em que trabalham nas empresas, em primeiro lugar, com 41% foi encontrado o setor de pesquisa e desenvolvimento, o que atesta a posição estratégica que ocupam, principalmente em relação à compreensão do papel das inovações tecnológicas nos dias de hoje. A seguir, foram encontradas na administração (29%), produção (17%), transferência de conhecimento (7%), ensino e pesquisa (2%), *marketing* (2%) e informação e apoio a projetos (2%). Já nas instituições públicas os resultados apontaram em primeiro lugar, com 40%, os institutos de pesquisa, seguidos por 35% em empresas públicas, universidades com 15% e, por fim, fundações e extensão rural, com 5% cada uma.

4.4 - Conhecimentos/Experiências a Respeito das Nanotecnologias

Indagados sobre seu conhecimento acerca das nanotecnologias, 67% responderam que conhecem pouco, seguidos de 21% que

disseram não conhecer nada e de apenas 12% que assumiram conhecer muito. Isso chama a atenção para o alto grau de desconhecimento no conjunto dos entrevistados.

4.5 - Nanotecnologias e Natureza das Mudanças: incremental e revolucionário

A partir de um cenário apresentado sobre as nanotecnologias e suas aplicações, indagou-se sobre a natureza das mudanças - revolucionárias e/ou incrementais. A grande maioria (71%) acredita que tais modificações serão do tipo incremental e revolucionário, enquanto 17% acham que essas transformações serão apenas de cunho revolucionário, 10% veem essas alterações de forma incremental e, por último, 2% não souberam avaliar como se dará essa provável mudança.

4.6 - Nanotecnologias e Horizonte Temporal das Mudanças

Sobre o horizonte temporal das mudanças incrementais, 47% responderam que já estão no mercado, 29% disseram ser de 5 anos e 18% de 6 a 10 anos. Pelas respostas, as nanotecnologias incrementais já estão no mercado ou estão na iminência de serem apresentadas. Com

relação às mudanças revolucionárias segundo o horizonte temporal, 13% acreditam que essas mudanças já estão no mercado, 15% calcula que será em até cinco anos. Para a maioria (37%), o prazo será de 6 a 10 anos, seguido de 23% que acham que será de 11 a 15 anos. Por fim, uma pequena parcela dos entrevistados prevê que será de 16 a 20 anos e de mais de 20 anos, 8% e 2%, respectivamente.

4.7 - Importância das Nanotecnologias para as Empresas/Instituições

Arguidos sobre a importância das nanotecnologias nas atividades desenvolvidas pela instituição onde trabalham, 39% consideraram muito importante, seguidos de dois grupos com 29% em que as opiniões sobre o assunto não têm nenhuma importância ou têm pouca importância.

4.8 - Uso de Processos e/ou Produtos Nanotecnológicos

Indagados sobre o uso de processos e produtos nanotecnológicos na agricultura pela instituição ou empresa, a grande maioria, 69%, respondeu que não, contra 26% que disse sim. Para os que responderam positivamente à pergunta anterior (26%), procurou-se identificar mais detalhadamente em quais áreas se aplicam. A maioria (66%) disse só atuar em pesquisa, 13% em pesquisa e desenvolvimento de produtos e processos, outros 7% já desenvolveram produtos/processos, mais 7% atuam em pesquisa e desenvolvimento e comercialização. A principal conclusão a ser indicada é que apenas 7% dos entrevistados colocaram-se como usuários de processos e produtos nanotecnológicos aplicados à agricultura. Isso significa que, entre o total dos respondentes, apenas 2,5% declararam ser consumidores de processos e produtos nanotecnológicos aplicados em atividades agrícolas.

4.9 - Potencial de Aplicação/Uso das Nanotecnologias na Agricultura e Soja

Em relação às principais aplicações de produtos e processos na agricultura, chamou a atenção a abrangência dessas aplicações, uma

vez que 22% e 19% responderam em quase toda e em toda a cadeia, respectivamente, o que mostra a amplitude do uso das nanotecnologias no complexo agrícola. Com uma visão mais fragmentada, encontraram-se 26% que acham que é principalmente na produção de insumos e fatores de produção, seguido de produção agrícola, com 19%. A seguir, foram encontradas aplicações para agroindústria e embalagens, 5% e 2%, respectivamente, sendo que 7% responderam que não haveria nenhuma aplicação. As aplicações das nanotecnologias na cadeia de produção da soja destacaram-se com 28% e 26%, respectivamente, o uso de nanotecnologias em toda e em quase toda a cadeia da leguminosa. A seguir, com 21%, ficou a etapa de produção de insumos e fatores. Quando vistos os elos separadamente: produção agrícola (7%), processamento secundário (representado por ração, refinaria e biodiesel) com 5%, indústria de alimentos e embalagens (5%) e indústria processadora de óleo e farelo (3%).

4.10 - Desenvolvimento das Nanotecnologias pelas Empresas/Instituições

Perguntados se a instituição onde trabalham está desenvolvendo em nível nacional processos e produtos com formulação nanotecnológica, 80% responderam negativamente, enquanto apenas 17% afirmaram que sim e 3% não souberam responder.

Da mesma forma, foram indagados sobre as aplicações em nanotecnologia pelas instituições/empresas no exterior, sendo que também aí a maioria (78%) respondeu de forma negativa e apenas 19% afirmaram que as instituições/empresas as desenvolvem. Os demais não souberam responder.

4.11 - O Princípio de Precaução

Em referência ao princípio da precaução relacionado às nanotecnologias, 79% consideraram válida essa aplicação, enquanto apenas 12% foram contra esse tipo de expediente para minimizar os possíveis riscos do uso dessa técnica. Os que discordaram do princípio da precaução expuseram como razões a condução burocrática, causando morosidade no processo de validação das inovações.

4.12 - Os Principais Impactos das Nanotecnologias

Em relação aos principais impactos com a introdução das nanotecnologias em seu setor para a soja, a maioria dos entrevistados (59%) espera que haja grande impacto com essas inovações, enquanto 21% não sabem avaliar o nível de impacto e 17% acha que esse impacto será pequeno. Portanto, quase 80% acreditam que as nanotecnologias na cadeia da oleaginosa trarão impactos.

Os limites dos possíveis impactos das nanotecnologias na cadeia de produção da soja giraram apenas em torno das inovações incrementais, com destaque para a obtenção de novos e melhores produtos, aumento na produtividade, redução de custos e aumento da competitividade da cultura.

4.13 - Impactos Ambientais Positivos e Negativos das Nanotecnologias

Perguntados sobre os impactos ambientais positivos que as nanotecnologias poderão provocar na sociedade, os entrevistados (47%) responderam que tais alterações serão de grande monta e 25% que haverá pouco impacto, enquanto os que não souberam avaliar representam 25%. Depreende-se que a maior parte julga as nanotecnologias portadoras de impactos favoráveis ao meio ambiente.

Questionados sobre os impactos ambientais negativos que as nanotecnologias poderão causar sobre a sociedade, dos entrevistados, 39% responderam que não sabem o que poderá acontecer sobre essas alterações, enquanto 28% acham que haverá pouco impacto negativo, e 19% e 14%, respectivamente, são da opinião de que não haverá nenhum e de que haverá muito impacto ambiental negativo. Existe uma relativa preocupação sobre a negatividade dos efeitos dessas novas tecnologias, e as concepções sobre o tema são bem divergentes.

4.14 - Impactos Econômicos Positivos e Negativos das Nanotecnologias

Embora a grande maioria dos respondentes tenha apresentado desconhecimento sobre as nanotecnologias e os impactos de cunho incremental e revolucionário, ainda assim atribuem

grandes impactos econômicos positivos decorrentes dessas novas tecnologias. Pode-se inferir que esse comportamento está lastreado numa concepção linear do desenvolvimento tecnológico, sintetizado na seguinte equação:

$$\text{Inovação} \rightarrow \text{Competitividade} \rightarrow \text{Mercado} \rightarrow \\ \rightarrow \text{Crescimento} \rightarrow \text{Melhor qualidade de vida}$$

Indagou-se sobre os impactos econômicos negativos sobre a sociedade, decorrentes do uso das nanotecnologias. A grande maioria (47%) respondeu que não sabe avaliar se haveria impactos econômicos negativos decorrentes dessas mudanças. Já 23% disseram que ocorreriam poucos impactos, seguidos de 16% que acham que haverá muito impacto e, por último, 14% com opinião de que não haverá nenhum impacto econômico negativo. Isso demonstra a disparidade de opiniões e o desconhecimento dos entrevistados quanto aos efeitos econômicos adversos das nanotecnologias.

4.15 - Impactos Sociais Positivos e Negativos das Nanotecnologias

Perguntou-se sobre os impactos sociais positivos que as nanotecnologias trarão para a sociedade e, nesse sentido, a maioria dos entrevistados (57%) respondeu que tais alterações serão de grande impacto social, enquanto 23% não sabem avaliar. A quase totalidade dos entrevistados considera que haverá muitos impactos sociais positivos. Sobre os impactos sociais negativos que as nanotecnologias poderão causar à sociedade, as opiniões foram divergentes: 31% dos entrevistados responderam que não sabem, seguidos de 30% que opinam que tais alterações serão de pouco impacto; 23% acham que poderá ocorrer muito impacto e 16% que não haverá algum impacto.

5 - REFLEXÕES E RECOMENDAÇÕES

Nas próximas décadas, a tendência é de que as nanotecnologias sejam as mediadoras na busca pelo controle de processos, produtos, materiais e substâncias, interferindo decisivamente na economia mundial. O setor agropecuário incluindo todos os segmentos do processo produtivo, também, será alvo de novas práticas associa-

das à adoção de nanotecnologias.

Os indícios levam a crer na otimização tanto da produção no campo como nas indústrias correlatas, a montante e a jusante. As numerosas possíveis aplicações das nanotecnologias acenam para alterações nas práticas de manejo no campo; inovações na fabricação e utilização de insumos agroquímicos, tornando-os mais eficientes; sofisticação dos processos de transporte e embalagens de produtos; e incluem novos conteúdos na composição dos produtos alimentícios. O agronegócio é apontado como uma das áreas de aplicação das nanotecnologias em que o Brasil teria condições de se tornar competitivo (MATTOZO; MEDEIROS; MARTIN NETO, 2005).

Esta pesquisa avaliou a visão dos principais agentes sociais e econômicos em toda a cadeia de produção da soja sobre os possíveis impactos (positivos e negativos) das nanotecnologias. Os respondentes destacam-se pelo alto nível de qualificação profissional e estão inseridos em pontos-chave em termos de pesquisa e desenvolvimento, isto é, estão situados na fronteira do conhecimento em suas áreas de atuação profissional.

De maneira geral, os entrevistados consideram que as nanotecnologias trarão grandes impactos positivos sobre a agricultura e a soja. Porém, predomina o desconhecimento sobre o potencial revolucionário das nanotecnologias que, no médio prazo, poderá prescindir da atual subordinação às leis da natureza, com o possível advento da manufatura molecular.

Assim, embora a maioria dos respondentes tenha declarado não saber, ou saber pouco sobre as nanotecnologias, ela emitiu opiniões predominantemente positivas acerca dos possíveis impactos dessa nova tecnologia nas três dimensões investigadas: social, econômica e ambiental. As respostas circunscreveram-se ao âmbito das mudanças incrementais, e a ênfase dada foi para a maior eficácia econômica e redução nos custos de produção.

Julga-se que será possível potencializar o crescimento da produção, ajudar a reduzir as perdas agrícolas e, também, diminuir os impactos ambientais decorrentes do uso abusivo de insumos químicos. Uma das vantagens das nanotecnologias seria o maior controle na distribuição dos produtos químicos nas lavouras, por meio da nanoencapsulação e liberação controla-

da do princípio ativo na planta ou no solo. Outro benefício seria a possibilidade de diagnosticar com antecedência a existência de doenças em plantas e animais.

De outro lado, os aspectos negativos diante da difusão das nanotecnologias na agricultura remetem às questões sociais, políticas, ambientais, econômicas e éticas. Considera-se, por exemplo, a provável diminuição do número de empregos no campo e a exclusão de imensa massa de agricultores familiares, o que provocaria novas ondas de migrações e, conseqüentemente, o inchamento dos grandes centros urbanos. Alerta-se, também, para a provável concentração de riqueza nas mãos de grandes empresas detentoras das patentes dos produtos e processos nanotecnológicos, que possuem recursos para os investimentos em pesquisa aplicada.

No âmbito social, haveria a necessidade de recursos humanos especializados, dado o requinte das técnicas para manipulação e aplicação dos nanocompostos. Isso seria um indutor para a melhoria da educação de uma parcela dos trabalhadores; por outro lado, poderia promover exclusão social, com a redução do contingente de trabalhadores. O uso de nanoproductos agroquímicos levaria à apresentação de alimentos com menor contaminação e até mesmo de melhor qualidade (organolépticos e nutracêuticos). Contudo, durante a manipulação e uso das nanotecnologias poderia haver contaminação e o comprometimento da saúde dos trabalhadores envolvidos no processo produtivo.

Na área ambiental, uma vantagem *a priori* seria a menor poluição do ar, do solo e das águas. No entanto, pouco se sabe sobre a interação das nanopartículas no ambiente e seu grau de contaminação no homem e nos animais. Isso se deve, em grande parte, à concentração de recursos na produção de conhecimentos apenas para a obtenção de processos e produtos, sem a preocupação e a priorização de estudos nanocototoxicológicos.

Destaca-se que, até o momento, há muitas incertezas a respeito dos possíveis riscos e efeitos toxicológicos decorrentes da manipulação e uso de produtos e processos em escala nanométrica, tanto para a saúde de trabalhadores como para os consumidores. Entretanto, multinacionais já operam ou realizam pesquisas relacionadas às nanotecnologias e brevemente deverão ingressar de modo mais agressivo no mer-

cado agrícola, e na soja em particular, embora pelos resultados da pesquisa se observe que praticamente não existam aplicações na cadeia de produção dessa oleaginosa.

O cenário futuro da produção agrícola e industrial aponta para a necessidade de intervenção do Estado, por meio da elaboração de políticas públicas e da definição clara de uma política industrial, além da manutenção da pesquisa básica (LEITE, 2002). Aliado a isso, é fundamental a participação da sociedade como um todo, no sentido de acompanhar e estar à frente do processo de definições, prioridades e regulação das novas tecnologias, sobretudo para aquelas que trazem impactos imprevisíveis.

Uma maior conscientização e a mudança nos valores da sociedade questionam a atual racionalidade econômica e trazem à tona o princípio da precaução. É preciso estar consciente das implicações das inovações tecnológicas para a saúde humana, animal e ambiente. Parcela significativa da sociedade civil organizada de vários países tem ponderado que o desenvolvimento das nanotecnologias deve ser realizado observando-se oito princípios (NANOACTION, 2007) que, também, devem ser adotados no caso brasileiro:

- 1) da precaução;
- 2) sobre as regulações obrigatórias específicas para os nanomateriais;
- 3) de proteção e saúde do público e dos trabalhadores;
- 4) sobre a sustentabilidade ambiental;
- 5) da transparência;
- 6) da participação pública;
- 7) sobre a consideração de impactos amplos;
- 8) da responsabilidade do fabricante.

Os questionamentos suscitam o desafio de apoiar estudos e políticas que busquem orientar a sociedade em suas escolhas. Estudos dessa natureza têm por objetivo propiciar um planejamento orientado pelos anseios da sociedade, no sentido de antecipar e facilitar as decisões estratégicas das instituições de pesquisa e de extensão no tocante às demandas do negócio agrícola, com vistas ao desenvolvimento agropecuário e preservação do meio ambiente.

A essência desta pesquisa foi despertar o interesse e procurar esclarecer agricultores, trabalhadores e consumidores sobre a existência

dos mais recentes avanços tecnológicos e seus possíveis impactos, principalmente neste momento histórico em que se reúnem cinco aspectos inéditos na história da humanidade: longa maturação da técnica, crescimento demográfico, sociedade aberta à propagação da técnica, clara intenção que une todas as forças na perseguição do objetivo técnico e a existência de uma organização econômica em escala mundial.

Neste contexto, pode-se concluir, com Roland Corbisier apud Ellul (1968), que

[...] o destino do homem tornou-se, assim, inseparável do destino da técnica. À revelia de nossa vontade e de nossa consciência, estamos todos embarcados no mesmo processo, na mesma aventura, que hoje não é mais apenas terrestre, ou planetária, porque já se tornou cósmica ou sideral. Não é a religião, nem a filosofia, nem a ética, nem a arte, nem a política, que está configurando o mundo em que nos encontramos, mas a técnica, a força demiurga da técnica. Os milagres, os prodígios, que o homem, durante milênios, esperou de Deus, ou da providência divina, hoje os espera da ciência, da máquina, da técnica, seu novo, seu último Deus.

Mas, que é a técnica? Poderemos saber o que a técnica, a contemporânea, com as características inéditas que a distingue de todas as anteriores, poderemos capturar e definir esse processo que rompeu e extravasou todos os limites, e que, por isso mesmo, nos condiciona e nos transcende? Se a história é antropofania, quer dizer desvelamento ou manifestação, ao longo do tempo, do "ântropos", e se a mola, o segredo da história é a técnica, não será a técnica o instrumento propiciatório da revelação do homem? [...]

E, acrescente-se aqui, no atual momento histórico, as nanotecnologias como a mais nova onda tecnológica a impactar o destino da humanidade.

É preciso alertar para a importância que deve ter, para o agronegócio, estar sempre atento, conhecer e discutir as atuais e futuras possibilidades do advento da agricultura inteligente, assim como sobre seus possíveis impactos sociais, econômicos, ambientais e até mesmo políticos, uma vez que, no limite, a nanotecnologia pode acabar com os mais conhecidos processos de produção agrícola existentes no nível macro, substituindo-os pela nanotecnologia molecular.

LITERATURA CITADA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ÓLEOS VEGETAIS - ABIOVE. Disponível em: <http://www.abiove.com.br/menu_br.html>. Acesso em: 20 jul. 2007.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. Secretaria de Comércio Exterior MDIC/Secex. **Balança comercial brasileira**. Disponível em: <<http://www2.desenvolvimento.gov.br/sitio/secex/depPlaDesComExterior/indEstatisticas/balComercial.php>>. Acesso em: 8 ago. 2008.

DIAMOND, J. **Colapso**. Rio de Janeiro: Record, 2005. 685 p.

DREXLER, K. E. **Engines of creation: the coming era of nanotechnology**. New York: Anchor Books, 1986. Disponível em: <http://e-drexler.com/p/06/00/EOC_Cover.html>. Acesso em: 20 out. 2008.

_____; PETERSEN, C.; PERGAMIT, G. **Unbounding the future: the nanotechnology revolution**. Menlo Park, Ca: Foresight Institute, 1991. Disponível em: <http://www.foresight.org/UTF/Unbound_LBW/foreword.html>. Acesso em: 9 out. 2005.

ELLUL, J. **A técnica e o desafio do século**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1968.

ETC GROUP. **Down on the farm: the impacts of nano-scale technologies on food and agriculture**. Ottawa: ETC Group, 2004. Disponível em: <http://www.etcgroup.org/documents/NR_DownFarm_final.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2008.

FEYNMAN, R. **There's plenty of room at the bottom**. Pasadena: Caltech's Engineering and Science, Feb. 1960. Disponível em: <<http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>>. Acesso em: 4 out. 2008.

JOY, B. Why the future doesn't need us. **On Newstands Now**, apr. 2000. <Disponível em: <http://www.wired.com/wired/archive/8.04/joy_pr.html>. Acesso em: 8 out. 2009

LEITE, J. R. Nanotecnologia brasileira deve aliar investimentos em ciência básica e aplicada. **Com Ciência**, 2002. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/entrevistas/nanotecnologia/leite.htm>>. Acesso em: 6 abr. 2008.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing**. São Paulo: Bookman, 2006.

MARTINS, P. R., et al. **Impactos das nanotecnologias na cadeia de produção da soja brasileira**. São Paulo: Xamã, 2009.

_____. (Org.). **Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente**. São Paulo: Xamã, 2008. Disponível em: <http://www.ghente.org/publicacoes/nanotecnologia_sociedade_meio_ambiente_II.pdf>. Acesso em: out. 2009.

MATTOSO, L. H. C.; MEDEIROS, E. S. de; MARTIN NETO, L. A revolução nanotecnológica e o potencial para o agronegócio. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, ano 14, n. 4, p. 38-46, out./dez. 2005.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas do mundo: do neolítico à crise contemporânea**. Lisboa: Instituto Piaget, 1997-1998.

MILLER, G.; SENJEN, R. **Out of the laboratory and onto our plates: nanotechnology in food & agriculture**. [S. l.]: Friends of the Earth, mar. 2008. Disponível em: <http://www.foe.org/pdf/nano_food.pdf>. Acesso em: 11 out. 2008.

NANOACTION. **Principles for the oversight of nanotechnologies and nanomaterials**. Washington, DC: International Center for Technology Assessment, 2007. Disponível em: <[http://www.nanoaction.org/nanoaction/page.cfm?id="](http://www.nanoaction.org/nanoaction/page.cfm?id=)

223>. Acesso em: 5 maio 2009.

OPARA, L. U. Emerging technological innovation triad for smart agriculture in the 21th century. Part I: Prospects and impacts of nanotechnology in agriculture. **Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development**. Vol. 6, July, 2004. Disponível em: <<http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/554>>. Acesso em: 3 mar. 2005.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo: Hucitec, 1996.

OS IMPACTOS DAS NANOTECNOLOGIAS NA CADEIA DE PRODUÇÃO DA SOJA

RESUMO: Este artigo apresenta os resultados de pesquisa sobre as nanotecnologias na cadeia de produção da soja brasileira. O objetivo foi traçar um panorama do atual estágio dos conhecimentos e experiências que os principais agentes ligados à sojicultura têm a respeito das nanotecnologias. Um roteiro de entrevista guiou a investigação extraindo opiniões a respeito dos esperados impactos socioeconômicos e ambientais, positivos e negativos, com a provável adoção das nanotecnologias nas atividades agrícolas. A sistematização dos dados indica que, em geral, há grande desconhecimento sobre o tema. Entretanto, diante do cenário que lhe foi apresentado, a maioria dos respondentes salientou os aspectos positivos das nanotecnologias.

Palavras-chave: nanotecnologias, cadeia de produção da soja, novas tecnologias, agricultura.

THE IMPACTS OF NANOTECHNOLOGY ON THE SOYBEAN SUPPLY CHAIN

ABSTRACT: This paper presents results of a survey on the effects of nanotechnology on the Brazilian soybean supply chain. Our purpose was to trace an overview of the state of the art of the knowledge of and experiences in nanotechnology of the main agents linked with soybean culture. The investigation was guided by an interview script structured to collect expected positive and negative socioeconomic and environmental impacts that might occur with the potential use of nanotechnology in agricultural activities. Exploration into the systematized data showed a great lack of knowledge on the topic. However, most respondents, vis-à-vis the scenario presented to them, emphasized the positive aspects of nanotechnology and its applications in agriculture.

Key-words: nanotechnology, soy supply chain, new technologies, agriculture, Brazil.

Recebido em 16/04/2010. Liberado para publicação em 26/05/2010.