

Paulo Roberto Martins e
Soraia de Fátima Ramos
(organizadores)

Richard Domingues Dulley
Elizabeth Alves e Nogueira
Roberto de Assumpção
Sebastião Nogueira Júnior
André Luiz de S. Lacerda
Marisa Zeferino Barbosa



IMPACTOS DAS NANOTECNOLOGIAS NA CADEIA DE PRODUÇÃO DA SOJA BRASILEIRA



IMPACTOS DAS NANOTECNOLOGIAS
NA CADEIA DE PRODUÇÃO DA SOJA BRASILEIRA

Paulo Roberto Martins e Soraia de Fátima Ramos
(coordenadores)

Richard Domingues Dulley · Elizabeth Alves e Nogueira
Roberto de Assumpção · Sebastião Nogueira Júnior
André Luiz de S. Lacerda · Marisa Zeferino Barbosa

IMPACTOS DAS NANOTECNOLOGIAS NA CADEIA DE PRODUÇÃO DA SOJA BRASILEIRA

São Paulo



2009

© 2009 by Paulo Roberto Martins e Soraia de Fátima Ramos

Direitos desta edição reservados à Xamá VM Editora e Gráfica Ltda.

Proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios,
sem autorização expressa da editora.

Edição: Expedito Correia
Capa: Hécio Fonseca
Revisão: Estela Carvalho
Editoração eletrônica: Xamá Editora

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)

I34 Impactos das nanotecnologias na cadeia de produção da soja brasileira / Paulo Roberto Martins e Soraia de Fátima Ramos (coordenadores) ; Richard Domingues Dulley ... [et al.]. - São Paulo : Xamá, 2009, 158 p. ; 23 cm.

Bibliografia: p. 151-158.
ISBN 978-85-7587-115-7

I. Nanotecnologia. I. Martins, Paulo Roberto. II. Ramos, Soraia de Fátima. III. Dulley, Richard Domingues.

CDU 620.5

Apoio:



PCT MDA/IICA - Apoio às Políticas e à Participação Social no Desenvolvimento Rural Sustentável



SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO



Xamá VM Editora e Gráfica Ltda.

Rua Professor Tranquilli, 27 - Vila Afonso Celso

CEP 04126-010 - São Paulo (SP) - Brasil

Tel.: (011) 5083-4649 Fax: (011) 5083-4229

www.xamaeditora.com.br vendas@xamaeditora.com.br

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO, 7

1 MARCO TEÓRICO, 11

2 METODOLOGIA, 17

Metodologia: agricultura familiar, 22

3 AS NANOTECNOLOGIAS E A AGRICULTURA, 25

Nanotecnologia: conceitos e definições, 25

O debate sobre os possíveis horizontes das nanotecnologias, 28

Agricultura e nanotecnologia, 31

Agricultura via manufatura molecular, 43

Nanotecnologia, meio ambiente, saúde e sociedade, 46

Soja e nanotecnologias, 54

Agricultura familiar e nanotecnologia, 84

4 RESULTADOS DA PESQUISA, 91

Agricultura familiar, 91

Outros segmentos, 100

5 REFLEXÕES E RECOMENDAÇÕES, 141

REFERÊNCIAS, 151

APRESENTAÇÃO

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 em nosso planeta. Desde 1959, com as interrogações feitas pelo físico Richard Feynman (Prêmio Nobel em 1966) acerca da idéia de manipulação da matéria ao nível atômico, os avanços no campo da nanociência e em suas aplicações práticas, com as nanotecnologias, conhecem um ritmo intenso e contínuo.

A década de 1980 assinalou o momento da divulgação dos potenciais usos revolucionários das nanotecnologias, com os trabalhos de Eric Drexler, e também em razão da sofisticação das técnicas de microscopia e da fabricação de modernos microscópios. A visualização e a manipulação de átomos individuais é a grande novidade do presente período histórico (SCHULZ, 2007, p. 10). A miniaturização dos objetos técnicos e a produção de materiais mais resistentes são acompanhadas pela possibilidade, antes irrealizável, de organização artificial de átomos e moléculas por parte dos seres humanos.

Na década seguinte, na maioria dos países ricos as nanotecnologias destacaram-se como área estratégica de investimentos em pesquisas básicas e aplicações industriais. Tornaram-se as mediadoras na busca pelo controle de processos, produtos, materiais e substâncias, que devem interferir decisivamente na economia mundial. No emergente mercado de produtos nanotecnológicos, diversas empresas multinacionais já oferecem alguns dos resultados em inúmeras áreas: medicina, farmacêutica, cosmética, têxtil, automobilística, agrícola, entre outras.

A aproximação cada vez mais estreita entre ciência e tecnologia reporta a imagem de que, possivelmente, está por vir uma radical transformação no âmbito da agricultura. Os indícios levam a crer em uma otimização tanto da produção no campo como nas indústrias correlatas, a montante e a jusante. As inúmeras possíveis aplicações das nanotecnologias na agricultura e na indústria agroalimentar acenam para a introdução de novas práticas de manejo no campo, inovações na fabricação e utilização de insumos agroquímicos, sofisticação dos processos de transporte e embalagens de produtos, e incluem novos conteúdos na composição dos produtos alimentícios.

Nesta pesquisa, procurou-se trazer à discussão algumas reflexões acerca do recente processo de desenvolvimento das nanotecnologias no Brasil e, também, apontar as possíveis implicações futuras decorrentes da incorporação destas inovações às atividades agrícolas. O objetivo primordial foi traçar um panorama do atual estágio dos conhecimentos e experiências que os principais agentes da cadeia de produção da soja, inclusive os agricultores familiares, têm a respeito das nanotecnologias.

A investigação partiu do exame de documentos e fontes de informações constantes em livros, periódicos científicos e *sites* na internet sobre temas como: inovações tecnológicas, nanotecnologias, nanotecnologia e agricultura, agricultura familiar e complexo soja. Ao mesmo tempo, foram essenciais para as conclusões da pesquisa as análises dos questionários das entrevistas realizadas pela equipe com os múltiplos segmentos da cadeia de produção da soja. Buscou-se apreender as opiniões sobre os possíveis impactos socioeconômicos e ambientais, tanto positivos como negativos, decorrentes das nanotecnologias na agricultura.

No capítulo inicial, discorre-se acerca do marco teórico norteador da investigação. Optou-se por analisar as nanotecnologias sob a perspectiva histórica, ou seja, como o momento atual se apresenta no interior das sucessões de sistemas técnicos, os quais se dão ao longo da história da humanidade. Entende-se aqui que as nanotecnologias constituem-se no atual e mais sofisticado estágio de evolução das técnicas desenvolvidas e utilizadas pelos seres humanos em sua busca constante pela dominação da natureza. Com a nanociência, torna-se central a discussão a respeito dos papéis dos cientistas e de seus compromissos éticos na orientação das investigações científicas. Em razão do inigualável potencial de transformação que permeia o uso das nanotecnologias, colocando-as como uma provável revolução tecnológica, são pertinentes as reflexões a respeito dos rumos do processo civilizatório.

No segundo capítulo, apresenta-se a justificativa para a escolha da cultura da soja como objeto de estudo e a abrangência geográfica da pesquisa. Descrevem-se os critérios para a seleção dos entrevistados: agricultores familiares, empresários rurais, pesquisadores e empresários dos diferentes segmentos da cadeia da soja. Faz-se indicação dos procedimentos utilizados para a tabulação dos dados quantitativos e qualitativos. São registrados nesse capítulo, também, as principais dificuldades e obstáculos encontrados durante a execução dos trabalhos empíricos.

No terceiro capítulo, expõem-se alguns dos fundamentais avanços das nanotecnologias em geral e na área da agricultura. Em seguida, apresen-

ta-se um panorama sobre a soja, com indicações dos possíveis usos das nanotecnologias para esta cadeia de produção. Neste contexto, destaca-se a questão da agricultura familiar e as possíveis implicações das nanotecnologias no campo, no que se refere aos agricultores familiares, trabalhadores agrícolas e ao meio ambiente.

No quarto capítulo, são analisados e discutidos os resultados oriundos das entrevistas realizadas com os agentes da cadeia de produção da soja no Brasil. Procurou-se fazer um exame em relação às especificidades dos conhecimentos e opiniões acerca das nanotecnologias para cada um dos segmentos entrevistados: empresários, agricultores, sindicatos, associações, universidades e centros de pesquisa. E, finalmente, são apresentadas as reflexões gerais e as recomendações pertinentes para a construção de políticas públicas referentes à difusão das nanotecnologias na agricultura brasileira e em especial na cadeia da soja.

* * *

O presente livro é produto do projeto *Estudo sobre os impactos da nanotecnologia na cadeia produtiva da soja brasileira*, executado no período de maio de 2007 a maio de 2009, graças ao apoio financeiro do Ministério do Desenvolvimento Agrário/Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural/Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (MDA/Nead/lica).

Agradecemos a Caio Galvão de Franca e Adriana Lopes, ex-dirigentes do MDA/Nead, e a Carlos Guedes, atual coordenador-geral do núcleo, e sua equipe, pelo contínuo apoio à produção de conhecimentos sobre as nanotecnologias no Brasil a partir da ótica das Ciências Humanas.

Ao colega Richard Domingues Dulley, agradecemos pelo empenho em introduzir este tema de pesquisa (nanotecnologia) junto ao Instituto de Economia Agrícola (IEA), bem como pelo seu contínuo trabalho neste projeto, embora já na qualidade de pesquisador aposentado desse instituto.

MARCO 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).

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 Jacques Ellul (1968), o *fenômeno técnico* modela o mundo em que vivemos. Considerar a técnica nesse sentido amplo foi o que também fez Milton 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. Em seguida, com a mecanização do território, surgiu o *meio técnico* propriamente dito, o qual perdurou por muitos anos e trouxe grandes transformações à sociedade. No presente, esse *meio técnico* recebe novos conteúdos e passa a ser considerado 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.

Com base em Marx, para quem as técnicas constituem-se no motor da economia, Ellul (1968) afirma que o destino da humanidade está correlacionado com a evolução do fenômeno técnico. Segundo o autor, a particularidade daquelas no mundo contemporâneo é assumir a totalidade das atividades humanas e não apenas sua atividade produtiva: “[...] 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).

Durante sua evolução, 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 estas 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 (arado, foice, enxada), até o desenvolvimento da agricultura de precisão em décadas recentes, houve uma constante modernização das práticas no campo, o que contribui para alterar 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 10.000 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)

As sucessivas tentativas de superar as adversidades encontradas no meio geográfico colaboraram para o aumento da complexidade da vida. O enorme crescimento da população mundial (atualmente mais de 6 bilhões de pessoas) e a conseqüente transformação no conteúdo das relações sociais e na forma de ocupação dos territórios, por exemplo, estão alicerçados naquilo que pode ser considerado como um dos maiores impactos decorrentes das atividades de grupos humanos sobre o espaço geográfico: a revolução agrícola iniciada há 10 mil anos atrás (DIAMOND, 2005).

Esta primeira revolução agrícola pode ser demarcada como o início de uma série de eventos que desencadearão enormes transformações na vida humana em escala planetária, de onde se depreende que, para alimentar a humanidade, não se encontra outra forma a não ser pelo avanço das técnicas. Segundo Mazoyer e Roudart (1997-1998, p. 11): “Para alimentar vinte milhões de homens, como para alimentar cinco, não existe outra via senão continuar a cultivar o planeta, a fim de multiplicar nele as plantas e os animais domésticos, domesticando ao mesmo tempo a vegetação e a fauna selvagens”, pelo menos até que essa condição seja superada historicamente.

Do aperfeiçoamento das tarefas no campo, iniciada com a domesticação de plantas e animais, passou-se posteriormente à mecanização da

lavou, seguida do uso dos insumos químicos e, mais recentemente, à biotecnologia e engenharia genética. Para o futuro, descortina-se a emergência de uma possível nova revolução agrícola em decorrência das aplicações das nanotecnologias, que trarão mudanças tanto de ordem incremental (aumentando a eficiência da agricultura atualmente existente) como de cunho revolucionário que, em tese, poderá romper com esse paradigma de subordinação aos ciclos da natureza para obtenção de alimentos, por meio do avanço da manufatura molecular.

Existem na atualidade diferentes tipos de sistemas de produção¹, quais sejam:

- a) sistema agrário convencional moderno ou agroquímico;
- b) sistema agrário sustentável;
- c) sistema agrário de precisão;
- d) sistema agrário agroecológico, agroambiental ou orgânico;
- e) sistema agrário agrobiotecnológico;
- f) sistema agrário da agricultura de nanotecnologia de precisão;
- g) sistema agrário com manufatura molecular.

Esta tipificação pode permitir o desvendamento de cada um dos tipos de relação social que os seres humanos estabelecem com a natureza, manejando-a e visando à produção de matéria orgânica, os mais importantes componentes da biomassa, cuja utilidade é servir como alimento para nutrição e matéria-prima para outras atividades.

A preocupação central desta pesquisa refere-se a algumas das possíveis conseqüências decorrentes do processo de incorporação de inovações na agricultura, fortemente apoiada no modelo disseminado com a revolução verde. A consolidação desta agricultura científica corresponde a uma forma de produção cada vez mais moderna e dependente da ciência para sua realização. 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. Verificam-se daí as crescentes sofisticações das atividades relacionadas com a prática da agricultura.

Desde as inovações tecnológicas para a realização da produção em si (correção de solos, irrigação e drenagem, melhoramento de variedades, entre outros) até os mecanismos de distribuição e circulação dos novos

¹ Para maiores detalhes sobre esses sistemas de produção, ver: DULLEY, (2003).

produtos (tipos de armazenagem e transporte dos produtos) e o consumo final (grandes redes de supermercados), há a aceleração no ritmo de incorporação e difusão dessas novas tecnologias imbuídas de ciência e informação. Ao lado da nova materialidade subjacente aos novos sistemas de cultivo e alteração nos padrões de consumo, encontram-se inúmeras ações que, ao mesmo tempo, dão sustentação e decorrem desta artificialização da natureza (SANTOS, 1994, p. 17)².

As inovações tecnológicas, indicadas como salvadoras dos problemas que afligem a humanidade, são constantemente substituídas ou tornadas obsoletas sem que a grande maioria das pessoas tenha domínio ou acesso a elas. Neste caso, os produtores familiares são os que têm mais dificuldade de adotar o ritmo das inovações e, portanto, são eles os principais excluídos das ondas de modernização.

Colaborando para acirrar ainda mais a atual competitividade capitalista, está posto à sociedade o debate sobre os usos das nanotecnologias e sua possível influência em uma revolução na vida humana. Quais os reais impactos econômicos, ambientais e sociais da adesão a esta nova tecnologia? Como adverte Santos (2000, p. 92, 113), o campo possui menos *rugosidades* (as formas herdadas, o espaço construído) e, portanto, adere melhor às modernizações e aspectos atuais do capitalismo do que a cidade. Daí a necessidade de examinar o cenário em pauta, que corresponde às conseqüências da adoção das nanotecnologias na agricultura. “O campo modernizado é o lugar das novas monoculturas e das novas associações ancoradas na ciência e na técnica e dependentes de uma informação sem a qual nenhum trabalho rentável é possível.” (SANTOS, 1996, p. 244)

Para o século XXI, a tendência é que as nanotecnologias sejam as indutoras de uma nova qualificação do espaço geográfico mundial. As radicais alterações da atual forma-conteúdo dar-se-ão em decorrência das mudanças na materialidade e nas relações sociais até então existentes. Milton Santos (1996, p. 101) advertia que, “Tornada forma-conteúdo pela presença da ação, a forma torna-se capaz de influenciar, de volta, o desenvolvimento da totalidade, participando, assim, de pleno direito, da dialética social”. Desta consideração, faz-se aqui um exercício para apreender a dinâmica subjacente à forma-conteúdo que envolve a agricultura, a partir da difusão das mais recentes inovações tecnológicas.

² Entre as ações públicas e privadas que regulam e normatizam a realização da produção agrícola, encontram-se as políticas fiscal, tarifária, de crédito rural, de estocagem, de assistência técnica, de seguro rural, bem como a de disponibilização de informações sobre a realidade do mercado.

A competitividade inerente à esfera econômica constitui-se em um dos estímulos à propagação do uso das nanotecnologias. Isto deverá resultar na ampliação das atuais densidades técnico-científicas e informacionais dos espaços agrícolas. Estas poderão se fazer presentes nas distintas etapas da produção: produção no campo, processamento, beneficiamento, embalagem e transporte dos produtos. A indagação que aqui se levanta é se o uso das nanotecnologias, e o conseqüente adensamento dos sistemas técnicos agrícolas, contribuirão para diminuir ou, ao contrário, acirrar as desigualdades socioespaciais hoje predominantes na agricultura brasileira.

As presentes reflexões sobre o uso das nanotecnologias em produtos industriais e práticas agrícolas ainda suscitam enormes dúvidas sobre os reais benefícios ou possíveis malefícios em relação à adoção desta inovação. Urge, portanto, a realização de investigações críticas que se preocupem em averiguar a maneira como as novas tecnologias, em especial as nanotecnologias, vêm sendo disseminadas na sociedade (RATTNER, 2005).

Considerando essas novas tecnologias no contexto da atual divisão social e territorial do trabalho, indaga-se se esta revolução tecnológica continuará de acordo com a lógica capitalista e será mais uma ferramenta a excluir pessoas, setores da economia, lugares e países do controle sobre os processos de inovação. Para Pat Mooney (apud WILKE; TAGLIARI, 2006), há uma concentração de poder nas mãos das grandes empresas em relação aos processos decisórios e à utilização das nanotecnologias.

O cenário futuro da produção agrícola e industrial aponta para a necessidade de intervenção do Estado, por meio da elaboração de políticas públicas, aliada à participação da sociedade como um todo, no sentido de acompanhar e estar à frente do processo de regulação dessas inovações, sobretudo daquelas que trazem consigo impactos imprevisíveis, tais como as nanotecnologias. Uma maior conscientização e a mudança nos valores da sociedade questionam a atual racionalidade econômica e trazem à tona o “princípio da precaução”. Ainda não se sabe sobre a existência ou não de efeitos negativos de nanoprodutos no médio e longo prazos, como alimentos que serão ingeridos pelos organismos vivos. Esse aspecto exige atenção maior quando comparado ao uso em máquinas e equipamentos que não apresentam riscos dessa natureza.

Assim, no período da globalização o meio técnico-científico-informacional corresponde a uma natureza instrumentalizada, uma tecnociência, no dizer de Santos (1994, p. 17), na qual as modernizações no território são seletivas e excludentes, em razão das desiguais densidades técnicas, políticas e normativas entre países e regiões. Daí a urgência em aprofundar as pesquisas sobre as possíveis aplicações e impactos econômicos, sociais e ambientais

do uso das nanotecnologias nos diversos segmentos da cadeia de produção agrícola, aqui, particularmente, no contexto do agronegócio da soja e considerando-se os agricultores familiares.

METODOLOGIA

Esta pesquisa procura investigar alguns aspectos relativos ao uso e difusão de inovações tecnológicas no Brasil neste início do século XXI. Examina-se, particularmente, o estado da arte das nanotecnologias na agricultura brasileira. Para tanto, escolheu-se a cadeia de produção da soja, incluindo as indústrias a montante e a jusante da produção no campo, para a realização dos levantamentos das informações.

A opção pela soja deve-se ao fato dela representar uma das culturas agrícolas que mais adotou inovações tecnológicas desde o início do processo de modernização da agricultura brasileira, sob os princípios da revolução verde. Seguindo essa lógica, como se verá adiante, a cultura da soja não deverá ficar alheia ao desenvolvimento e às aplicações já existentes, ou futuras, das tecnologias em nanoescala.

Para traçar um panorama do conhecimento dos possíveis usos das nanotecnologias na cadeia de produção da soja no Brasil, foram realizadas entrevistas com os principais agentes dos diferentes segmentos da sociedade ligados à sojicultura (empresários, agricultores, sindicatos, associações, universidades e centros de pesquisa), no período de 2008 a 2009.

A abordagem social e ambiental para o exame dos possíveis usos das nanotecnologias na agricultura pôde ser mais bem-avaliada graças à visão multidisciplinar dos membros da equipe de trabalho, com formação nas áreas de Agronomia, Economia Agrícola, Geografia e Sociologia. O objetivo geral da investigação consistiu em obter opiniões dos diferentes elos da cadeia de produção sobre impactos socioeconômicos e ambientais da adoção das nanotecnologias na cadeia da soja. E, por meio de pesquisa de campo orientada, contribuir para:

- Aprofundar as reflexões sobre as dimensões sociais, econômicas e ambientais envolvidas no uso das nanotecnologias;
- Subsidiar a constituição de um processo de entendimento da introdução de novas tecnologias na cadeia de produção da soja brasileira;
- Disseminar a importância da temática entre os atores sociais envolvidos, nos campos governamental, acadêmico, produtivo e técnico;
- Ampliar as possibilidades de cooperação técnico-científica sobre o tema;
- Fornecer subsídios para a elaboração de políticas públicas.

A pesquisa desenvolvida no contexto da cadeia de produção da soja no Brasil considerou, no levantamento de campo, tanto os agronegócios empresariais como a agricultura familiar, incluindo os assentamentos. Houve um interesse especial em se aproximar dos elos que apresentam maior importância econômica e social para o complexo da soja, procurando-se responder às perguntas: Qual o nível de conhecimento dos segmentos que compõem a cadeia da oleaginosa a respeito das nanotecnologias? Quem está produzindo ou tem potencial para produzir e/ou utilizar as nanotecnologias nos mais diversos elos de sua cadeia de produção?

A seguir, descrevem-se as etapas que orientaram os trabalhos:

1) Reuniões e discussões da equipe para:

- Definição do referencial teórico e conceitual da pesquisa – marco teórico e questionário;

- Seleção criteriosa das instituições relevantes a serem entrevistadas – compreendendo aquelas que possivelmente estejam trabalhando com as nanotecnologias ou que deveriam ter um mínimo de conhecimento sobre sua existência em função da missão da instituição ou do setor em que trabalham;

- Elaboração do roteiro de entrevista – incluindo parte específica destinada aos agricultores familiares/assentados;

2) Contatos telefônicos e por *e-mails* com as instituições e entidades pertinentes, para exposição da importância da pesquisa e agendamento das entrevistas;

3) Realização das entrevistas pessoais¹ com os agentes da cadeia de produção da soja em diversos municípios de estados da federação, relevantes à produção desta cultura: São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Maranhão², predominantemente registradas em gravador e transcritas;

4) Revisão bibliográfica por meio da qual se delineou o marco teórico da pesquisa a respeito de temáticas variadas, tais como:

- Agricultura familiar;
- Nanotecnologias;

¹ Durante as entrevistas, foram apresentados documentos escritos (artigos e outras publicações) contendo algumas informações e dados a respeito das nanotecnologias.

² Salienta-se que a aplicação do questionário ficou condicionada à receptividade dos entrevistados e representatividade dos segmentos. No Estado do Mato Grosso, principal produtor de soja do país, foi realizado um número expressivo de entrevistas e, portanto, decidiu-se por não levantar informações no Estado de Goiás.

- Nanotecnologias e agricultura;
- Nanotecnologias e meio ambiente;
- Técnicas e agricultura.

5) Transcrição das entrevistas;

6) Análise estatística dos dados levantados utilizando o programa Statistical Analysis System (SAS).

Para a seleção das instituições e entidades entrevistadas listaram-se, num primeiro momento, todas aquelas ligadas à cadeia de produção da soja no Brasil. Em seguida, realizou-se a filtragem para os estados relevantes à produção de soja. Definiu-se uma amostra intencional, que procurou abranger todos os elos existentes nessa cadeia.

No elo a montante, citam-se os segmentos de natureza mecânica e química, as máquinas e equipamentos, os fertilizantes e os agrotóxicos. Também foi abordado o elo da produção agrícola propriamente dito, aqui formado pelos produtores rurais, representados por duas categorias que mais tipificam os que cultivam soja, a saber, empresários rurais (grandes áreas) e produtores familiares. Neste último, incluíram-se os agricultores familiares assentados e não-assentados (pequenas áreas de produção de soja ou que cedem sua propriedade em arrendamento); dadas as especificidades destes últimos, foi realizada uma análise à parte.

Além disso, foi entrevistado o setor a jusante, constituído pelos elos que processam o grão, elaboram produtos e os distribuem para consumo. Muitas vezes, dependendo do porte da empresa, ela praticamente atua em quase todos os elos da cadeia de produção da soja, principalmente quando se trata de grandes grupos econômicos multinacionais.

A intencionalidade da amostra foi dirigida no sentido de entrevistar pessoas de comando, que tomam decisões nos lugares onde trabalham e estão inseridas nos elos da cadeia de produção de soja. A pesquisa foi de natureza qualitativa e utilizou metodologia de pesquisa não-estruturada e exploratória baseada em pequenas amostras, que proporcionam percepções e compreensão do contexto do problema. Para tanto, foram entrevistadas 90 pessoas, pois isto envolve menor gasto financeiro e a amostra pode ser controlada para as características voltadas à cadeia de produção da soja.

Segundo Malhotra (2006, p. 327), a “amostragem por julgamento é uma forma de amostragem por conveniência em que os elementos da população são selecionados com base no julgamento do pesquisador. Este, exercendo ou aplicando sua experiência, escolhe os elementos a serem incluídos na amostra, pois os considera representativos da população de interesse”.

A chave para a utilização desse tipo de abordagem é a representatividade, pois a análise dos resultados da pesquisa fornece não só medições, mas também opiniões e comportamentos realistas, capturando adequadamente os dados de um entrevistado e como estes se relacionam com os outros elementos da amostra.

Para Carol Raffel (apud MALHOTRA, 2006 p. 152), “a pesquisa qualitativa proporciona a compreensão fundamental da linguagem, das percepções e dos valores das pessoas. É essa a pesquisa que mais freqüentemente nos capacita a decidir quanto às informações que devemos ter para resolver o problema de pesquisa e para saber interpretar adequadamente as informações.”

Para a realização das entrevistas, foi adotada a abordagem direta – tipo de pesquisa qualitativa em que os objetivos do projeto são revelados ao respondente e ficam evidentes pela própria natureza da entrevista. A entrevista de pessoas que ocupam postos de importância em seus lugares de trabalho foi realizada por meio da aplicação de um roteiro de entrevista estruturada. Nesse sentido, o objetivo foi cumprido.

Chegou-se à indicação de aproximadamente 80 instituições a serem contatadas. No total, a equipe conseguiu realizar, efetivamente, 90 entrevistas em 59 instituições (públicas, privadas e empresários rurais) e 31 produtores familiares.

É conveniente destacar que houve dificuldades no contato com os agentes selecionados e até mesmo algumas recusas por parte deles em realizar a entrevista. Acredita-se que, em razão da complexidade do tema das nanotecnologias, muitos dos entrevistados mostraram-se receosos por considerarem que pouco contribuiriam com a investigação e/ou por julgarem seu trabalho com inovações como “segredo industrial”.

As fontes primárias de informações foram os segmentos sociais (fornecedores, produtores agrícolas, processadores, distribuidores, pesquisadores, professores universitários, representantes de organizações não-governamentais – ONGs – e associações). Procurou-se captar com a maior objetividade possível os conhecimentos dos entrevistados em relação ao tema de pesquisa. Foram identificados os diversos níveis de conhecimentos, gerais e técnicos, sobre as nanotecnologias relacionadas com a cadeia de produção da soja, assim como quanto às preocupações sobre seus possíveis impactos econômicos, sociais e ambientais. A base dos procedimentos acima referenciados está situada no campo da metodologia relativa a pesquisas qualitativas.

Utilizaram-se para as reflexões tanto os dados primários, coletados em entrevistas qualitativas junto dos diversos agentes da agricultura brasi-

leira, como o exame de material disponível na internet e informações em obras de referência e periódicos científicos.

Salienta-se que a nanociência e as aplicações práticas relacionadas às nanotecnologias, em razão da própria novidade da temática em questão, são relativamente recentes no Brasil e, portanto, existe pequena quantidade de dados oficiais governamentais disponíveis no período de 2007 a 2009.

A revisão bibliográfica a respeito das nanotecnologias corresponde a trabalhos elaborados por pesquisadores ligados a universidades e centros de pesquisa que, de alguma forma, procuraram sistematizar conhecimentos, experiências e reflexões a respeito da nanociência no país. Neste sentido, pode-se citar como uma das iniciativas a criação da Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Renanosoma), em 2004, que vem organizando seminários nacionais e internacionais anuais referentes à temática Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente.

Somado ao que foi exposto, procurou-se acompanhar diariamente as notícias sobre as nanotecnologias na mídia e, também, participar de eventos técnico-científicos e culturais ligados ao tema, para subsidiar o desenvolvimento da pesquisa. Destacam-se neste sentido, os eventos de que a equipe participou em 2008: Nano, Poética de um Mundo Novo (Fundação Armando Álvares Penteado – Faap – São Paulo, SP), Simpósio Internacional: uma Sociedade Pós-Humana? Possibilidades e Limites das Nanotecnologias (Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos – São Leopoldo, RS) e V Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN – Natal, RN). Palestrantes de vários países, presentes aos eventos, trouxeram, além das experiências de seus países, a visão dos diferentes segmentos sociais (representantes dos governos, de empresas, das universidades, de centros de pesquisa, de associações de classe e de ONGs) a respeito de variados assuntos como, por exemplo, as reflexões sobre regulação e os possíveis efeitos toxicológicos das nanotecnologias.

Como já foi mencionado anteriormente, foram considerados os diversos elos da cadeia de produção da soja, utilizando um roteiro de entrevistas e procedimento comum. No entanto, no segmento da produção agrícola propriamente dita também os agricultores familiares foram ouvidos e, para tanto, serviu-se de metodologia específica.

Metodologia: agricultura familiar

Como se trata de uma pesquisa envolvendo também aspectos da agricultura familiar, foi necessário realizar algumas adaptações no roteiro de

entrevista aplicado aos demais agentes do agronegócio soja, no intuito de realizar o diagnóstico visando a melhor caracterizar seu perfil. Para tanto, realizaram-se entrevistas individuais.

Para melhor captar os anseios e conhecimentos dos agricultores familiares, foi adotado o uso de técnicas participativas que facilitassem o entendimento dos envolvidos e estimulassem sua manifestação no tocante aos impactos das nanotecnologias na lavoura da soja, cujos resultados foram consolidados para este grupo.

O processo participativo leva à conscientização cada vez maior da população. O envolvimento da comunidade é fundamental para o atendimento das necessidades socioespaciais, mediante a demanda por serviços prestados pelas instituições, públicas ou privadas, como, por exemplo, políticas agrícolas, ampliação do conhecimento científico, reorientação tecnológica e geração de recursos humanos capacitados para a difusão de processos produtivos, sempre considerando as especificidades regionais.

O Diagnóstico Rápido Participativo (DRP) constitui uma interessante ferramenta para a avaliação da realidade local e propostas para tomadas de ação (MUZILLI, 1997; NOGUEIRA, 2001; OLIVETTE; NOGUEIRA; MELLO, 2000; RIBEIRO et al., 1997). O DRP deve privilegiar a participação dos diversos atores sociais locais, apontando, segundo suas percepções, os problemas existentes, suas causas e possíveis soluções para superá-los (FERRAZ, 2003). Segundo Ferraz (2003), a percepção dos impactos deve espelhar a percepção dos atores envolvidos no processo. Dentro da visão participativa de trabalho com as comunidades locais, é essencial que o diagnóstico das condições socioculturais, econômicas e ambientais da região de estudo sejam vivenciadas pelos participantes, para que ocorra a conscientização da necessidade de mudanças, que serão efetivadas nas ações de intervenção, podendo ser mais efetivas quanto mais participativa forem, de fato, todas as fases anteriores.

O diagnóstico rural foi realizado no Norte do Paraná, já que o Estado é um dos principais produtores de soja do Brasil e com grande participação na agricultura de base familiar. Na região, foram selecionados grupos de produtores por se tratar de um estudo exclusivo para soja, exploração agropecuária bastante tecnicizada e que exigia a presença de um público envolvido com a atividade, porém com interesses regionais comuns. Nesse processo, os agricultores familiares – assentados e proprietários – foram convidados pelos extensionistas e outros representantes de órgãos públicos e privados locais.

Como procedimento, adotaram-se as seguintes etapas: a) apresentação do projeto de pesquisa para motivação dos participantes; b) apresen-

tação da nova tecnologia – nanotecnologia – e suas atuais e possíveis aplicações nos diferentes campos do conhecimento para nivelamento dos envolvidos; c) identificação dos problemas pelo uso das técnicas de *brainstorm*, na qual cada participante – espontaneamente e sem interferência dos demais – pôde levantar os fatores positivos com relação às suas atividades produtivas e à região e apontar os pontos negativos que porventura considerassem advindos da introdução de novas tecnologias e de novos processos na produção. Desse modo, pôde ser feito um agrupamento dos problemas comuns, tanto de ordem tecnológica/técnica como econômica, social e política, ocasião em que os participantes tiveram a oportunidade de discutir com seu respectivo grupo.

Em cada um dos locais onde se realizou o diagnóstico participativo reservou-se, no encerramento, espaço para uma discussão geral sobre a convergência/divergência das opiniões, o que será analisado mais adiante no capítulo “Resultados da pesquisa”.

AS NANOTECNOLOGIAS E A AGRICULTURA

Nanotecnologia: conceitos e definições

Para melhor entendimento do uso das nanotecnologias na agricultura, expõem-se aqui alguns conceitos, diferenças e como funcionam as nanotecnologias na composição de processos e produtos.

A nanotecnologia deve ser entendida como uma idéia do que seja uma coisa real numa escala invisível a olho nu (Ilustração 1).



Ilustração 1. Uma estrutura nano. Com 15.342 átomos, esta engrenagem paralela é um dos maiores dispositivos nanomecânicos jamais modelados em detalhes atômicos.

Fonte: CENTER FOR RESPONSIBLE TECHNOLOGY (2008).

A literatura, entretanto, apresenta definições do que sejam as nanotecnologias. Segundo o Center for Responsible Nanotechnology, por exemplo, uma definição básica é que nanotecnologia é a engenharia de sistemas funcionais na escala molecular.

Em seu sentido original, nanotecnologia refere-se à projetada habilidade de construir coisas “de baixo para cima” (*bottom up*), utilizando técnicas e ferramentas que estão sendo desenvolvidas atualmente para fazer produtos acabados e de alta *performance* (CENTER FOR RESPONSIBLE TECHNOLOGY, 2008).

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 auto replicação 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 [...]. (ETCGROUP, 2004, p. 38)

A nanotecnologia pode ser apresentada em duas formas. Na primeira delas, a tecnologia caracteriza-se por dois aspectos principais: 1) o prefixo “nano”, que é indicador de medida: 1 nano significa a billionésima parte de um metro, ou seja, 10^{-9} metros. Nesse caso, nanotecnologia 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, muito potentes.

A título de ilustração, pode-se citar que um único fio de cabelo humano tem a dimensão de cerca de 80 mil nanômetros (nm) de espessura, enquanto 1 nm contém 10 átomos de hidrogênio colocados lado a lado. A conhecidíssima molécula de DNA tem o tamanho de aproximadamente 2,5 nm de largura, enquanto um glóbulo vermelho tem 5 mil nm de diâmetro. Ou, ainda ilustrativamente, um nanômetro corresponderia ao tamanho de uma bola de futebol em relação ao globo terrestre.

A segunda forma de se apresentar a nanotecnologia consiste em considerar a nanociência como o estudo dos princípios fundamentais de moléculas e estruturas com uma dimensão entre 1 a 100 nm (nanômetros). A

nanotecnologia seria, então, a aplicação destas moléculas em nanoestruturas, ou dispositivos nanométricos.

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, condutividade elétrica, etc. Portanto, o tamanho da partícula é de suma importância em relação aos efeitos que podem produzir, e porque muda a natureza das interações das forças entre as moléculas do material e assim, muda os impactos que estes processos ou produtos nanotecnológicos podem causar ao meio ambiente, à saúde humana e à sociedade como um todo.

Mas, como se criam as nanoestruturas com objetivos industriais? 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). É preciso realçar que no início do século XXI a tendência de convergência entre estas técnicas está em curso.

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

1) síntese química (*chemical synthesis*), em geral utilizada para produzir matérias-primas, nas quais são utilizadas moléculas ou partículas nano;

2) auto-organização (*self assembly*). Nesta técnica, os átomos ou moléculas organizam-se de forma autônoma por meio de interações físicas ou químicas, construindo, assim, nanoestruturas ordenadas. Diversos sais em formas de cristais são obtidos por esta técnica;

3) organização determinada (*positional assembly*). Neste caso, átomos e moléculas são deliberadamente manipulados e colocados em determinada ordem, um por um.

Já à 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*, por exemplo. Isto é feito mediante dois caminhos: engenharia de precisão ou litografia. A indústria de semicondutores vem realizando isto nos últimos 30 anos.

A idéia de que a matéria é composta por átomos já tem cerca de 2.400 anos, época em que o filósofo grego Demócrito defendia esta tese. Mas somente no final da década de 1950 é que ocorreu um fato que marcou o início da nanotecnologia em nossos tempos¹: Richard Feynman (1960) afir-

¹ O físico estadunidense Richard Phillips Feynman (11/5/1918 – 15/2/1988) fez uma conferência no dia 29 de dezembro de 1959, em uma reunião da Sociedade Americana de Física realizada no

mou 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 seu ver, a principal barreira para a manipulação na escala nanométrica: a impossibilidade de vê-la.

Em 10 de agosto de 1982, 23 anos após a palestra de Feynman, a IBM conseguiu a patente do denominado microscópio de varredura de tunelamento eletrônico (*scanning tunneling microscope* – STM), que permite a visualização de imagens em tamanho nano. A partir deste microscópio outro foi desenvolvido, levando o nome de microscópio de microssondas 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 do livro de K. Eric Drexler (1986) intitulado *Engines of creation: the coming era of nanotechnology*. Em 1992, com a publicação da tese de doutorado do mesmo autor², intitulada *Nanosystems: molecular machinery, manufacturing and computation*, a nanotecnologia ganhou novo impulso na comunidade científica.

O debate sobre os possíveis horizontes das nanotecnologias

Este debate tem como referência a questão relativa a dois tipos de inovação presentes no desenvolvimento científico e tecnológico, a saber: inovações incrementais e revolucionárias.

As inovações incrementais ocorrem constantemente, segundo o ritmo de cada setor, consistindo em simples melhoria da gama de produtos e de processos existentes (inovação marginal ou secundária). No limite das aplicações das nanotecnologias, entretanto, poderão assumir características revolucionárias.

As inovações revolucionárias não se limitam a criar novos produtos e processos, mas originam uma série de novas atividades, afetando todos os

Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech), denominada “There’s plenty of room at the bottom” (há muito espaço lá em baixo). A primeira publicação desta conferência deu-se em fevereiro de 1960 no Caltech’s Engineering and Science.

² Tese defendida no Massachusetts Institute of Technology (MIT).

segmentos econômicos e alterando a estrutura de custos dos meios de produção e de distribuição.

A bibliografia em nanotecnologia já é bastante intensa e heterogênea. Para uma síntese do debate, pode-se utilizar o trabalho de Wood, Jones e Geldart (2003). Em grandes blocos, o debate pode ser referenciado em termos dos que acreditam ser a nanotecnologia portadora de radical descontinuidade, enquanto os opositores a esta idéia advogam que a nanotecnologia apresenta somente uma continuidade evolucionária de outras tecnologias. Entre estes dois extremos também existem vários autores.

Entre os defensores da radical descontinuidade, podem-se citar K. Eric Drexler, Jamie Dinkelacker, The Foresight Institute, Bill Joy, Glenn Harlan Reynolds, Damien Broderick, Mark Suchman, Mihail Rocco. Este conjunto de autores pode ser denominado de “nano-otimista”.

A Ilustração 2, adiante, pode dar uma idéia sobre como há várias nanotecnologias e de como elas poderão evoluir no tempo.

No campo oposto, têm-se os evolucionaristas, cujos expoentes, entre outros, são George M. Whiteside, Richard E. Smalley, Philip Ball, Denis Laveridge, Gary Stix. Estes podem ser denominados de “nanopessimistas”,

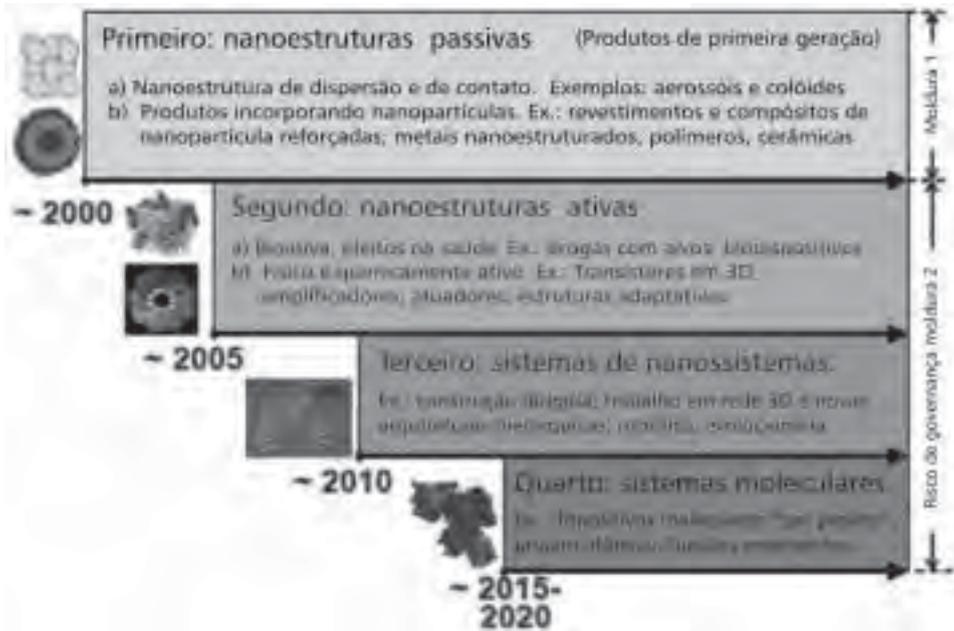


Ilustração 2. Evolução temporal das nanotecnologias

Fonte: ROCCO (2007).

na medida em que entendem que as nanotecnologias se encontram apenas no campo das inovações incrementais.

Numa versão sintética sobre este tema nano otimista/pessimista, Lawrence Letham (apud BASL, 2005, p. 1) analisou as implicações sociais das nanotecnologias. Ele descreveu dois paradigmas de pensamento: um que chamou de paradigma otimista, definido pela crença de que benefícios das nanotecnologias superam seus riscos, e outro que chamou de paradigma pessimista, definido pela crença de que os riscos das nanotecnologias são maiores do que os benefícios. Entre os dois grupos acima comentados estão as instituições promotoras da nanotecnologia e os comentaristas de tecnologia.

Segundo Wood, Jones e Geldart (2003), as entidades promotoras localizam-se em diversos países e em indústrias, como o Departamento de Comércio e Indústria da Inglaterra, a Direção de Tecnologias Industriais da Comissão Européia, a National Nanotechnology Initiative e a National Science Foundation, ambas do governo estadunidense.

Entre os comentaristas, os autores indicam o mais importante deles: a ONG canadense ETCGroup, além de Debra R. Rolinson, do Laboratório de Pesquisa Naval, e Vick Colvin, da Rice University, ambos nos Estados Unidos.

Deste rol de autores e instituições indicados, detalham-se um pouco mais as contribuições do professor Mark Suchman e do ETCGroup. Estas idéias encontram-se expostas de maneira ampla em Martins (2005) e ETCGroup (2005).

As controvérsias relativas à nanotecnologia podem ser captadas nos diversos trabalhos do ETCGroup, em especial em *Nanotecnologia: os riscos da tecnologia do futuro* (2005), no qual uma síntese dos diversos problemas é apresentada, a começar pelo impacto desta tecnologia nas economias dos países do Hemisfério Sul, na vida das pessoas, na segurança, na saúde humana, no meio ambiente, nos direitos humanos, nas políticas sociais, na agricultura, nos alimentos. Este trabalho apresenta quem tem o controle desta tecnologia (as grandes empresas) e a quanto chegam os investimentos nesta tecnologia (US\$ 8,6 bilhões).

Em suas recomendações, o ETCGroup (2005, p. 158-159) afirma que:

Ao permitir que produtos da nanotecnologia cheguem ao mercado na ausência de debate público e sem regulação, os governos, o agronegócio e as instituições científicas já comprometeram o potencial das tecnologias em escala nanométrica de serem utilizadas de forma benéfica. O fato de não haver, atualmente, em qualquer parte do mundo, normas de regulação para avaliar novos produtos em escala nanométrica na cadeia alimentar, repre-

senta uma inaceitável e culposa negligência. [...] Devem ser tomadas medidas para restaurar a confiança nos sistemas alimentares e para se ter certeza de que as tecnologias em escala nanométrica, se introduzidas, sejam feitas sob rigorosos padrões de saúde e segurança.

Em relação às aplicações das nanotecnologias, podem-se considerar dois enfoques: 1) de uma nanoestrutura passiva com novas propriedades e funções para uma mesma composição química; nanoestruturas inertes ou reativas que apresentam comportamento estável e propriedades quase constantes durante seu uso; 2) de transição para nanoestruturas ativas, em que sucessivas mudanças podem ocorrer de modo planejado ou imprevisto no ambiente.

Essas observações deverão ser consideradas quando do uso das nanotecnologias na agricultura em geral e, em especial, na produção de alimentos.

Agricultura e nanotecnologia

O nível de informação do público em geral sobre as nanotecnologias no Brasil pode ser considerado reduzidíssimo e, no caso da agricultura, dos produtores rurais, sejam grandes ou pequenos, é quase inexistente, uma vez que em buscas em *sites* de instituições de pesquisa e de grandes empresas produtoras de insumos agrícolas, e também processadoras, o tema quase não tem referência. A maior parte das referências que aparecem está de certa forma ligada às ações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)³ e da Renanosoma⁴.

Desde o final do século XX e até o início deste século, os agronegócios no Brasil têm vivido um *boom*. Os fundamentos tecnológicos da maior parte das atividades agrícolas brasileiras dependem dos denominados insumos modernos. Esse sistema de produção baseia-se, em grande parte, no uso de agroquímicos, motomecanização, irrigação, hormônios de cresci-

³ A Embrapa constituiu, em 2006, a Rede de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio (Rede Agro Nano), que envolve cerca de 90 pesquisadores de 32 instituições, sendo 17 da Embrapa e 15 de centros acadêmicos de excelência do país.

⁴ A Renanosoma vem desenvolvendo diversos trabalhos relativos às nanotecnologias em variados campos de estudo, via seus relacionamentos com a Fundação Jorge Duprat Figueiredo (Fundacentro), Instituto de Economia Agrícola (IEA), Intercâmbio, Informações, Estudos e Pesquisas (Iiep), União Internacional dos Trabalhadores na Agricultura (Uita), Sindicato dos Professores do Ensino Oficial do Estado de São Paulo (Apeoesp).

mento, antibióticos, etc. Foi dele que decorreram impactos ambientais negativos quando de seu uso abusivo e/ou incorreto.

Essa base tecnológica foi gerada, construída 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.

A utilização de meios vivos, como sementes e animais resultantes da engenharia genética, ou organismos geneticamente modificados (OGM), na produção agrícola provocou uma reação negativa por parte de grupos de consumidores e setores organizados da sociedade em muitos países do mundo. A predominância mundial da denominada agricultura convencional, que teve início na década de 1970 e se prolongou até os dias atuais, utilizando tecnologia moderna, é considerada ainda indiscutível.

O sistema agrário da agricultura de precisão, como outra variante do ecossistema cultivado convencional, caracteriza-se por ser extremamente moderno no contexto da agricultura brasileira, uma vez que introduz e aplica os mais avançados conhecimentos da área da informática, microeletrônica e sistemas de telecomunicações, na busca de maior eficiência, não apenas do processo como um todo, mas em cada operação, em cada insumo aplicado, introduzindo e valorizando os registros históricos do campo e a observação da natureza, tanto por meio de pessoas diretamente no campo, como também e principalmente por intermédio de satélites que conseguem identificar com a precisão de um metro.

Os aspectos ecológicos e o ambiente são, em geral, pouco considerados. Permanece a visão reducionista que caracteriza o sistema agrário convencional.

No Brasil também já existem iniciativas promovendo a agricultura de precisão. Este sistema, entretanto, está ainda em fase de implantação. Documento mais recente da Embrapa afirma que, “Apesar da importância do Brasil no cenário agrícola, a agricultura de precisão brasileira ainda está em uma fase muito incipiente. Sua ampliação favorecerá o negócio agrícola nacional através da otimização dos investimentos dos recursos na produção.” (MOLIN apud LAMPARELLI, 2008)

A título de prospecção, elaboraram-se dois quadros que buscam expressar as possibilidades de aplicações incrementais das nanotecnologias nas cadeias de produção agrícola e especificamente na agricultura de precisão.

As aplicações das inovações incrementais poderão contribuir para introduzir uma sintonia fina nos procedimentos próprios da agricultura de precisão. Pode-se fazer um breve paralelo histórico comparando o pro-

A montante da cadeia	A jusante da cadeia
Matrizes de animais (nanobiotecnologia)	Processamento de produtos colhidos (nanossensores)
Sementes (nanobiotecnologia)	Beneficiamento (nanossensores)
Fertilizantes (nanocápsulas)	Conservação e armazenamento (nanossensores)
Calcário (nanocápsulas)	Embalagens brutas (nanossensores e embalagens inteligentes)
Fungicidas (nanocápsulas)	Embalagens no varejo (nanossensores e embalagens inteligentes)
Inseticidas (nanocápsulas)	produção e produtos
Herbicidas (nanocápsulas)	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)	—

Quadro 1. Possíveis aplicações incrementais das nanotecnologias nas cadeias de produção agrícola

Fonte: os autores.

cesso de desenvolvimento alcançado pelo setor industrial, que teve por objetivo o estabelecimento de máquinas “inteligentes” que compusessem uma “indústria inteligente”. E isso para que se produzissem significativos acréscimos da produção, produtividade, deslocamento de mão-de-obra, especialmente através da robotização, aumentando sua competitividade no mercado.

Solos (nanossensores)
Controle da produção (nanossensores)
GPS (nanossensores)
Trabalho humano (nanossensores)
Processo de colheita (nanossensores)
Administração (nanossensores)
Rastreabilidade (nanossensores e embalagens inteligentes)
Irrigação (nanossensores)

Quadro 2. Possíveis aplicações incrementais das nanotecnologias no elo da produção agrícola

Fonte: os autores.

A adoção de meta semelhante visando ao aprofundamento da industrialização dos processos de produção agrícola, que até o início deste século adequava-se apenas ao campo da produção industrial, passou a ser mais viável para a agricultura. As inovações incrementais das nanotecnologias em conjunto com a biotecnologia, informática e microeletrônica resultarão na convergência dessas tecnologias. Especialistas consideram que ainda não se conhece o prazo em que isso ocorrerá, mas concordam em que a “agricultura inteligente” será uma realidade. O advento da agricultura inteligente, tema que os produtores rurais brasileiros de modo geral poderiam considerar prematuro, no médio e longo prazos tenderão a ter forte influência na definição dos caminhos a serem trilhados pelas tecnologias destinadas à produção agrícola, bem como na sua adoção.

É necessário, portanto, destacar o fato de que, paralelamente à quantidade de pesquisas atualmente desenvolvidas no âmbito da tecnologia agrícola moderna, há pesquisas em andamento que estão gerando inovações em escala nanométrica, totalmente desconhecidas dos agricultores (DULLEY, 2004). Algumas estão sendo desenvolvidas no presente, mas seus possíveis resultados práticos só poderão surgir no curto e médio prazos; outras, ainda incipientes, mas revolucionárias, poderão produzir resultados apenas no longo prazo.

No Brasil, a maioria dos produtores agrícolas, em especial da soja, adota o sistema de produção da agricultura moderna. Esse sistema, dada sua dominância, dimensão, eficiência e grau de crescimento nas últimas décadas, goza da mais ampla confiança da maioria dos produtores agríco-

las brasileiros, ocupando posição bastante segura e duradoura no imaginário daqueles. Isso ocorre também no contexto da produção agrícola mundial. Esse sistema está acoplado a um mercado de insumos bastante expressivo no Brasil e no exterior. Os problemas dos agricultores e dos demais elos dessa cadeia de produção enfrentados no dia-a-dia obrigam-nos a raciocinar quase exclusivamente no curtíssimo ou curto prazos, fato pelo qual acabam produzindo e aceitando, sem muita discussão, a tecnologia que lhes for oferecida.

É evidente que nas últimas décadas foi significativo o aumento da velocidade de desenvolvimento e descoberta de novas tecnologias (KURZWEIL, 2003). A diferença dessas inovações em relação às anteriores é seu elevado potencial para promover, em prazo curto, uma nova revolução tecnológica na agricultura.

É oportuno chamar a atenção para um aspecto importantíssimo, que é o fato de que toda a base tecnológica da agricultura moderna, atualmente predominante e quase de total confiança pelos agricultores, poderá tornar-se obsoleta inesperadamente.

O que as nanotecnologias tenderão a viabilizar, dadas as suas características especiais, será o rápido aprofundamento da industrialização dos processos de produção agrícola. A velocidade da industrialização da agricultura, até o surgimento das nanotecnologias, estava tecnicamente muito limitada, pois se adequava quase apenas ao campo da produção industrial. Recentemente, entretanto, o desenvolvimento científico e tecnológico indica que a industrialização quase total da agricultura poderá ser acentuada, ainda que não se saiba em qual prazo.

A concretização da industrialização quase total da agricultura resultará 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 ao se utilizarem as tecnologias mais modernas disponíveis.

A adoção e prática da agricultura inteligente significarão uma mudança quase radical do paradigma de produção. Opara (2004) considera que a agricultura inteligente será produto da convergência dos mais recentes desenvolvimentos científicos e tecnológicos, baseada em uma tríade com-

posta por biotecnologia, informação e comunicação tecnológica (ICT) e nanotecnologia. O mesmo autor considera que essa agricultura inteligente estaria destinada a revolucionar o espaço agrícola no século XXI, mas de modo muito mais radical do que as mudanças provocadas pela denominada “revolução verde”. Esse pesquisador sugere que a adoção desse tipo de tecnologia provocará impactos tecnológicos e socioeconômicos intensos e que o potencial da nanoeletromecanização na agricultura moderna será grande. Como decorrência do desenvolvimento do processo de miniaturização e eletromecanização da agricultura (nanoagricultura), surgirão questões sociais, políticas e éticas a serem enfrentadas.

Essa tríade de tecnologias convergentes é que provavelmente alavancará os futuros avanços tecnológicos no campo da agricultura e poderá constituir até mesmo uma das respostas para os atuais problemas do sistema convencional de produção em relação aos impactos ambientais por ele causados.

Outro aspecto que com o passar do tempo tende a se tornar cada vez mais problemático na agricultura moderna é a crescente necessidade de utilização de energia. Originária quase toda ela na forma de petróleo (fertilizantes, força motriz, agrotóxicos, etc.) que é um recurso natural não-renovável, poderá entrar em crise dada a elevação brutal dos preços dos insumos. As tecnologias convergentes poderão, então, apresentar-se como soluções para as necessidades energéticas da produção de alimentos e demais matérias-primas.

É nesse cenário de problemas da agricultura moderna que se coloca uma possível saída, dadas as potencialidades das nanotecnologias para reduzir o prazo de viabilização de uma agricultura inteligente. Nesse sentido, Opara (2004, p. 13, tradução nossa) considera que “A aplicação da nanotecnologia na agricultura terá, sem dúvida, profundos impactos na agricultura, com 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”.

Seguem-se alguns aspectos destacados por esse autor quanto às oportunidades já existentes e futuras para a nanotecnologia, 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, p. 13, tradução nossa).

O autor chama a isso *agrinfortronics*, que poderia ser traduzido para “agroinfortrônica”, ou seja, a união de agricultura, informática e eletrônica.

Opara (2004) julga necessária a integração entre biotecnologia, bioengenharia e nanotecnologia na agricultura, uma vez que na escala nano os problemas práticos da nanoagricultura somente poderão ser resolvidos com a participação dos diversos enfoques.

Já existem dispositivos para tal finalidade com aplicação potencial no campo. No Brasil, o agronegócio ou *agribusiness* moderno ainda não está caminhando para a adoção da agricultura inteligente, que busca reproduzir a inteligência humana. Esse tipo de reprodução dos processos industriais “inteligentes” depende da utilização da mecatrônica, complexos sistemas de automação e otimização em larga escala.

Dada as características da produção em escala nano, a contribuição dos dispositivos baseados nesta tecnologia, especialmente os sensores moleculares, poderão facilitar a aplicação da agricultura de precisão e promover a redução de seus custos, ainda elevados.

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.

O grupo canadense ETC lançou na internet, no mês de novembro de 2004, o documento *Down on the farm: the impact of nano-scale technologies on food and agriculture*, que analisa com profundidade o estado das artes e os possíveis impactos das tecnologias em nanoescala sobre a alimentação e a agricultura. Embora existam outros documentos nesse sentido, a abrangência, atualidade e surpreendentes novidades despertam interesse. Nele há indicações sobre a fusão da nanotecnologia com a biotecnologia e aplicações no setor agrícola.

Embora esta pesquisa tenha sido concluída em 2009, o documento datado de 2004 já alertava para: “[...] uma primeira visão das aplicações da nanotecnologia na alimentação e agricultura – tecnologias com potencial de revolucionar e mais adiante consolidar o poder sobre a oferta global de alimentos. [...] as tecnologias convergentes terão a capacidade de afetar profundamente as economias, o comércio e o sustento – incluindo a produção agrícola e de alimentos em todos os países.” (ETCGROUP, 2004, p. 4, tradução nossa)

A aplicação de nanopartículas na agricultura deve ser colocada em debate de modo a trazer à tona as preocupações expressas no documento do grupo, mas sem excluir os eventuais benefícios, ainda quase desconhecidos.

O relatório *Societal implications of nanotechnology and nanoscience* considera que:

A nanotecnologia contribuirá diretamente nos avanços da agricultura em numerosas formas com: a) químicos molecularmente engenheirados destinados a plantas nascentes e como proteção contra insetos; b) melhoramentos genéticos em plantas e animais; c) transferência de genes e drogas em animais; d) tecnologias baseadas em nano dispositivos para testes de DNA, os quais, por exemplo, permitirão a um cientista saber quais genes são expressos em uma planta quando ela é exposta ao sal ou as condições estressantes da seca.

[...] As aplicações das nanotecnologias na agricultura apenas começaram a ser apreciadas. (NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, 2001, tradução nossa).

Nos documentos que puderam ser consultados até o início de 2009⁵, setores favoráveis à aplicação mais livre da nanotecnologia argumentam que a agricultura necessita ser mais uniforme, mais automatizada, industrializada e reduzida a funções simples.

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.

O documento *Down on the farm* (ETCGROUP, 2004) inclui o importante aspecto da aplicação de pesticidas via encapsulamento. Muitas das grandes empresas do ramo agroquímico, como Basf, Bayer e Syngenta, já desenvolvem pesquisas sobre a formulação de pesticidas em nanoescala.

A Syngenta, empresa suíça, já comercializa pesticidas formulados como microemulsões. Para que se tenha idéia do reduzidíssimo tamanho dessas partículas e do que se entende por microescala, um litro do produto Zeon, com formulação microencapsulada, contém cerca de 50 trilhões de cápsulas, que são espalhadas rapidamente e, como aderem fortemente às folhas, resistem à ação da chuva e podem ser posteriormente liberadas sob controle (SYNGENTA, 2005).

⁵ Há um documento recente de instituição respeitável como o Greenpeace, cujo estudo *Future technologies: today's choices* trata das aplicações e mercados da nanotecnologia nas áreas de informática, farmacêuticos, medicina, energia e defesa, mas não apresenta referências diretas às descobertas e possíveis impactos no setor agrícola. Isto de certa forma demonstra como, mesmo em países desenvolvidos, ainda é reduzida a atenção dada às relações entre nanotecnologias e agricultura.

Segundo as indústrias, as vantagens da microencapsulação de pesticidas são evidentes, pois permitem que: o tamanho reduzido das partículas otimize sua eficácia; as cápsulas possam ser programadas para liberar seu princípio ativo nas mais variadas condições; seja maior o tempo de atividade do princípio ativo; haja redução de danos às culturas; seja menor a perda de pesticidas por evaporação; seja menor o efeito danoso sobre as demais espécies; haja redução do impacto ambiental; seja mais fácil o manuseio de pesticidas de elevada concentração; não ocorra mais entupimento dos bicos aspersores; utilize-se menor quantidade de produto e mantenha-se maior tempo da atividade química; reduza-se substancialmente o contato dos trabalhadores com o agroquímico; e seja reduzida a poluição do ar, solo e águas.

Segundo o grupo ETC, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (Usda) desenvolve também pesquisa para promover o que chama de *smart field system*, ou seja, o “campo inteligente”. Esse sistema, “[...] automaticamente detecta, localiza, informa e aplica água, fertilizantes e pesticidas – indo além do monitoramento para a aplicação de medidas corretoras” (ETCGROUP, 2004, p. 16, tradução nossa).

Outra idéia seria dispor de milhares de minúsculos sensores espalhados pelas plantações, como se fossem minúsculos olhos, ouvidos e narizes. Fica evidente a aplicação militar dessa tecnologia, que poderá também ser utilizada na agricultura.

No campo das embalagens, os avanços foram grandes (ETCGROUP, 2004). Um documento de um grupo de pesquisadores coreanos da Seul National University relata que, após oito anos de pesquisa, desenvolveu o que denominam Nano DNA-Bar Code System (NDBS), um código de identificação que seria invisível a olho nu. Este sistema funciona da seguinte forma: “Um DNA é encapsulado em um nanomaterial inorgânico, que é pulverizado ou impregnado em produtos como petróleo, tintas, produtos agrícolas ou animais. Esses produtos ficam encriptados com códigos genéticos que carregam informações referentes ao produto, contendo sua origem, detalhes de qualidade e de fornecedores. Isto permite que possam ser facilmente rastreados.”⁶

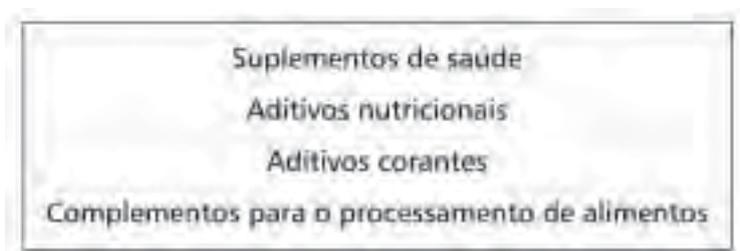
Os pesquisadores Miller e Senjen (2008) relacionam as principais empresas que estão desenvolvendo pesquisas e produtos ligados aos alimentos (*nanofoods*) (Quadros 3, 4 e 5, na próxima página).

⁶ Disponível em: <<http://www.theautochannel.com/news/2004/08/14/209084.html>>. Acesso em: 10 out. 2008. Tradução nossa.

Kraft	Cargill	Syngenta
Nestlé	Mars	Dupont
Unilever	Bayer	Bayer
Pepsi Co.	Basf	Monsanto

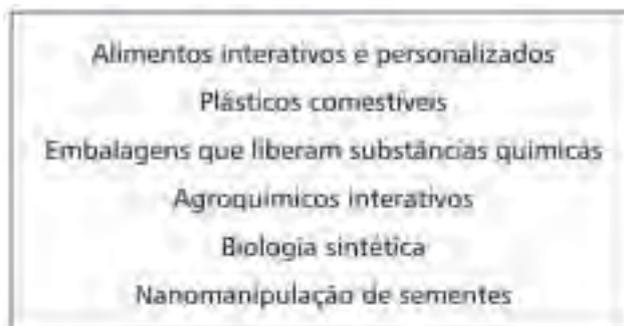
Quadro 3. Empresas que já estão envolvidas com as nanotecnologias

Fonte: MILLER; SENJEN (2008, p. 11).



Quadro 4. Produtos que já estão no mercado

Fonte: MILLER; SENJEN (2008, p. 9-11).



Quadro 5. Processos dos alimentos no futuro

Fonte: MILLER; SENJEN (2008, p. 12-14).

Ainda segundo os pesquisadores Miller e Senjen (2008), as nanotecnologias poderiam erodir as relações com a produção de alimentos reais. Os *fast foods* poderiam ser “melhorados” com as nanotecnologias. Tais alimentos passariam a ser vendidos não como simples alimentos, como se conhece, mas como “alimentos saúde” que trariam em si drogas funcionais, ou seja, alimentos nutracêuticos.

De acordo com os autores, as nanotecnologias poderiam também destruir o conhecimento sobre a produção agrícola moderna com suas aplicações, pois:

- A vigilância nanoautomatizada e sistemas de gerência poderiam reduzir ou eliminar postos de trabalho;
- As nanotecnologias poderiam transformar em *commodities* patenteadas o conhecimento sobre a produção agrícola moderna, ameaçando, dessa forma, a soberania alimentar além de concentrar o controle da produção agrícola e de alimentos;
- As nanotecnologias incorporadas à produção agrícola tenderiam a apressar os atuais padrões de patenteamento da vida, tornando poucas companhias donas de todo o conhecimento.
- As novas tecnologias poderiam também trazer 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, assim como as micropartículas, 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, inclusive no Brasil, já se encontravam nanoproductos livremente no mercado.

Sendo a literatura brasileira sobre nanotecnologia e agricultura muito escassa, assim como pesquisas sobre o tema, tomou-se como base um documento bastante completo, de autoria de Scott e Chen, *Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems*, do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, mas que tem a limitação de ter sido publicado em 2002, portanto há sete anos! Nele é apresentada uma relação de potenciais produtos a serem submetidos ao debate com os especialistas e o público, tornando-se referência para pesquisadores e agricultores brasileiros, principalmente no que toca ao prazos de concretização dos avanços das nanotecnologias na agricultura.

Esses elementos seguem os dois horizontes de tempo estabelecidos no trabalho anteriormente indicado, conforme o Quadro 6, na próxima página.

O professor Michael Ladisch, da Universidade de Purdue, considera que “Na agricultura, o potencial é de ter dispositivos realmente muito pequenos que possam identificar e interpretar as condições do campo [... e

Dentro de um prazo de 5 anos:
<ul style="list-style-type: none"> • Identificação e controle de patógenos, contaminantes e toxinas por meio das cadeias produtivas (pontos críticos de controle); • Sensoriamento remoto e contínuo dos produtos agrícolas durante sua produção em vários cenários ambientais; • Biossensores mais rápidos para detectar a presença de patógenos ou materiais estranhos durante o processamento de alimentos; • Biossensores mais rápidos para detectar patógenos ainda nas fazendas (patógenos, vírus e químicos); • Biossensores mais rápidos para detectar proteínas e organismos geneticamente modificados; • Kits miniaturizados para testes de determinação de patógenos no campo; • Monitores miniaturizados para melhoria dos recursos de armazenamento de grãos e rações; • Detectores baseados em proteínas ou micróbios em um chip; • Desenvolvimento de algoritmos de controle para integração do sensoriamento informação, localização, tratamento, num sistema de controle por meio de dispositivos que aperfeiçoem a agricultura inteligente e a pecuária inteligente; • Desenvolvimento de instrumentos de detecção de alteração da qualidade de alimentos em embalagem;
Dentro de um prazo de 5 a 15 anos:
<ul style="list-style-type: none"> • Análise da saúde de animais e plantas em tempo real; • Rápida resposta nos sistemas de produção por meio de sistema de sensores implantados; • Instrumentos mais eficientes para a medicina veterinária (para diagnósticos, terapia, detecção e prevenção de doenças); • Sensores portáteis para detecção de patógenos, vírus, químicos, proteínas e organismos geneticamente modificados durante o processamento dos produtos nas fazendas; • Proteção aos consumidores com sensores para identificar a qualidade dos produtos; • Sensores biodegradáveis para histórico de temperatura e umidade em alimentos armazenados; • Sensores biodegradáveis para rastrear parâmetros físicos e biológicos de culturas e de alguns tipos de alimentos processados; • Monitoramento da saúde e intervenção terapêutica em animais de grande porte; • Monitoramento da saúde e intervenção terapêutica em animais de pequeno porte; • Desenvolvimento de dispositivos não-invasivos para identificação precoce, em cultivos no solo, de suas alterações no metabolismo, respiração, excreções das raízes e ecologia microbiana da zona das raízes; • Uso mais eficiente da água, fertilizantes e pesticidas, decréscimo da poluição e maior economia ao se destruírem apenas as partes doentes das culturas, num estágio precoce de infestação; • Fazer funcionar um sistema de agricultura inteligente que detecte, identifique, relate, e trate a doença de um único animal infectado num rebanho antes do surgimento dos sintomas.

Quadro 6. Horizontes temporais de ocorrência de aplicações das nanotecnologias
Fonte: SCOTT; CHEN (2002).

prevê que,] se desenvolvidos, tais dispositivos alterariam em muito a maneira pela qual a agricultura funciona. Ao invés de esperar que um problema aconteça para então cuidar dele, o produtor, os processadores de alimentos seriam alertados do problema assim que acontecesse.” (apud TALLY, 2002, p. 3, tradução nossa)

Como exemplo, o autor refere-se à meta de acabar com a febre aftosa. Poder-se-ia ter sensores aplicados nos animais ou em instalações e, se os biossensores detectassem o vírus, eles o alertariam antes que os sintomas surgissem nos animais (LADISCH apud TALLY, 2002, p. 3).

Agricultura via manufatura molecular

O impacto mais radical que as nanotecnologias poderão ter nas cadeias de produção agrícola passará certamente pela manufatura molecular de alimentos e fibras.

Segundo o professor Chris Phoenix, do Centro para a Nanotecnologia Responsável dos Estados Unidos, em 2006 já existiam máquinas em escala molecular produzidas pelo homem em laboratório (MARTINS; DULLEY, 2008). Há uma máquina cujo motor é feito de proteínas e move o flagelo das bactérias. As máquinas moleculares já existem e os cientistas da área técnico-científica propõem-se a trabalhar e projetar esse tipo de equipamento. O propósito é fabricar máquinas que sejam sistemas de manufatura. Para este pesquisador, falar em nanotecnologia não é brincar de Deus, é brincar de ser homem, ao passar pela engenharia, projetar coisas, fazer as coisas funcionarem. Ele concorda que é uma postura bem reducionista, mas para ele o reducionismo já conseguiu muitas coisas. Segundo Phoenix, haveria uma caixa que contém tudo aquilo que fosse necessário para a nanomanufatura, e a idéia é que seria mesmo uma aplicação que ficaria em cima da mesa, tudo ficaria ali e seria totalmente automatizado. Drexler apresentou uma nanomáquina cuja reprodução aparece na Ilustração 3, na página seguinte.

Segundo Chris Phoenix (MARTINS; DULLEY, 2008), em teoria a nanomáquina poderá ser um substituto do microondas, e boa parte da população poderá ter em casa para fabricar aquilo que lhe convier.

Esse avanço tecnológico poderia provocar perda de empregos, por causa da automação; mas isto é apenas uma parte da história. Considera Chris Phoenix (MARTINS; DULLEY, 2008, p. 381) que, se pode haver perda de empregos, isso só ocorrerá porque a manufatura não incorpora o custo de trabalho e é baixo o custo de material. Ainda segundo esse autor, a importância da manufatura molecular é que ela é uma manufatura para princí-



Ilustração 3. Conceito artístico de uma nanofábrica portátil

Fonte: CENTER FOR RESPONSIBLE NANOTECHNOLOGY (2008)

pios gerais. Pode-se praticamente fazer qualquer coisa, e os produtos terão um desempenho muito melhor do que o das máquinas hoje. Já há um sistema que está sendo desenvolvido, chamado laboratório de fábula, que consistiria em fabricar tecnologias diferentes para cada diferente geografia ou local. Seria possível produzir uma fábrica muito rapidamente e a base para a manufatura se tornaria muito mais abundante, o que faz muita diferença. As fábricas ficariam 10 mil vezes mais rápidas. Hoje o sistema de manufatura pode conseguir duplicar-se em uma década; por exemplo, uma fábrica demoraria dez anos para conseguir criar outra igual a ela própria. Com esse tipo de nanotecnologia proporcionando a replicação em curto espaço de tempo, dias ou horas, isto com certeza caracterizaria uma drástica revolução.

As mudanças revolucionárias poderiam ser relacionadas às diferentes áreas, conforme Quadro 7, a seguir.

Em relação aos riscos das nanotecnologias e à manufatura molecular, um texto tornou-se clássico. Seu título traduzido ao português é *Por que o futuro não precisa de nós*. Neste texto, Bill Joy afirma que a manufatura molecular é a fonte da *grey goo* ou geléia/gosma cinza, que aponta para

Ocorrência	Conseqüências
Manufatura molecular de alimentos e fibras	Liberação da maior parte das terras utilizadas para a produção agrícola
Possibilidade de culturas com água salgada	Forte interferência nas relações intercapitalistas no comércio de <i>commodities</i> agrícolas
Utilização de água filtrada para a irrigação agrícola	Dependência do comportamento dos consumidores em relação a sua disposição para o consumo de alimentos produzidos via manufatura molecular frente à oferta dos mesmos produzidos de modo convencional na natureza
Alimentos nutraceuticos	
Existência de um insumo geral que sirva simultaneamente como inseticida, fungicida, herbicida, hormônio de crescimento, etc.	

Quadro 7. Ocorrência e conseqüências das mudanças nanotecnológicas revolucionárias
Fonte: os autores.

um cenário de fim da existência da vida neste planeta⁷. Este texto provocou várias divergências e debates, uma vez que alguns cientistas concordaram que isso poderia destruir o planeta. O argumento do referido autor para tal vaticínio está fundado na possibilidade de que as nanomáquinas/nanorobôs que se autoreplicavam sob o controle da espécie humana, em dado momento da história passarim a fazê-lo fora desse controle. Isto acarretaria sua reprodução em tamanha velocidade que, em contato com os diversos ecossistemas existentes no planeta, enquanto elemento exógeno a eles, passaria a ser dominante e, com isto, viria a suprimir toda forma de vida no planeta Terra em questão de dias.

Enquanto isso, vários outros pesquisadores, que tiveram problemas de financiamento por causa deste texto de Bill Joy, declararam que a manufa-

⁷ Para maiores detalhes, consultar: <http://en.wikipedia.org/wiki/Grey_goo>.

tura molecular é bastante possível. Isso causou muitas críticas. O Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos aprovou projetos de pesquisa neste campo, afirmando que esse tipo de manufatura molecular pode realmente acontecer, reconhecendo essas possibilidades.

De qualquer forma, o ceticismo técnico ainda permanece. Isso vai acontecer? Sim. Quando? As incertezas presentes não permitem indicar uma data. Muitas pessoas estão trabalhando com isso implicitamente e outras, mais ainda, explicitamente. Quando isso vai acontecer? Poderá ser de repente, poderá ser antes de 2020, por isso o tempo para montar estratégias e se preparar é exíguo.

Há que pensar cuidadosamente nas vantagens e desvantagens de seu uso e quais impactos positivos e/ou nocivos virão no conjunto.

Nanotecnologia, meio ambiente, saúde e sociedade

O entendimento das relações existentes entre o meio ambiente, a saúde humana e as nanotecnologias passa por várias concepções. A concepção aqui adotada é a de que essas novas tecnologias, em seu processo de desenvolvimento, devem estar submetidas a alguns princípios orientadores que possam supervisioná-las. O Centro Internacional para Avaliação de Tecnologia (International Center for Technology Assessment) e a ONG Amigos da Terra (Friends of the Earth), ambas dos Estados Unidos, em conjunto com cerca de 70 entidades de vários continentes, elaboraram o documento intitulado *Princípios para a supervisão das nanotecnologias e nanomateriais* (NANOACTION, 2007). De um total de oito princípios que se encontram neste documento, elegeram-se aqui três, diretamente relacionados a este objeto de análise, para que se possa refletir sobre as interações entre nanotecnologias, meio ambiente e saúde humana.

O primeiro deles, denominado *princípio da precaução*⁸ (NANOACTION, 2007, p. 4, tradução nossa), é assim entendido: “Quando alguma atividade ameaça a saúde humana e o meio ambiente, devem-se tomar medidas de precaução, inclusive quando as relações de causa e efeito não são totalmente estabelecidas de maneira científica”. A adoção deste princípio implica também aceitar o entendimento de que, sem informações sobre

⁸ O princípio da precaução é uma medida de que se lança mão diante de incertezas científicas, em que se transfere o “ônus da prova” aos proponentes de determinada atividade e não às vítimas ou vítimas em potencial. Recorre-se ao uso de processos democráticos para a adesão e observação do princípio, inclusive de direito público, diante de ações potencialmente prejudiciais.

saúde e riscos, não há mercado. Portanto, um ciclo adequado de avaliação dos nanomateriais deve ser definido e conduzido antes de sua comercialização. Claro que este princípio se aplica a toda a cadeia de produção soja.

Isto se faz necessário na medida em que trabalhos científicos apontam para o fato de que a exposição dos seres vivos a alguns nanomateriais, nanodispositivos ou produtos derivados das nanotecnologias pode resultar em danos sérios à saúde humana e ao meio ambiente, em função da alta reatividade, mobilidade e outras propriedades presentes na matéria em escala atômica e molecular, podendo gerar níveis de toxicidade desconhecida.

O segundo princípio que se deve explicitar trata da *saúde e segurança* do público e dos trabalhadores. Devido ao tamanho das nanopartículas, estas podem cruzar membranas biológicas, células, tecidos e órgãos com maior facilidade que partículas de dimensões maiores. Quando inaladas, podem passar dos pulmões para a corrente sanguínea. Também podem penetrar na pele via a presença de tensoativos ou se a pele for massageada, tendo com isto acesso à corrente sanguínea. Quando ingeridos, os nanomateriais podem atravessar as paredes gastrintestinais e chegar ao sistema circulatório; posteriormente, podem aderir e infiltrar-se em diferentes órgãos e tecidos, incluídos cérebro, fígado, coração, rins, baço, medula óssea e sistema nervoso. Quando se encontram dentro das células, as nanopartículas podem interferir no funcionamento normal, causar oxidação e eventualmente implicar morte celular.

As pessoas que pesquisam, fabricam, embalam, manipulam, transportam, usam e descartam nanomateriais – milhares delas participantes da cadeia de produção da soja – são as que estão mais expostas a estes problemas de saúde. Em especial os trabalhadores diretamente envolvidos nos processos produtivos que utilizam nanopartículas estarão correndo acentuados riscos de saúde, na medida em que não existe nenhuma regulação a respeito no Brasil.

É de domínio público a questão da exposição aos agrotóxicos a que estão submetidos os trabalhadores rurais brasileiros e que, em futuro próximo, poderão estar manipulando diretamente agrotóxicos que contém nanocomponentes. A cultura da soja é uma das que mais exige a presença destes agrotóxicos em seus processos produtivos, o que requer toda a precaução para que estes novos produtos não afetem ainda mais a saúde destes trabalhadores. Embora haja previsão de que o contingente de trabalhadores ligados às atividades que envolvam nanomateriais e nanopartículas esteja em crescimento, ainda não se produziram métodos

aceitáveis para medir a exposição a nanomateriais no ambiente de trabalho. Cabe, ainda, ressaltar que os procedimentos-padrão já conhecidos, relativos à proteção e à saúde dos trabalhadores, devem ser revistos e adequados ao uso dos nanomateriais.

O terceiro princípio que norteia esta análise é o *princípio da sustentabilidade ambiental*. Isto implica a compreensão de que se deve realizar uma avaliação do ciclo de um nanomaterial (manufatura, transporte, consumo, reciclagem e descarte) antes que este seja colocado no mercado. Isto deve ser feito porque, uma vez livre na natureza, os produtos fabricados com nanomateriais representam uma classe totalmente nova de contaminantes. Assim sendo, novos impactos e danos ambientais podem ser esperados a partir de novas características incorporadas pelos produtos que contém nanopartículas, como, por exemplo, a mobilidade e persistência no solo, água e ar, bioacumulação e interações inesperadas com químicos e materiais biológicos.

A história do desenvolvimento da agricultura brasileira e mundial registra inúmeros problemas ambientais decorrentes da utilização intensa de agrotóxicos como os organoclorados, fosforados, peritróides, etc. nas diversas culturas, sendo que uma das mais importantes em termos de uso destes agrotóxicos é a cultura da soja. Portanto, pode-se prever que os impactos e danos ambientais acima apontados poderão estar presentes nesta cadeia de produção, intensificando e/ou acrescentando-se novos problemas decorrentes da presença de nanopartículas no meio ambiente.

É preciso lembrar que toda avaliação de riscos, parâmetros de toxicidade e padrões mínimos de regulação utilizados em diversos países, inclusive Estados Unidos, Brasil ou mesmo Europa, foram elaborados com base em material de tamanho maior que as nanopartículas. Assim sendo, as medidas usadas nestas legislações, como a relação entre massa e exposição, são insuficientes para os materiais nanoestruturados. As leis vigentes não utilizam a análise de ciclo de vida e falham em identificar e regular as lacunas legais existentes. O manejo da sustentabilidade ambiental dos nanomateriais exige que estas falhas sejam corrigidas.

Possivelmente, nem todos os elos da cadeia de produção agrícola terão condições de incorporar em prazos semelhantes esses insumos/produtos nanotecnológicos. Mas, pela história pregressa é possível afirmar que a soja será uma das primeiras culturas a adotá-los, pois ao longo de décadas vem incorporando tecnologias de ponta. No Brasil, essa aplicação é bastante limitada até o presente momento (junho de 2009).

A conscientização da população, de modo semelhante ao que ocorreu com os produtos transgênicos, provavelmente passará a ter papel impor-

tante no processo de incorporação ou não das nanotecnologias na agricultura/soja e, de modo mais drástico, no caso dos alimentos nanomanufaturados.

Na medida em que ainda se está nos primórdios das aplicações das nanotecnologias na agricultura, não há como, no caso brasileiro, partir de casos concretos para fazer reflexões sobre os impactos ambientais e na saúde decorrentes da utilização dessas inovações na cadeia da soja.

Assim sendo, as reflexões apresentadas a seguir estão fundamentadas em trabalho elaborado pelos professores da Universidade de Michigan, William Hannah e Paul B. Thompson (2008), que faz uma interessante e profunda revisão sobre o tema.

Claro que há o discurso predominante de que as nanotecnologias são/serão amigas do meio ambiente (*environmentally friendly*) e podem ser identificadas como promissoras. Hanna e Thompson indicam, por exemplo, os seguintes setores: combustíveis, energia, filtros, monitoramento, agricultura, etc. Um efeito positivo destas nanotecnologias seria a diminuição da emissão de CO², via aditivos que contém nanopartículas e que, ao serem misturados com os combustíveis fósseis, apresentam como resultado do processo de combustão uma menor emissão de CO² no escapamento dos veículos.

Vários dos exemplos anteriormente indicados (energia, combustível, agricultura) estão diretamente presentes nas atividades de vários elos da cadeia da soja objeto de análise desta pesquisa.

Para tanto, adotou-se como variáveis principais a serem trabalhadas: exposição, risco e toxicidade para humanos e não-humanos. Os nanofalimentos são aqui entendidos como aqueles em que as técnicas ou ferramentas nanotecnológicas foram usadas durante o cultivo, produção, processamento ou embalagem do alimento.

As atividades diretamente ligadas à cadeia de produção investigada podem ser fontes de exposição às nanopartículas. Uma das possibilidades é justamente por meio da ingestão de alimentos (onde a soja está fortemente presente), da água e do ar. Claro que os processos produtivos dos diversos elos da cadeia da soja estão diretamente relacionados ao manejo do ar, da água e do próprio alimento.

As rotas de exposição às nanopartículas já estão identificadas: inalação, absorção pela pele e ingestão. As fontes de exposição ambiental dessas poderão ser via liberação intencional ou não-intencional, mitigação da poluição ambiental, deposição de produtos de consumo. Deve ser considerada também a probabilidade de que solos, plantas, animais, água e atmosfera possam captar nanopartículas de várias maneiras.

Segundo Hannah e Thompson (2008), é preciso considerar os impactos em termos de nanopartículas não-engenheiradas (produzidas não-intencionalmente na natureza) e engenheiradas (produzidas em laboratórios de forma intencional). Os dados disponíveis até o presente são relativos à exposição da população em geral às nanopartículas não-engenheiradas. Isto poderá ser medido no futuro próximo.

Não existem ainda pesquisas relativas às nanopartículas engenheiradas e seus efeitos no âmbito ocupacional, ou seja, relativas à exposição de trabalhadores a este tipo de nanopartícula, embora já existam evidências sobre exposições ocupacionais e ambientais às nanopartículas engenheiradas. Certamente, em um curto espaço de tempo serão essas que estarão presentes de forma predominante nos diversos ecossistemas existentes no planeta, e obviamente, nos diversos processos produtivos, entre os quais o relativo à cadeia da soja. É preciso considerar que a exposição às partículas engenheiradas é de difícil medição.

Mesmo sendo conhecidas a estrutura, o tamanho e as propriedades das nanopartículas, sua interação com o meio ambiente varia intensamente. Um fato importante a ressaltar é que aqui não se aplica a relação dose/resposta tradicionalmente utilizada. A razão fundamental disto é que as nanopartículas se comportam de forma diferente daquelas de tamanhos superiores.

Outro aspecto ressaltado por Hannah e Thompson (2008) e ao qual se deve estar atento é à intensidade da movimentação das nanopartículas, que pode ocorrer pelo ar, água ou solo. Essa mobilidade está diretamente relacionada à questão da exposição (a que está submetida à população em geral, e em especial os trabalhadores rurais e urbanos) e sua mensuração. Essa mobilidade depende das características de cada uma delas como, por exemplo, tamanho, carga, aglomeração, solubilidade, difusão, deposição, etc. Há duas posturas básicas em relação ao enfrentamento deste desafio colocado pelas nanopartículas no que toca aos riscos ambientais e de saúde dos seres vivos. A primeira postura vem do órgão governamental dos Estados Unidos denominado Iniciativa Nanotecnológica Nacional (National Nanotechnology Initiative – NNI), responsável pelas ações em nanotecnologia. Este órgão, fundado em 2000, considera que a maioria dos cientistas envolvidos na produção de nanotecnologia nos Estados Unidos e em outros países, inclusive o Brasil, acata a proposta de que os riscos das nanotecnologias têm de ser estudados caso a caso. Assim sendo, depois que determinada nanopartícula for caracterizada como segura, medidas de controle devem ser tomadas e aplicadas de forma específica. Desta forma, o gerenciamento do risco relativo às nanopartículas

implicaria o uso de mensurações para determinar qual a nanopartícula menos tóxica, e mesmo assim reduzir sua produção e exposição, além de controlar sua liberação.

A segunda postura, defendida por uma série de entidades da sociedade civil organizada (EtcGroup – Canadá, Greens – Austrália, Friends of the Earth – Estados Unidos), propõem uma moratória e a adoção do princípio da precaução, já mencionado anteriormente. A moratória em todo o uso das nanotecnologias pode ser encarada como uma forma mais “dura” de se adotar esse princípio. Em sua forma mais branda, o princípio da precaução prega uma ação preventiva a ser tomada, mesmo sem evidência científica de nexos causais dos riscos oriundos das nanopartículas.

Ainda de acordo com Hannah e Thompson (2008), as limitações institucionais, orçamentárias e de recursos humanos indicam que a análise caso a caso das nanopartículas será de grande dificuldade de execução, mesmo nos Estados Unidos e Europa. Várias entidades estadunidenses, entre as quais o Woodrow Wilson Center, têm alertado sobre as limitações de recursos para a realização deste tipo de pesquisa. Pode-se imaginar o que ocorrerá quando milhares de diferentes nanopartículas estiverem no mercado, pois a análise caso a caso certamente não será factível.

Quanto às implicações sociais das nanotecnologias, elas podem ser analisadas sob diversas perspectivas. Um roteiro desta análise pode ser visto na Ilustração 4, na próxima página, elaborada pela agência governamental estadunidense Fundação Nacional da Ciência (National Science Foundation, NSF).

Seguindo este roteiro, o primeiro impacto social pode ser em termos de empresas e/ou segmentos industriais que poderão encerrar suas atividades e outros que poderão passar a existir⁹. Por outro lado, devem começar a existir empresas que detenham a capacitação tecnológica para a fabricação de nanoprodutos.

Pode-se pensar em evento semelhante para a cadeia de produção da soja, quer seja a montante ou a jusante da produção agrícola, em que um de seus insumos possa ser substituído (máquinas mais leves substituindo as atuais, que são pesadas e provocam muita compactação do solo) ou que um novo processo de transformação da soja possa ser implementado

⁹ Um exemplo pode ser o relativo à empresa que fabrica limpadores de pára-brisas para automóveis. Na medida em que os vidros dos carros passem a contar com um nanofilme que impede a aderência de qualquer coisa ao vidro, por exemplo, a água, tornando os limpadores de pára-brisa sem função, a indústria/empresa que se dedica a isto poderá encerrar suas atividades produtivas.



Ilustração 4. Implicações sociais da nanotecnologia

Fonte: NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (2001).

(nanocatalisadores capazes de substituir o hexano no processo de extração do óleo).

Isto tem reflexo direto na questão do emprego, pois muitos postos de trabalho serão fechados e outros abertos, indo mais na direção de eliminar postos do que na geração de novos. Isto ocorreu ao longo da implantação de outras tecnologias, como a informática, por exemplo. No caso brasileiro, a migração rural-urbana já demonstrou os inúmeros problemas que acarreta. O impacto sobre o trabalho ao longo de uma importante cadeia de produção, como a da soja, deve ser avaliado como elemento balizador da adoção desta tecnologia.

No que diz respeito aos impactos nas pessoas, pode-se levantar a questão da sua qualificação, pois, com as nanotecnologias, novas habilitações/conhecimentos serão exigidos para que os trabalhadores possam estar integrados à força de trabalho. Isto coloca grandes desafios em termos de empregabilidade para o conjunto dos trabalhadores e suas instituições representativas e para o sistema público de formação da mão-de-obra necessária a este novo tipo de parque industrial. Como exemplo prático desta questão, pode ser indicado o caso das máquinas sofisticadas utilizadas no processo de produção da soja – tratores e colheitadeiras que possuem uma série de sensores e cuja pessoa que maneja têm de saber como efetuar as leituras dos dados dos sensores. Portanto, mais qualificação da mão-de-obra rural passa a ser exigida neste processo produtivo.

As questões relativas à seguridade social poderão ser afetadas de maneira intensa, dado que o número de contribuintes é um elemento central para o bom andamento deste sistema. Na medida em que empresas/indústrias sejam fechadas, mais postos de trabalho podem ser eliminados, diversos impactos sociais poderão ocorrer, como o agravamento da concentração de renda. O provável neste processo é que os membros da agricultura familiar, que dependem diretamente do sistema previdenciário, sofrerão muito mais que os grandes produtores de soja, que têm maior possibilidade de ter suas pensões privadas.

Outra forma possível de haver um grande impacto social e econômico em dado país será via a substituição de matérias-primas proporcionada pela produção de novos nanomateriais. As sociedades dos países exportadores de *commodities* minerais e agrícolas – de suma importância no Produto Interno Bruto (PIB) de cada um destes países – poderão sofrer de forma intensa caso sejam produzidos, por exemplo, nanomateriais substitutos do cobre ou do ferro. Isto também pode ser pensado em termos de *commodities* agrícolas, como a soja. Em se materializando esta hipótese, estes países terão sérios problemas em suas balanças comerciais, tornar-se-ão mais pobres e, com isto, aumentará o fosso existente entre nações ricas e pobres.

Além de mais pobres, também se tornarão mais dependentes dos chamados países do Primeiro Mundo, líderes no desenvolvimento das nanotecnologias. As soluções para os problemas já conhecidos dos países em desenvolvimento poderão ser encaminhadas não na perspectiva de soluções ambientalmente corretas com a colaboração das nanotecnologias, mas sim impondo soluções originadas nas chamadas “caixas pretas” exportadas pelos países desenvolvidos.

As nanotecnologias, como todas as demais tecnologias, não são neutras. Diversos atores sociais e seus respectivos interesses estão presentes no desenvolvimento desta tecnologia e, com isto, os diversos impactos nos campos social, ambiental e de saúde estão em disputa. Uma das faces desta disputa pode ser vista no investimento de recursos públicos para os estudos relativos a estes impactos, quando comparados com os disponíveis para a produção de conhecimentos relativos a processos e produtos nanotecnológicos.

Conforme já explicitado neste tópico, na medida em que não há ainda uso das nanotecnologias na cadeia de produção da soja do Brasil, optou-se por apresentar as reflexões sobre as relações entre nanotecnologia, meio ambiente, saúde e sociedade fundamentadas em uma série de documentos de projeção internacional, bem como apresentar as possíveis relações

destas questões com a cadeia produtiva da soja no Brasil. Com isto, indica-se que a mesma tecnologia que deve ser a base para uma possível quinta revolução industrial carrega consigo aspectos relativos a seus impactos sociais, econômicos, ambientais, na saúde humana, que devem também merecer a alocação de recursos públicos para a produção de conhecimentos voltados aos interesses da sociedade como um todo.

Soja e nanotecnologias

As nanotecnologias envolvem recursos em pesquisas e faturamento da ordem de bilhões de dólares, o que condiciona sua aplicação na agricultura àqueles produtos que apresentam elevado valor de produção e participação no mercado e que são propícios à incorporação de inovações tecnológicas. Neste contexto, destaca-se a cultura da soja como um dos principais expoentes e cujas características serão expostas a seguir.

A estratégia de modernização da atividade agrícola iniciada a partir de meados do século XX propiciou o aumento da oferta de matérias-primas para a indústria de alimentos no mercado interno e, também, de produtos exportáveis. Desta forma, conectou o setor agrícola à indústria por meio da demanda de insumos e de máquinas para produção, beneficiamento e obtenção de derivados.

Nesse contexto se insere o cultivo da soja, no qual os avanços tecnológicos iniciais, regidos sob os princípios da revolução verde e a constância na adoção de inovações, constituem a base do modelo de exploração nos principais países produtores, entre os quais o Brasil.

O desenvolvimento tecnológico da sojicultura no Brasil pode ser considerado relevante no contexto da inovação para o agronegócio. No país, suas bases técnicas são fortemente fundadas no sistema de produção convencional originário da revolução verde e estão sofrendo influências dos avanços na biotecnologia. Desta forma, a cultura da soja não deve ficar alheia ao desenvolvimento e aplicações já existentes e, para um futuro próximo, das tecnologias em nanoescala.

Os avanços na produção e na produtividade da cultura da soja no Brasil decorrem do investimento inicial em tecnologia e à constância na adoção de inovações que constituem a base de seu modelo de produção. Embora os aspectos conjunturais tenham favorecido a primeira fase da expansão da oleaginosa no país, a grande vantagem da cultura foi a de ter incorporado a inovação tecnológica desde o início de sua exploração comercial.

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 à alimentação (humana e animal) até à indústria farmacêutica e siderúrgica. Essa diversidade é possível porque as indústrias de processamento produzem co-produtos que se constituem em importantes matérias-primas para diferentes setores industriais e da agropecuária.

O complexo agroindustrial da soja desenvolveu-se como atividade voltada ao mercado externo do farelo, principal proteína vegetal usada em rações com vistas à produção de carne durante os anos 1970. Desse modo, o principal fator para a predominância da soja no mercado mundial de oleaginosas não decorre do desenvolvimento do mercado de óleos vegetais em si, mas do crescimento do mercado de farelo de soja a partir do pós-guerra, em especial nos países desenvolvidos (NOGUEIRA JUNIOR et al., 1997). Assim, a expansão do óleo de soja como fonte de gorduras vegetais justifica-se pela condição de subproduto da produção de farelo.

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 (Ilustração 5).

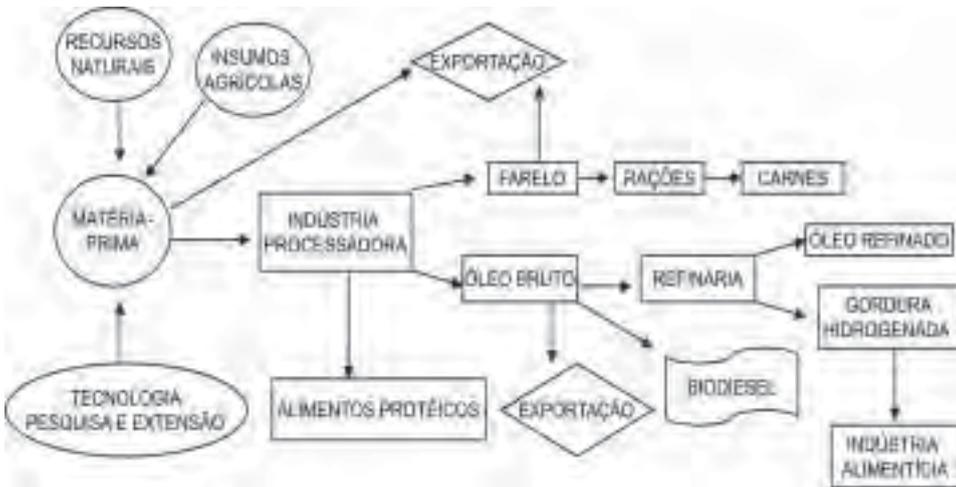


Ilustração 5. Cadeia de produção da soja

Fonte: os autores, com base em: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ÓLEOS VEGETAIS (2008)

Do processamento do grão de soja é extraído o farelo, principal componente protéico na fabricação de rações para animais, sendo também importante fonte de proteínas para a alimentação humana. Por sua vez, o óleo bruto, originado do mesmo processamento, é a matéria-prima para a etapa seguinte, a produção de óleo refinado, ou pode ser destinado à fabricação de biodiesel. O óleo refinado destina-se ao mercado varejista e/ou às indústrias alimentícias, inclusive às responsáveis pela produção de gorduras hidrogenadas. De acordo com o processo de produção dos óleos formam-se diversos tipos de gorduras, utilizadas na panificação e nas sorveterias. Além disso, o óleo de soja é amplamente utilizado na fabricação de gorduras solidificadas, entre as quais as margarinas e cremes vegetais têm maior participação no mercado. Embora existam algumas margarinas de canola, girassol ou milho, a maioria é elaborada à base de soja. Nesse segmento deve ser considerada, ainda, a maionese, que é produzida com óleo vegetal.

Complementam o complexo da soja os segmentos interligados por transações sucessivas, a saber: a) originadores, representados por armazenedores, cooperativas e *tradings*; b) distribuidores; e c) consumidores finais.

A soja hoje cultivada mundo afora é muito diferente dos ancestrais que lhe deram origem. Em seus primórdios, a soja era uma planta rasteira e habitava a costa leste da Ásia, principalmente a região norte da China, onde sofreu domesticação por volta do século XI a.C. Sua evolução ocorreu de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem, que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China. Apesar de conhecida como um grão sagrado e explorada intensamente na dieta alimentar do Oriente há mais de 5 mil anos, o Ocidente ignorou seu cultivo até a segunda década do século XX, quando os Estados Unidos iniciaram sua exploração comercial, primeiro como forrageira e posteriormente como grão. Em 1940, no auge do seu cultivo como forrageira, foram cultivados naquele país cerca de 2 milhões de hectares (ha) com tal propósito.

A partir de 1941, a área cultivada para grãos superou a destinada a forragem, cujo cultivo declinou rapidamente, até desaparecer em meados dos anos 1960, enquanto a área cultivada para a produção de grãos crescia de forma exponencial, não apenas nos Estados Unidos, como também no Brasil e na Argentina, principalmente (DALL'AGNOL; HIRAKURI, 2008). Os países sul-americanos destacam-se na produção de soja desde a década de 1970, com o aproveitamento do potencial agrícola proporcionado pelo incremento tecnológico e ampliação na área cultivada. Juntas, as produ-

ções brasileira e argentina em 2007 lideravam a oferta do grão, em detrimento da tradicional hegemonia dos Estados Unidos, responsável por dois terços da produção mundial ao final dos anos 1970.

Em 2007, os Estados Unidos respondiam por 33% da produção, seguidos pelo Brasil, com 27%, e pela Argentina com 21% do total mundial, perfazendo, portanto, 81% de toda a produção global de soja (Ver Mapa 1, na próxima página.).

No contexto das grandes culturas produtoras de grãos, a soja foi a que apresentou a mais elevada taxa de crescimento nas últimas quatro décadas. Embora originária da China, atualmente tem sua principal produção na América, que se tornou a principal fonte de abastecimento de alimentos para a humanidade. De acordo com Dall’Agnol e Hirakuri (2008) a partir de dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO), o crescimento da produção global da oleaginosa, de 1961 a 2007, foi da ordem de 4,6% ao ano, ao passar de 27 milhões para 216 milhões de toneladas, enquanto as produções de culturas como trigo, arroz, milho, feijão, cevada e girassol cresceram, em conjunto, apenas 2,1% ao ano (Gráfico 1).

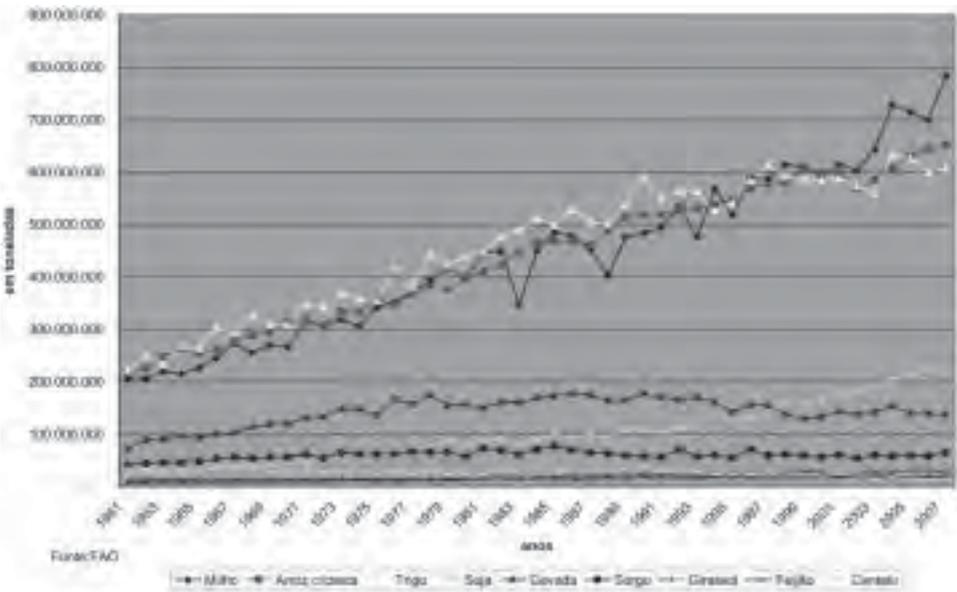


Gráfico 1. Evolução da produção mundial de grãos – 1961 a 2007

Fonte: ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E A ALIMENTAÇÃO (2008).



Mapa 1. Evolução da produção de soja em grão, por país – 1961 a 2007

Fonte: ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E A ALIMENTAÇÃO (2008).

Apesar de seu baixo teor de óleo (18% a 20%), a soja é a segunda oleaginosa mais importante do planeta, depois da palma (dendê). Atualmente responde por 29% do total de óleo vegetal produzido, contra 36% do dendê (óleo da polpa e da amêndoa). Estas duas oleaginosas, mais a colza (canola) e o girassol, respondem por quase 90% do óleo vegetal produzido em nível global (Gráfico 2).

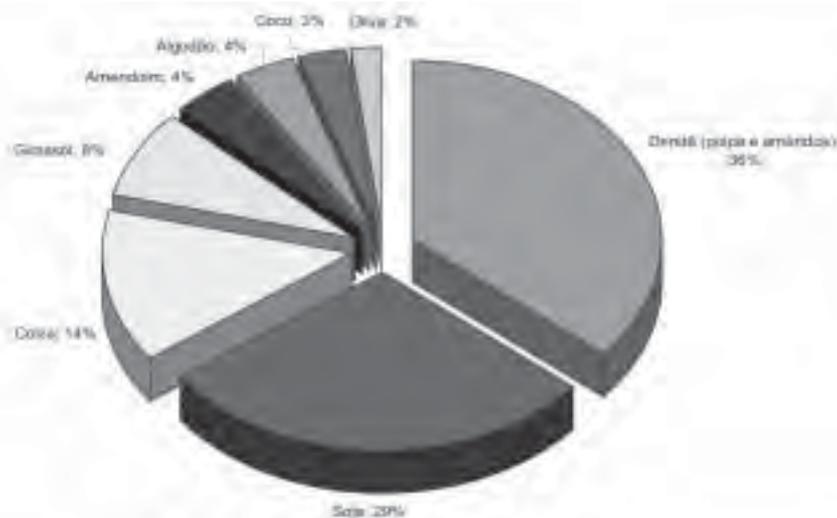


Gráfico 2. Produção Mundial de Óleos Vegetais – 2008

Fonte: ESTADOS UNIDOS (2008).

A utilização dos óleos vegetais para a produção de biodiesel como alternativa aos combustíveis derivados do petróleo traz modificações no mercado internacional de oleaginosas, o qual passou a incorporar um importante segmento da economia mundial, o energético, além do tradicional segmento de alimentos. Entre 2003-2004 e 2007-2008, o consumo mundial de óleos vegetais para alimentos cresceu 18%, enquanto para a produção de biodiesel o crescimento foi da ordem de 76%, entre os extremos do período. Desse modo, o mercado de óleos vegetais passou a ser influenciado pelo biodiesel, em função do aumento mais acentuado na procura por óleos vegetais para esse biocombustível.

O elevado teor de proteínas (40%) faz do farelo de soja a principal matéria-prima na fabricação de rações para alimentação de animais. Quase 70% do farelo protéico das rações é proveniente da soja (Gráfico 3, na próxima página).

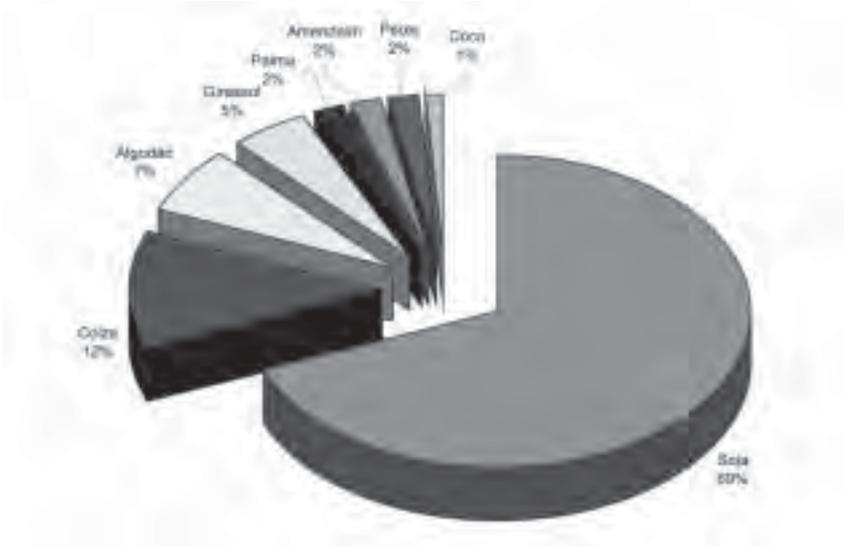


Gráfico 3. Produção mundial de farelos protéicos – 2008

Fonte: ESTADOS UNIDOS (2008).

Os Estados Unidos são os maiores exportadores de soja em grão, com 40% do total, enquanto o Brasil ocupa a segunda colocação, com 32%, seguido pela Argentina, com 17%. Vale destacar que a participação brasileira nas exportações mundiais dobrou em dez anos, uma vez que representava 15% em 1996-1997. Os fatores que contribuíram para esse comportamento referem-se à estrutura tributária brasileira e àquelas vigentes nos países importadores, bem como nos concorrentes.

Nas exportações de farelo de soja sobressai a Argentina, que responde por praticamente metade (48%) do total comercializado no mundo. Apesar de os Estados Unidos serem os maiores produtores, o país tem pequena participação no mercado internacional desse insumo, em virtude do grande consumo interno. Em 2007, a representatividade do Brasil era de 22%, bem menor que a verificada em meados dos anos 1990, quando respondia por cerca de 36% das exportações mundiais. Por outro lado, o consumo no mercado brasileiro é crescente para a fabricação de ração animal, em virtude inclusive do crescimento das exportações de carnes de frango e suína. Este aspecto é positivo, pois resulta em agregação de valor.

Para o óleo de soja, o comportamento das parcelas de cada país é semelhante ao observado para o farelo. Neste caso, a participação argentina é ainda maior, da ordem de 53%. O predomínio do uso do óleo de girassol no mercado doméstico e as características do sistema tributário justificam a liderança argentina nas exportações mundiais de óleo de soja.

O Brasil é o segundo maior exportador, com 22% do total, além de destinar a maior parte da produção ao mercado interno, uma vez que o óleo de soja constitui importante item da alimentação da população brasileira (BARBOSA; NOGUEIRA JUNIOR, 2007).

No *market-share* das importações, tem destaque a participação da China, destino de 47% das importações mundiais de soja. O aumento no consumo de carnes resultante do crescimento registrado na economia chinesa reforça a condição do país de grande comprador do grão para processamento em seu mercado interno. No período de 2001 a 2008, as importações de soja em grão da China aumentaram 186%, passando à liderança entre os importadores, lugar até recentemente ocupado pela União Européia.

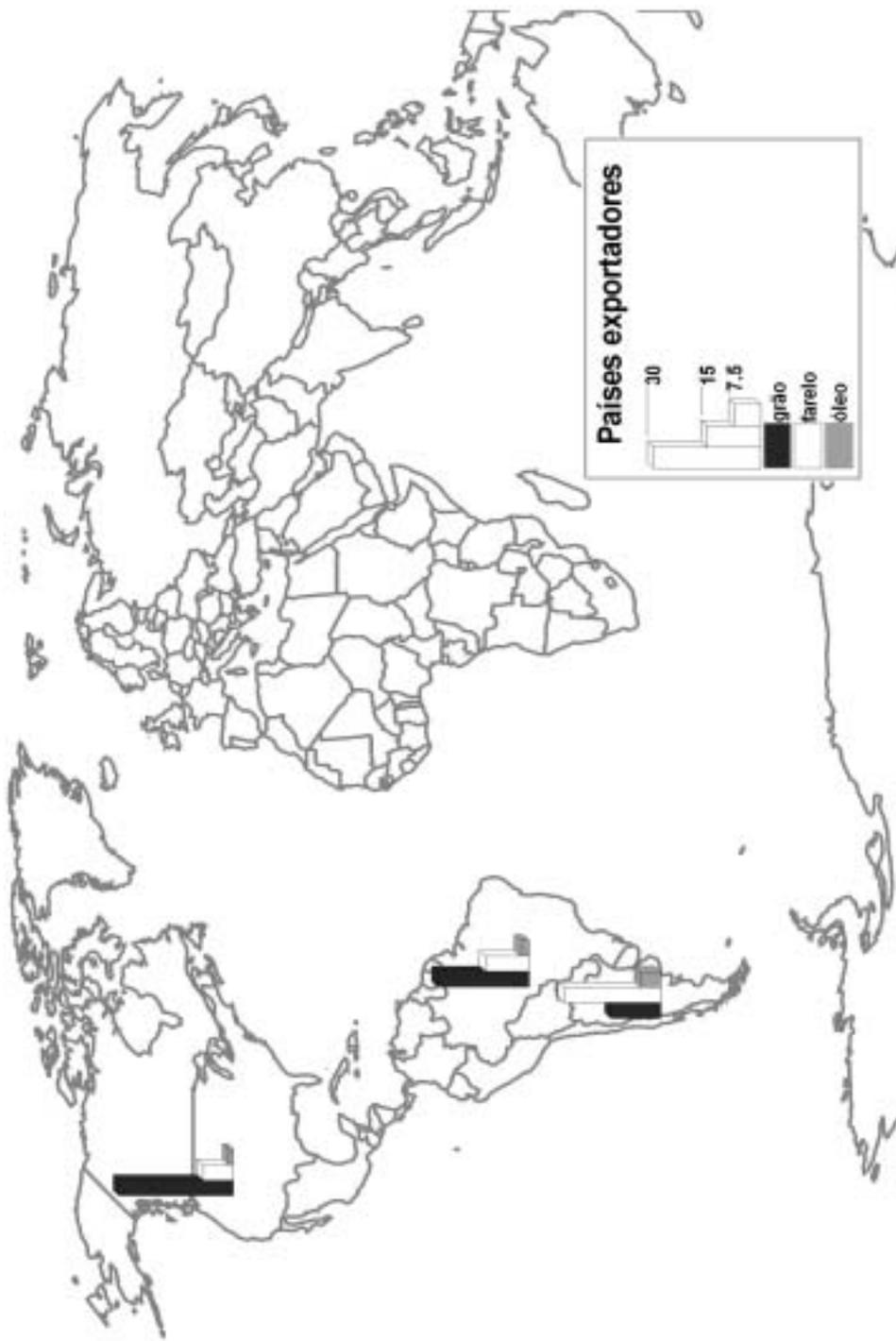
A forma de garantir a operação das fábricas de óleo e de farelo, os empregos e a renda no mercado chinês é a taxaçoão ou o imposto de importação aos produtos mais elaborados. A preferência chinesa pelo processamento interno da soja é traduzida pela aplicação de tarifa de importação de 3% para o grão, de 5% para o farelo e de 63,3% para o óleo. Além disso, ainda para o óleo de soja vigora o regime de quotas, que prevê tarifa ainda mais elevada para as importações superiores a determinada quantidade.

A demanda de farelo de soja é vinculada ao complexo cárneo, por meio da utilização em raçoões, em virtude da alta concentração de proteína, como já apontado. A União Européia é a principal importadora desse derivado, ao responder por 44% do total, para suprir sua produção de carne e de leite, bem como da pecuária intensiva que caracteriza a criação de bovinos no bloco econômico.

Isoladamente, a China é a maior importadora de óleo de soja, responsável por 26% do total mundial. Apesar da política chinesa de preferência das aquisições do grão para a fabricação de farelo e de óleo em seu próprio território, ainda assim há a necessidade de importações para o pleno abastecimento de sua numerosa população. Com exceção de União Européia e China, os principais mercados de óleo de soja são países em desenvolvimento.

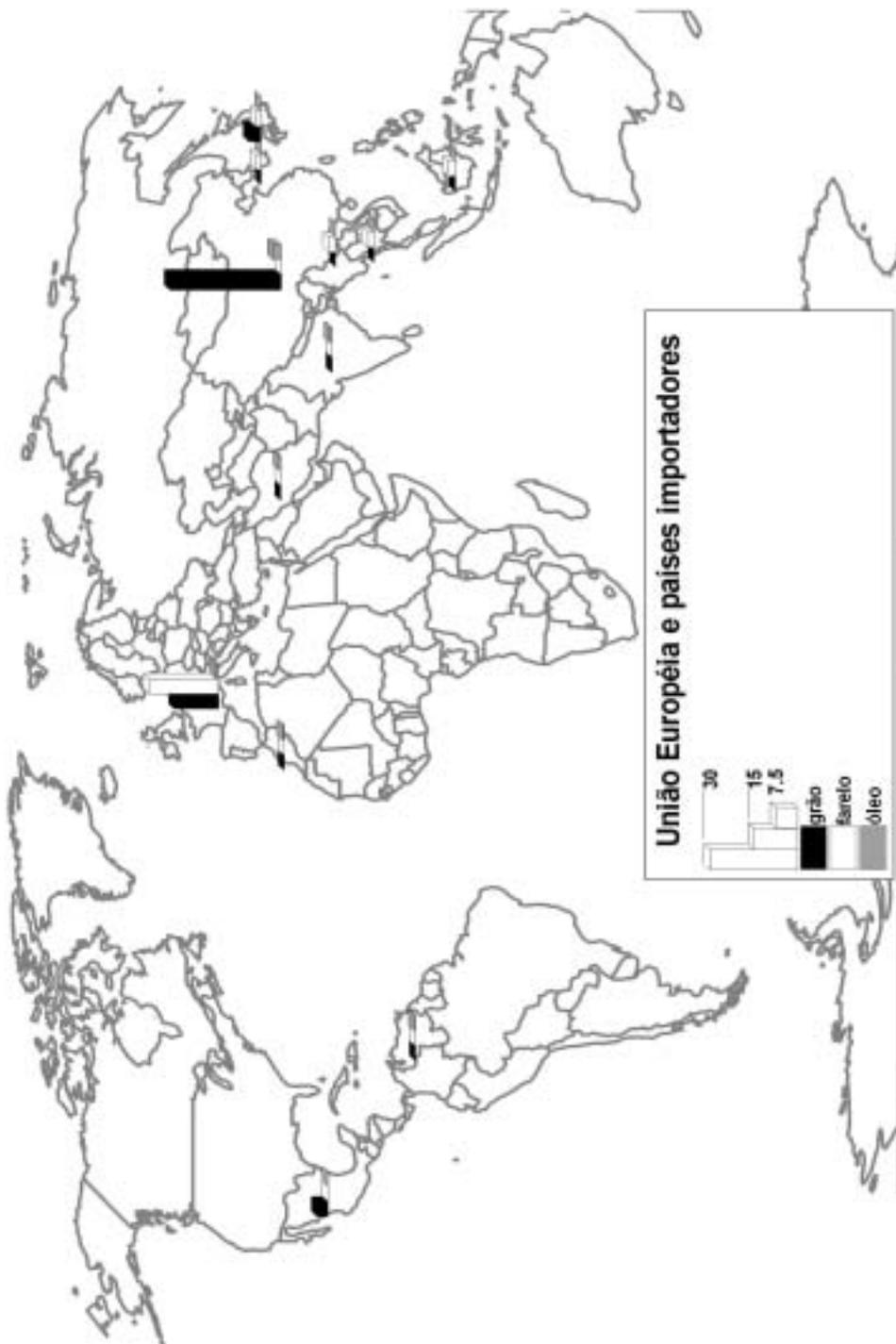
Contexto nacional da soja e seus derivados

A história da soja no Brasil tem características especiais. Seu cultivo efetivo deu-se a partir dos anos 1960, com grande expansão na área cultivada e, após conjuntura favorável nos anos 1970, tornou-se a principal exploração agrícola do país. A intervenção do Estado por meio da oferta de



Mapa 2. Países exportadores de soja, farelo e óleo – 2008

Fonte: ESTADOS UNIDOS (2008).



Mapa 3. Países importadores de soja, farelo e óleo – 2008

Fonte: ESTADOS UNIDOS (2008).

crédito subsidiado, políticas de preços mínimos e incentivos fiscais impulsionou a produção agrícola com base na necessidade de modernizar a agricultura. O financiamento de infra-estrutura básica e de serviços públicos também facilitou o escoamento da produção agrícola e criou condições para o investimento privado na indústria.

Entre as políticas públicas de apoio ao complexo soja, destacaram-se as aplicações de recursos em corredores de exportação e as medidas de política comercial voltadas à promoção das exportações de derivados. Com o objetivo de garantir o abastecimento da agroindústria da soja nascente, a incidência de impostos era diferenciada com alíquota maior para o grão. Entretanto, a partir da alteração do sistema de tributação em 1996, as exportações de grão, farelo e óleo de soja passaram a ser isentas, aspecto que será retomado adiante.

Com a possibilidade de cultivo em sucessão ao trigo, havia melhor aproveitamento dos fatores de produção e da estrutura cooperativista do cereal, o que garantia o suprimento da crescente capacidade de processamento industrial na Região Sul. Nesse cenário, merece ser destacado que a produção de soja no Brasil cresceu em dez anos a uma taxa de 36% ao ano (período de 1966-76).

Além disso, o rápido crescimento da avicultura brasileira ao final dos anos 1960, com alta tecnologia para a produção de frango de corte, provocou incremento acentuado na demanda interna por farelo de soja. Essa procura provocou elevação da oferta interna do óleo de boa qualidade com preço acessível, promovendo mudanças no hábito de consumo da população brasileira. Desse modo, o óleo de soja passou a ser o substituto de gorduras animais e de outros óleos vegetais, até então preferenciais, como o de amendoim e o de algodão.

Nas últimas décadas, a soja tem sido uma das atividades com maior dinamismo da agropecuária, com excelentes ganhos em toda a cadeia de produção. A evolução foi tão expressiva que o fenômeno passou a ser chamado de “ciclo da soja”, tal o desenvolvimento observado (GUTMAN, 2000).

A área cultivada apresentou taxa de crescimento anual de 7%, enquanto a produção cresceu 9% ao ano, entre 1966-1967 e 2007-2008. Nessa última safra, foram produzidas 59,9 milhões de toneladas, em área colhida de 21,3 milhões de ha. O crescimento mais acentuado na produção demonstra ganhos expressivos de produtividade da lavoura no país (Gráfico 4, a seguir).

A contribuição da tecnologia para o desenvolvimento da cultura da soja no Brasil também é evidente quando se observa a evolução através da linha de tendência da produtividade média, que alcança 2.816 kg/ha em 2007 (Gráfico 5).

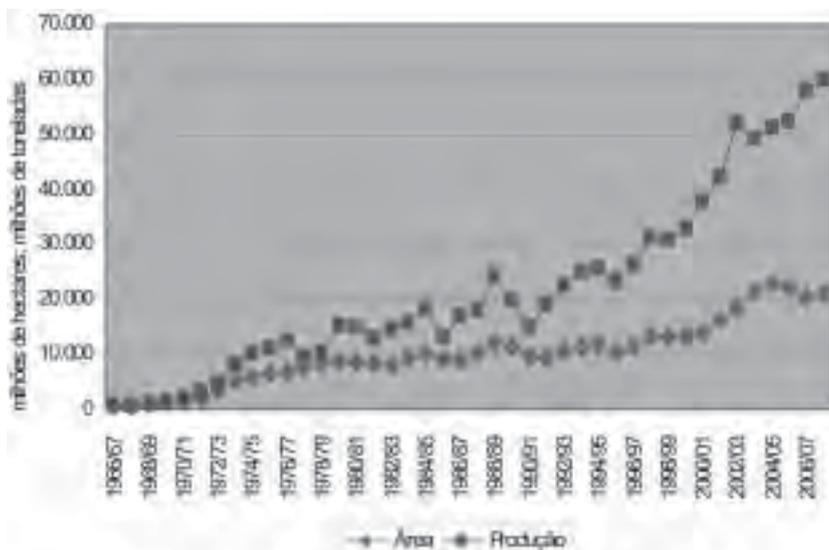


Gráfico 4. Evolução da área colhida e produção, cultura da soja (Brasil, 1966-1967 a 2006-2007)

Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2008).

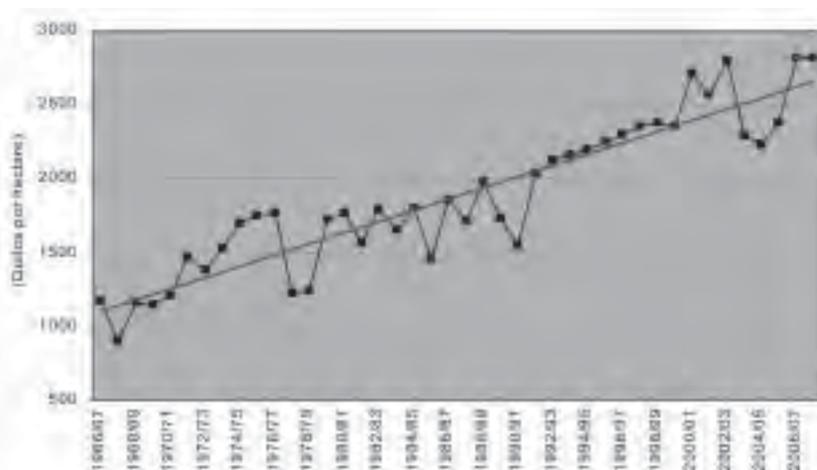


Gráfico 5. Evolução da produtividade média, cultura da soja (Brasil, 1966-1967 a 2006-2007)

Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2008).

A mais recente expansão da soja, a partir da década de 1990 na região do cerrado, exemplifica a capacidade de incorporação de inovação na atividade, pois esta agricultura é resultado da combinação de modernas tecnologias mecânicas, químicas e biológicas específicas para as condi-

ções dessa região. Saliente-se que as projeções realizadas nas décadas de 1970-1980 subestimaram o potencial de crescimento da produção brasileira, pelo fato de não ter sido considerada a possibilidade do surgimento de inovações tecnológicas orientadas à expansão nessas áreas (BARBOSA; ASSUMPÇÃO, 2003). A constatação da viabilidade técnica e econômica da exploração de soja no Cerrado Nordestino e no Centro-Oeste provocou grande fluxo de migrantes gaúchos e paranaenses para essas regiões, com produção crescente, principalmente a partir do início da década de 1980 até os dias atuais (GIORDANO, 1999).

Quanto à semente transgênica, enquanto a tecnologia teve plena aceitação em outros países produtores, no Brasil ainda enfrenta resistência devido à preocupação com relação ao seu uso. Um fato é que na década de 2000, mesmo com certas limitações regionais, quase metade da área cultivada usa semente geneticamente modificada. Mesmo assim, o país continua com grande competitividade, com a incorporação de uma série de práticas culturais inovadoras, que favorecem a lavoura em termos de gastos com insumos e resulta em aumento da produtividade e rentabilidade econômica.

A expansão da sojicultura no Brasil apresenta duas fases, tendo inicialmente por localização o Sul/Sudeste, a partir da década de 1980 o Centro-Oeste, e depois o Cerrado Nordestino. Os Estados do Paraná e do Rio Grande do Sul lideraram a produção nacional até recentemente, 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 agrônômicas 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 colocação, com 17% da soja produzida no país.

Aspecto a ser destacado na evolução das produções estaduais de soja diz respeito à produtividade mais elevada nos estados localizados em áreas de cerrado, já que em 2007 a produtividade média das lavouras de soja alcançou 3.010 kg/ha no Mato Grosso, 2.738 kg/ha em Goiás e 2.926 kg/ha nos cerrados nordestinos do Maranhão. No mesmo ano, o Paraná registrou 2.964 kg/ha em suas lavouras de soja e o Rio Grande do Sul, 2.552 kg/ha. Especialmente no caso do Rio Grande do Sul, as estiagens têm sido bastante prejudiciais às lavouras nos últimos anos.



Mapa 4. Evolução da área cultivada com soja, por estado (Brasil, 1990 a 2007)

Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2008).



Mapa 5. Evolução da produção de soja em grão, por estado (Brasil, 1990 a 2007)

Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2008).



Mapa 6. Evolução do rendimento de soja em grão, por estado (1990 a 2007)

Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2008).

O deslocamento da produção do Sul para o Centro-Oeste do país implicou também a migração da indústria de processamento da soja. Isso porque a agroindústria de oleaginosas se insere na estrutura de mercado de oligopólio¹⁰, no qual o acesso ao grão produzido em condições mais competitivas – maior produtividade e melhor qualidade – e a economia de escala constituem fatores condicionantes da liderança das empresas. Numa comparação entre a participação da região mais antiga no cultivo da soja, compreendida pelo Sul/Sudeste, e a do Centro-Oeste, no decorrer do tempo pode-se verificar o aumento das instalações industriais no Brasil Central. Os Estados do Paraná e do Rio Grande do Sul, em 1998, detinham 54% da capacidade instalada de processamento de oleaginosas, passando a 42% em 2003. No mesmo período, a Região Centro-Oeste aumentou sua participação de 21% para 28% da capacidade instalada (BARBOSA; ASSUMPÇÃO, 2003).

Na atualidade, apesar do crescimento na produção de soja na Região Centro-Oeste, a capacidade instalada de processamento de oleaginosas ainda se concentra na Região Sul, particularmente no Paraná e Rio Grande do Sul, que, juntos, 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 (Gráfico 6, na próxima página).

Desse modo, a comparação, em termos regionais, entre a produção de soja e a capacidade instalada de processamento de oleaginosas no Brasil, em 2008, mostra que, embora o parque moageiro localizado no Centro-Oeste tenha crescido nos últimos anos, ainda está aquém da parcela da matéria-prima produzida na região. Já a Região Sul, segunda maior produtora, ainda responde pela maior parcela da capacidade instalada de esmagamento. Assim, parte da soja produzida no Centro-Oeste não é processada na região, o que implica duas alternativas: o processamento nos estados meridionais, onde, inclusive, localizam-se os principais portos de embarque, Paranaguá e Santos; ou, ainda, a exportação do grão de soja.

A capacidade instalada de processamento de oleaginosas cresce vertiginosamente no Brasil. Em 2008, alcançou 155.449 toneladas/dia¹¹, o que

¹⁰ O oligopólio é uma estrutura de mercado caracterizada pelo pequeno número de empresas no setor, com o poder de fixar preços. As margens de lucro e melhores condições de competição decorrem da elevada escala produtiva.

¹¹ Referem-se às capacidades instaladas de processamento de plantas ativas e inativas.

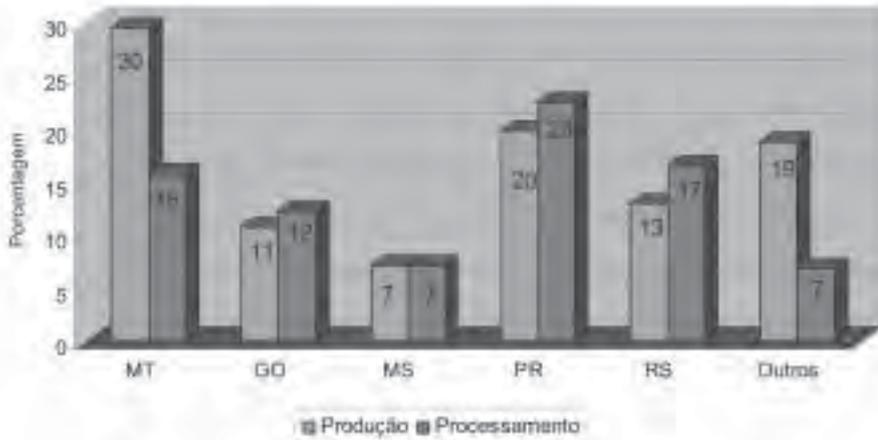


Gráfico 6. Produção de soja e capacidade instalada de processamento de oleaginosas (Brasil, 2008)

Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2008); ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ÓLEOS VEGETAIS (2008).

representa aumento de 35% em comparação a 2003, conforme a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (2008). Ainda, com a finalidade de estimar a capacidade ociosa dessa agroindústria no país, a soja é a referência adotada, uma vez que 92% das indústrias processam essa oleaginosa. No ano operacional de 300 dias, a capacidade instalada é de 46,6 milhões de toneladas/ano, que, frente ao processamento efetivo de 32,1 milhões de toneladas de soja, resulta, portanto, em uma capacidade ociosa da ordem de 31%.

A ociosidade da indústria processadora de oleaginosas no Brasil é crônica e, apesar do tempo transcorrido, ainda resulta das políticas públicas de promoção à industrialização e às exportações de derivados a partir dos anos 1970. Nas Regiões Sul e Sudeste localiza-se a maior parte das fábricas inativas, porque a transferência do parque fabril para o Centro-Oeste tende a ser com plantas maiores e mais modernas e, portanto, com capacidade de processamento superior.

O refino de óleos vegetais

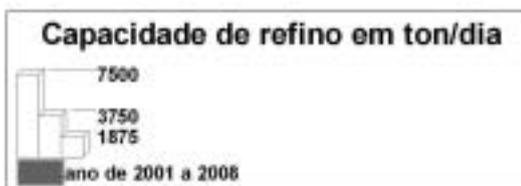
Em 2001, havia instalações com capacidade para refinar 14.136 toneladas de óleo por dia no Brasil, das quais 52% situavam-se na Região Sudeste, sendo 44% no Estado de São Paulo. A Região Sul respondia por 23% da capacidade instalada para refino, seguida pela Centro-Oeste (18%). Diferente-



Mapa 7. Evolução da capacidade de processamento de oleaginosas, por estado (2001 a 2008)
Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ÓLEOS VEGETAIS (2008).



Mapa 8. Evolução da capacidade de refino de óleos vegetais, por estado (2001 a 2008)
Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ÓLEOS VEGETAIS (2008).



Mapa 9. Evolução da capacidade de envase de óleos vegetais, por estado (2001 a 2008)
Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ÓLEOS VEGETAIS (2008).

mente das indústrias processadoras, cujas unidades ativas localizavam-se próximas à matéria-prima, as unidades de refino situavam-se próximas aos grandes centros consumidores. No entanto, no período 2001-2008 a capacidade de refino na Região Sudeste declinou 10%, devido ao fechamento de algumas unidades no Rio de Janeiro e em São Paulo, enquanto a região Centro-Oeste apresentou acentuado crescimento, de 22%. Na Região Nordeste houve aumento de apenas 1% na capacidade instalada de refino de óleos vegetais. Isso reflete uma tendência de deslocamento das refinarias para as regiões próximas das indústrias moageiras, já que a capacidade de esmagamento também foi ampliada no Brasil Central.

O envase de óleos vegetais

A capacidade de envase ou de acondicionamento em embalagens¹² de óleos vegetais tende a acompanhar a capacidade instalada de refino. Assim, em 2001 o Estado de São Paulo detinha a maior parcela da capacidade de envase, de 3.836 t/dia, seguido do Rio Grande do Sul, cuja capacidade instalada era de 2.370 t/dia, fazendo com que o primeiro estado abrigasse 20% da capacidade de acondicionamento do país. Na região de expansão recente de área da soja, verificou-se ampliação da capacidade instalada de envase, entre 2001 e 2008: em Goiás, de 1.370 t/dia para 2.312 t/dia; no Mato Grosso, de 600 t/dia para 1.721 t/dia; e também, na Bahia, de 795 t/dia para 1.040 t/dia. No Mato Grosso do Sul, houve queda, de 690 t/dia para 520 t/dia.

O mercado exterior de derivados da soja

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, conforme dados da Secretaria de Comércio Exterior (Secex) (BRASIL, 2008b).

Desde meados da década de 1990, a representatividade do grão é crescente no valor das exportações brasileiras do complexo soja, em detrimento da participação do farelo. A soja em grão, que em 1996 respondia por 23%, passou a representar 62%, enquanto a parcela relativa ao farelo decresceu de 61% para apenas 23% do valor total das exportações desse complexo em

¹² O acondicionamento de óleos vegetais refinados pode ser feito em três tipos de embalagens: latas (folhas de flandres), pet (plásticas) e cartonadas (tetrapack) (FREITAS; BARBOSA; FRANCA, 2000).

2008. O óleo de soja apresentou as menores variações, por ter seu consumo direcionado principalmente ao mercado interno (Gráfico 7).

A China é o destino de 50% da soja em grão exportada pelo Brasil, seguida pela Espanha, com 10% do valor em 2008. Outros importantes com-

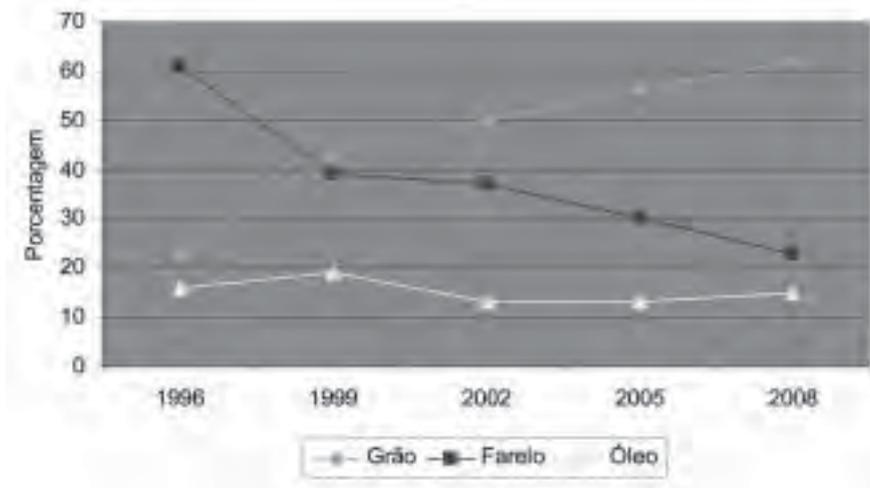


Gráfico 7. Participação do grão, farelo e óleo no valor das exportações brasileiras do complexo soja (1996 a 2008)

Fonte: BRASIL (2008b).

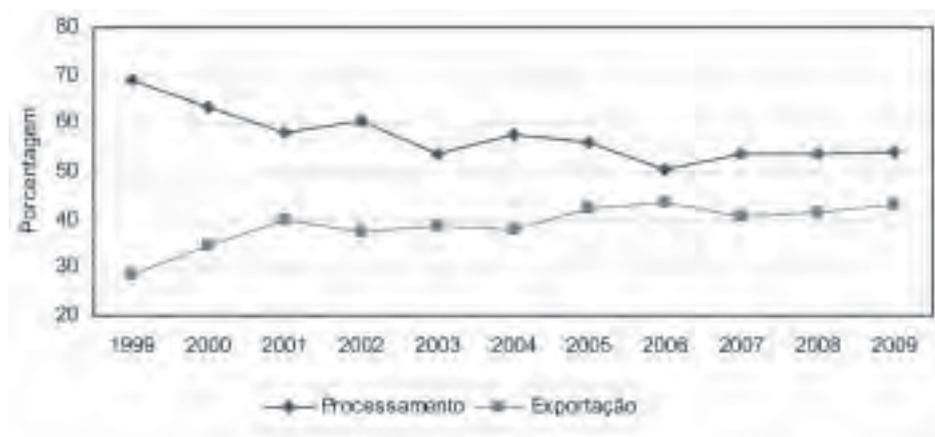


Gráfico 8. Participação percentual do processamento e das exportações em relação à produção de soja em grão (Brasil, 1999 a 2009)

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ÓLEOS VEGETAIS (2008).

pradores são Países Baixos, Alemanha e Itália. Os principais importadores do farelo brasileiro são Países Baixos (24%), França (21%) e Alemanha (9%). Entre os importadores de óleo de soja, mais uma vez se sobressai a China, com 32%, seguida dos Países Baixos (8%), Índia e Irã, com 7% e 6%, respectivamente.

No período compreendido entre 1999 e 2008, a parcela da produção de soja em grão processada no Brasil caiu de 69% para 54%, enquanto a proporção exportada cresceu de 28% para 41%. Para 2009, a previsão é de que a parcela a ser enviada ao exterior alcance 43%. Esse comportamento indica que o processamento de soja não cresce na mesma proporção que a produção agrícola, o que ratifica as observações discutidas anteriormente, como a menor participação dos derivados nas exportações e a capacidade ociosa agroindustrial, como aspectos que têm caracterizado a cadeia da soja no Brasil (Gráfico 8).

Quanto ao farelo, o mercado interno tem sido o principal destino da produção desse derivado (47% da produção em 2008), ao contrário do observado até então, quando a maior parte da produção era exportada. Esse comportamento pode ser justificado pelo aumento do consumo brasileiro de rações para a produção de carnes, principalmente da avicultura, setor em que o país é um dos maiores produtores e exportadores do mundo (Gráfico 9).

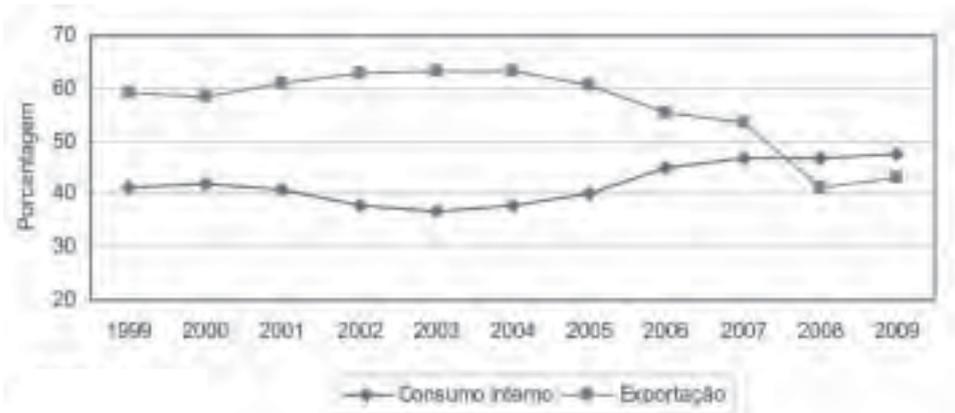


Gráfico 9. Participação percentual do consumo interno e das exportações em relação à produção de farelo de soja (Brasil, 1999 a 2009)

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ÓLEOS VEGETAIS (2008).

Com relação ao óleo de soja, em 2008 o equivalente a 67% da produção foi consumida internamente, enquanto 35% destinou-se ao mercado

mundial. Merece destaque o crescimento no consumo brasileiro em ritmo acelerado nos últimos anos, quando comparado com o decênio. Possivelmente isso ocorreu em virtude da produção de biodiesel, uma vez que o óleo de soja é o que apresenta as melhores condições em termos de estrutura de oferta para sua produção (Gráfico 10).

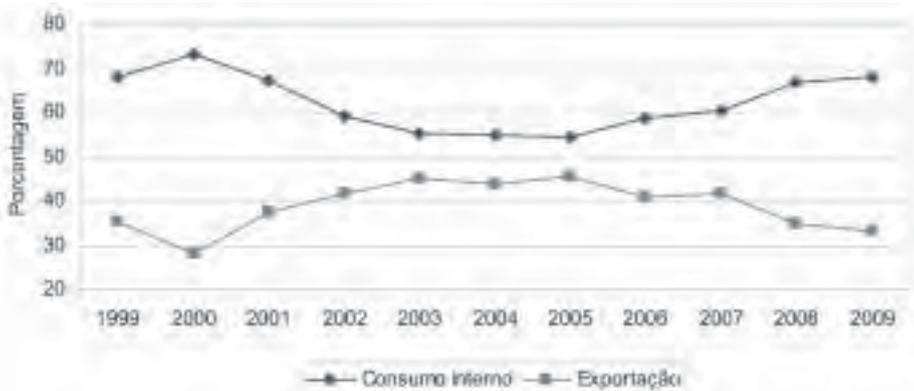


Gráfico 10. Participação percentual do consumo interno e das exportações em relação à produção de óleo de soja (Brasil, 1999 a 2009)

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ÓLEOS VEGETAIS (2008).

A influência da estrutura tributária sobre as exportações de soja e derivados do Brasil está vinculada às alterações trazidas pela Lei nº 87/96 (Lei Kandir), que desonerou as exportações do grão do Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS). Anteriormente, sobre as vendas externas havia a incidência diferenciada de 13% para o grão, de 11% para o farelo e de 9% para o óleo, de forma a compensar a escala tarifária – imposto de importação mais elevado para os produtos mais elaborados – nos principais países importadores, além de garantir o abastecimento das fábricas instaladas no Brasil. Com o fim dessa tributação, os efeitos das tarifas protecionistas aos produtos mais elaborados vigentes nos países importadores tornaram-se mais acentuados, resultando em aumento da atratividade da matéria-prima e acirramento da disputa entre as *tradings* e as indústrias, com a conseqüente diminuição da exportação de co-produtos (farelo e óleo) (BARBOSA; NOGUEIRA JUNIOR, 2007).

Estudo divulgado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) em 2009 prevê que a produção de soja no Brasil passe das 60 milhões de toneladas obtidas na safra 2007-2008 para 81,0 milhões de

toneladas em 2018-2019. Isso posto, o país deverá assumir a posição de maior produtor mundial da oleaginosa (GARCIA; BASTOS; SILVA, 2009).

Nos próximos dez anos, o consumo da oleaginosa deverá passar de 35 milhões de toneladas para 44 milhões de toneladas, representando 55,0% da produção, com ênfase na fabricação de ração e importância crescente na alimentação humana. Por sua vez, as exportações deverão atingir 36,5 milhões de toneladas, perfazendo 40,0% do mercado mundial.

As projeções de área a ser cultivada são de 26,5 milhões de ha, com acréscimo de 5,0 milhões de ha em relação à safra 2007-2008. A expansão poderá se dar em zonas de fronteira, onde há ainda terras disponíveis, e via substituição de lavouras e ocupação de pastagens degradadas.

Por outro lado, a produtividade deverá ter substancial acréscimo de 2,43% ao ano, contra 1,95% observado hoje para a área cultivada.

Os derivados – farelo e óleo – deverão apresentar também grande dinamismo nos próximos anos, sobretudo para atender ao mercado interno, em decorrência da demanda derivada por carnes, segmento em que o Brasil tem forte presença externa, com crescimentos anuais previstos de 4,2% para aves, 3,5% para bovinos e 2,8% para suínos. Esses valores relativamente altos serão suficientes para o atendimento do consumo doméstico e mercado exterior.

Neste cenário, convém ressaltar que incertezas poderão obstar o expressivo avanço: recessão mundial, protecionismo e severas mudanças climáticas. Para tanto, é imprescindível a continuidade de investimentos em tecnologia na cadeia de produção da soja, para mitigar estes possíveis efeitos adversos.

Potencialidades das nanotecnologias na cadeia de produção da soja

A implantação institucional do cultivo econômico da oleaginosa no Brasil deu-se com a “campanha da soja”, na década de 1950, fruto de uma parceria público-privada entre a pesquisa agrônômica e o fomento industrial, envolvendo, de um lado, o Instituto Agrônômico de Campinas (IAC) e, de outro, as indústrias processadoras de óleos de algodão e de amendoim. Também no sul do país, onde a lavoura teve sua maior expressão, a presença da indústria de óleos foi fator determinante.

Desde essa época até agora, sempre houve grande dinamismo nas áreas de C&T, tanto de instituições públicas como da iniciativa privada a favor do desenvolvimento tecnológico da soja e, como consequência, ganhos sucessivos de produtividade com a concomitante queda nos preços dos derivados, beneficiando, assim, todos os agentes da cadeia de produção.

O principal vetor que impulsionou a ampliação do cultivo da soja, praticamente por todo país, foi o esforço de pesquisa da Embrapa-Soja desde 1975, aliado ao favorável mercado externo do grão, inserindo o Brasil no contexto internacional de *commodities* agrícolas, com a geração de divisas para seu desenvolvimento. Hoje, há um grande número de instituições públicas e privadas que se dedicam, com afinco, às investigações científicas em prol de melhorias nos diversos segmentos da cadeia de produção da soja.

No âmbito doméstico, portanto, a pesquisa e a difusão de sistemas produtivos na agricultura, os investimentos na indústria, bem como as ações governamentais de apoio ao setor agroindustrial nascente foram determinantes para a consolidação da exploração.

A soja já nasceu moderna, por adotar o modelo estadunidense de mecanização – do plantio à colheita – e de aplicação de fertilizantes e agroquímicos nos tratos culturais, com avanço contínuo em melhoramento genético e cuidados fitossanitários. Adicione-se a isso sua característica de alimento nutritivo e saudável.

Como raramente acontece com as cadeias de produção agrícolas, a da soja utiliza praticamente todo o acervo tecnológico disponível, embora ainda haja espaço a ser conquistado, tanto no contexto agrícola como no segmento industrial. Considerando-se basicamente os segmentos da produção agrícola, indústria de processamento e principais alimentos derivados da oleaginosa, são apresentadas algumas potencialidades de utilização das nanotecnologias ao longo da cadeia de produção.

No tocante à exploração agrícola, é muito importante economicamente o combate a doenças e pragas, devido à sua elevada incidência. Estima-se que a lavoura seja atacada por dezenas de agentes patogênicos, com destaque para a ferrugem asiática – doença provocada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* –, que vem trazendo preocupação em razão da pandemia que se estabeleceu recentemente nos principais países produtores. No Brasil, a gravidade da infestação levou à formação do Consórcio Anti-Ferrugem, capitaneado pela Embrapa-Soja e que conta com uma série de órgãos de pesquisa e de assistência técnica.

As variedades transgênicas têm sido utilizadas para o controle da incidência de ervas espontâneas, e pesquisas continuam a ser desenvolvidas neste campo de inovação tecnológica, já utilizada em grande parte do universo agrícola.

As vendas de adubos e agrotóxicos destinados à sojicultura ocupam o primeiro lugar no Brasil. Em 2006, a cultura respondeu por 34%, em quantidade, das entregas de fertilizantes e por 39% do valor das vendas de pes-

ticidas agrícolas¹³. Esses insumos representavam parcela significativa nos custos de produção, estimados em 2006 para a safra 2007/2008, pois os adubos participavam com até 24% do custo total no Estado de Mato Grosso, com 15% no Paraná e 12% no Rio Grande do Sul. Por seu turno, a parcela relativa aos agrotóxicos alcança 17% nas lavouras mato-grossenses, 19% nas paranaenses e 16% nas gaúchas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2006).

Nestes setores, as nanotecnologias têm grande potencial de sucesso, sem, contudo, deixar-se de considerar as possibilidades de impactos ainda desconhecidos à sociedade e ao meio ambiente.

Acerca dos possíveis impactos das nanotecnologias na cultura da soja, pode-se tomar como referência o trabalho do Grupo ETC (2004) e a constatação de campo pela equipe deste projeto, que indicam a existência da formulação de agroquímicos em nanoescala, por meio de seu encapsulamento, conforme explicado anteriormente. Essa tecnologia possibilita o controle das condições nas quais o princípio ativo deve ser liberado diretamente nas plantas e, portanto, com menos quantidade e menos desperdício do insumo.

Na lavoura de soja também poderão ser utilizados nanossensores, tanto para detectar pragas e doenças como para avaliar os níveis de nutrientes e o teor de umidade no solo, nesse caso com acionamento de equipamentos para a irrigação.

Como a sojicultura é amplamente mecanizada, o uso de equipamentos com material mais leve que o aço poderia evitar a compactação do solo, fator prejudicial à produção agrícola (FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2005). Por outro lado, a utilização de máquinas com melhor desempenho poderia contribuir para a redução dos custos com essas operações, diante da expressiva participação desse item.

Outro aspecto diz respeito à aplicação das nanotecnologias para a fixação de nitrogênio pelas plantas, com grande significado para a cultura da soja. Estima-se que US\$ 1,5 bilhão em fertilizantes nitrogenados seja economizado anualmente somente nesta lavoura, graças às pesquisas desenvolvidas pela Embrapa, o que evidencia o potencial que a adoção de novas tecnologias pode ter nessa atividade agrícola (MATTOSO; MEDEIROS; MARTIN NETO, 2005).

¹³ Conforme dados de Associação Nacional para Difusão de Adubos (2006) e do Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola (2006).

No Brasil, a soja é criticada como sendo uma monocultura devastadora, em função da ocupação do cerrado e do avanço da plantação na Amazônia. Nesse sentido, as nanotecnologias poderiam contribuir para reduzir os impactos da exploração agrícola sob rigoroso controle ambiental. Entretanto, resta a necessidade de avaliação quanto aos impactos dessa nova tecnologia sobre os ecossistemas.

No segmento da indústria processadora de soja, poder-se-ia considerar a nanofábrica, que no limite dispensaria a mão-de-obra especializada e uma grande infra-estrutura, atualmente necessária, mas precisaria contar com uma fonte química e uma fonte de energia capazes de produzir grande variedade de produtos¹⁴. A aplicação das nanotecnologias nesse segmento poderia implicar, por exemplo, a eliminação da fábrica que esmaga o grão, bem como da indústria de refino e/ou de gorduras hidrogenadas. Nessa possibilidade extrema, pode-se considerar, por hipótese, que esses elos da cadeia produtiva chegassem a ser eliminados, uma vez que a soja poderia ser elaborada diretamente de acordo com o produto final necessário. A eliminação de postos de trabalho nessas fábricas processadoras poderia ser classificada como desemprego em cadeia, que, a exemplo da agricultura, implicaria o agravamento de problemas sociais.

Noutro extremo há a possibilidade de, a partir de um mesmo grão de soja, extrair seus derivados, como óleo comestível e combustível, leite, etc. Nessa hipótese, as plantações em grandes áreas, característica da sojicultura em boa parte dos países produtores, não seriam mais necessárias, do mesmo modo que os segmentos a jusante da cadeia produtiva. Talvez um novo tipo de produção e de organização produtiva tenha de ser pensado.

Ainda no segmento de processamento da soja, um avanço da maior relevância a ser conquistado e que poderia trazer benefícios em curto prazo seria a obtenção de um processo alternativo para a extração de óleos vegetais em substituição ao hexano – derivado do petróleo –, que é o solvente atualmente utilizado, mas que traz sérias restrições à saúde, além de apresentar grande potencial explosivo.

Na parte relativa à alimentação humana e animal o campo de aplicação é vasto, pelo fato de a soja apresentar características de alimento funcional, em razão dos elevados teores nutritivos e protéicos. Isso decorre de sua capacidade de prevenir moléstias, tais como certos tipos de câncer,

¹⁴ Disponível em: <http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologias/nanotecnologias_responsavel/nanotecnologias_beneficios_solucao_humanidade.htm>. Acesso em: 29 out. 2006.

doenças cardiovasculares, diabetes, osteoporose, desnutrição, hipertensão, enfermidades renais e de amenizar os sintomas da menopausa. Dentre os alimentos à base da oleaginosa, tem-se farinha, leite, proteínas isoladas e texturizada, queijo, molho, missô, etc., além do próprio grão consumido *in natura*, que é excelente fonte de vitaminas do Complexo B (SÃO PAULO, 2004). Tais produtos têm merecido atualmente a atenção de empresas de grande porte, sobretudo multinacionais, que passam a apostar neste filão, como agregação de valor à *commodity*.

O teor de flavonóides presentes no grão da soja poderia ser aumentado propiciando a obtenção de derivados com menores custos e maior eficiência na sua utilização. Melhorias de conversão alimentar em proteínas, no caso de animais e de alimentos funcionais e nutracêuticos para humanos, são assuntos a serem investigados e com prováveis sucessos diante da dinâmica utilização desses produtos na atualidade.

Na área da engenharia de alimentos, já têm sido utilizadas nanopartículas derivadas da soja não-transgênica, as quais, associadas ao cálcio, carregam e entregam componentes farmacêuticos, bem como nutrientes, licopeno e ômega-3 diretamente às células. Na Austrália já foi desenvolvido um pão com microcápsulas de óleo de atum, rico em ômega-3, mas com sabor desagradável. As microcápsulas são programadas para liberar o componente apenas em contato com o estômago, e o óleo de soja seria um possível substituto.

Nos Estados Unidos, foi criado um produto nanocerâmico que reduz pela metade a utilização de óleo em restaurantes e *fastfoods*. Como resultado da sua maior área de superfície, previne a oxidação e aglomeração de gorduras e estende a vida útil do óleo. Além disso, o óleo aquece mais rapidamente, poupando energia na preparação dos alimentos.

Também no segmento de cosméticos os produtos à base de soja vêm sendo cada vez mais utilizados. Um exemplo disso é o polítenor de soja¹⁵, que forma uma microrrede tensora para promover efeito tensor imediato na pele, e junto com isoflavonas de soja, nutre e reconstrói a pele. Outros produtos com tecnologia nano chegam ao mercado para preservar a saúde e a beleza do corpo e da pele.

¹⁵ O cosmético é resultado de uma pesquisa de três anos e meio. Segundo o cientista da Natura, a derme é composta de 80% de colágeno. Ao longo do tempo, o organismo diminui a produção desta proteína, o que prejudica a firmeza da pele e contribui para o aparecimento de rugas e flacidez (Natura CHRONOS..., 2008).

Um dos grandes desafios do setor sempre foi a criação de cremes e loções anti-rugas, capazes de agir sobre camadas mais profundas da pele. Quanto maior a profundidade atingida, mais potentes são os efeitos rejuvenescedores. A nanotecnologia proporciona uma penetração mais profunda na pele. Assim, a ação dos produtos é mais eficaz sobre os benefícios desta tecnologia para a saúde da pele e a revolução que a técnica pode trazer à indústria cosmética. Um destaque é um regenerador natural, o Nano Regen Plus, também derivado de isoflavonas de soja. Possui ação anti-idade, devido à eficácia em ativar a produção de elastina e colágeno na pele. É indicado em produtos anti-envelhecimento, anti-rugas, produtos solares e hidratantes (GAMA, 2008).

Uma das preocupações deste projeto de pesquisa foi averiguar a possibilidade da criação de um monopólio por parte dos detentores da tecnologia, o que tornaria os nanoprodutos extremamente caros num primeiro momento e impediria a realização de um dos principais objetivos da ciência, que é o desenvolvimento de tecnologias mais baratas e que possam ser amplamente difundidas. De acordo com Wilke e Tagliari (2006, p. 37), “A globalização, na forma atual de comércio, financeiro e de patentes, assegura que o controle das novas tecnologias permanecerá com as grandes corporações”.

Neste cenário de reflexões feitas sobre os possíveis impactos das nanotecnologias na cadeia da soja, está inserida também a preocupação em relação à agricultura familiar. No Brasil, parte expressiva da sojicultura não se enquadra no conceito tradicional de agricultura familiar, por ser centrada na produção em grande escala e com elevada tecnificação, em especial na maior região produtora, o Centro-Oeste. Entretanto, deve-se considerar que na Região Sul ocorre a produção da oleaginosa que pode corresponder ao conceito mais tradicional de agricultura familiar.

Agricultura familiar e nanotecnologia

Um dos objetivos da pesquisa em torno da cadeia produtiva da soja reside na avaliação de que pequenos e médios produtores não têm acesso aos benefícios das nanotecnologias, o que pode implicar a exclusão de parcela expressiva dos agricultores que dela fazem parte. Tomando-se o sistema produtivo vigente, a experiência com outras culturas – caso do algodão no Brasil – mostra as perdas socioeconômicas impostas àqueles que não tiveram condições de se adequar ao novo sistema de produção, seja pela aplicação de um novo agroquímico, seja na aquisição de uma nova máquina, por exemplo.

Antes de tratar dos impactos – positivos e negativos – que as nanotecnologias poderiam trazer para esse grupo de agricultores, especialmente aqueles de base de produção familiar, é preciso refletir sobre o conceito de agricultura familiar que tem sido retomado em várias pesquisas, em razão das grandes transformações surgidas nos mercados, novos padrões de organização da produção e novos fluxos de comercialização, e os conseqüentes desafios nas formas de integração econômica e inserção social e nas características internas daquela categoria social.

A importância dessas reflexões é de natureza não apenas teórica, mas prática, uma vez que indica possíveis modos de intervenção do poder público junto a esses produtores. Os produtores rurais de economia familiar vêm, em período recente, ganhando mais espaço político no país, pela importância do papel que desempenham na produção de alimentos e mesmo nas grandes cadeias agroindustriais. Soma-se a isso a declarada preocupação do Estado em promover o acesso à terra e a outros fatores de produção – crédito e infra-estrutura –, de forma a consolidar seu potencial.

Por essa razão, a implementação de políticas em favor desse segmento representa um mecanismo que pode contribuir para o desenvolvimento mais equilibrado, permitir que o trabalhador do campo viva com maior dignidade, evitando o êxodo e para promover uma distribuição de renda mais eqüitativa na agricultura brasileira. Para uma sociedade economicamente mais eficiente e mais justa, nos dias atuais o fortalecimento da agricultura familiar passa a ser pré-condição.

Além das políticas sociais e econômicas voltadas para o segmento familiar, o papel de novos conhecimentos e do avanço da ciência e da tecnologia – especialmente direcionados para a solução de gargalos tecnológicos e à validação científica dos processos e produtos desse setor – representa uma premissa fundamental para sua consolidação no novo cenário de mercado. E o desenvolvimento das nanotecnologias, com a preocupação de incorporá-las de modo adequado e responsável à agricultura familiar, deve ser perseguido.

Nesse sentido, a ciência e tecnologia (C&T) desempenham função decisiva para que ocorra a inserção dos produtores nos novos mercados, abrangendo geração, desenvolvimento, capacitação e difusão de tecnologias; sistemas de normalização, certificação e legislação; novas formas organizacionais e inovações institucionais, nas quais se incluem não só as adaptações de C&T mas, principalmente, o desenvolvimento de tecnologias que vislumbrem as vantagens específicas dos micro, pequenos e médios empreendimentos rurais (CAVALHEIRO, 2002).

A agricultura familiar começa paulatinamente a ser vista não mais como um setor menor e à parte, mas como um componente dinâmico do desenvolvimento econômico no contexto dos arranjos produtivos locais (APLs) e de modelos mais descentralizados. Para a produção familiar fazer frente às mudanças dos quadros econômico e institucional, esse segmento precisa adaptar-se às novas exigências de eficiência, escala e qualidade. Para isso, é preciso que se disponibilize um efetivo suporte científico e tecnológico como estratégia da viabilização econômica e social desse segmento de produtores rurais, incluindo as nanotecnologias.

Se, por um lado, a soja é criticada pelo seu gigantismo em razão da intensiva mecanização e concentração de empresas (em número cada vez mais reduzido) dedicadas à comercialização e industrialização, e que vêm invadindo espaços antes ocupados por culturas diversificadas – a autêntica agricultura familiar –, reduzindo o emprego no campo, por outro lado é necessário que se defendam os milhares de agricultores familiares envolvidos com a lavoura, sobretudo nos estados sulistas (SCHLESINGER, 2006).

Foi neste contexto que nos últimos tempos a Embrapa – empresa de grande competência na geração de conhecimento técnico-científico agrícola e muito criticada por apoiar o agronegócio empresarial – voltou suas ações também para a agricultura familiar (ALVES, 2001). Nessa mesma direção de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) está o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), órgão público de pesquisa que tem dedicado maior atenção para esse segmento de produtores rurais de economia familiar (LIMA; WILKINSON, 2002). Afinal, independentemente de quem produza, uma coisa é incontestável: a soja é hoje o principal produto da agricultura brasileira, sobretudo em razão da vertiginosa transformação de proteína vegetal em proteína animal.

É neste contexto que se deve considerar a agricultura familiar, que hoje exerce múltiplas funções, à medida que amplia a preocupação com a certificação dos produtos, qualidade de vida, proteção do meio ambiente, acesso a serviços como saúde, educação e cultura, que depara com normas e padrões internacionais.

As transformações contemporâneas impõem um novo consenso sobre a competitividade que, por se afastar dos pressupostos da produtividade e se aproximar dos da qualidade, (re)introduz a questão da centralidade do trabalho, mas cuja flexibilização passa a apontar para a qualidade de vida do trabalhador, qualidade do produto e do meio ambiente. Para serem eficientes na agricultura moderna, os produtores necessitam renunciar parte de seu saber tradicional e se apropriar de um novo saber, constituindo-se este em um processo de (re)profissionalização.

Nessa perspectiva, todas as categorias sociais da agricultura familiar (desde as de subsistência até aquelas totalmente inseridas no mercado) passam a ser reconhecidas socialmente pela condição profissional, pelas mediações da natureza e do mercado, que podem se sobrepor eficientemente no caso dessa categoria social, dada sua estreita vinculação pessoal com a atividade.

Ao demandarem novos conhecimentos, essas mediações apontam para uma posição da agricultura familiar longe de ser classista, naturalizada por uma divisão social do trabalho. Em outras palavras, a análise dos mercados e da respectiva participação da agricultura familiar não se explica mais apenas pela dinâmica dos fluxos de capital e de produtos específicos, mas pelas condições sociais e culturais de troca de cada um dos agentes. Essas qualidades são adquiridas em sua trajetória social (elementos mais estáveis e regulares) e na exposição às situações em que novos aprendizados são efetuados (elementos mais mutáveis e inovadores), adquiridos na vivência em instituições coletivas (CHALITA, 2006).

Produzir para o mercado é uma necessidade imperiosa e não apenas um *slogan* copiado dos países avançados. A essa necessidade devem-se adaptar pequenos, médios e grandes produtores. A economia capitalista do mundo ocidental tem mostrado que os agricultores familiares podem ser tão competentes quanto os grandes produtores (ALVES, 1988). Na visão desse autor, a agricultura moderna é aquela fortemente integrada com os mercados urbanos de insumos e produtos, baseada em intenso fluxo de informações sobre preços, quantidades, qualidades e tecnologias.

A análise estereotipada da agricultura familiar como um setor atrasado do ponto de vista econômico, tecnológico e social, voltado fundamentalmente para a produção de alimentos básicos e com uma lógica de produção de subsistência, está longe de corresponder à realidade. Os agricultores familiares, hoje mais preocupados com o mercado, vêm combinando a competência herdada das gerações precedentes com novos conhecimentos e novas práticas. Daí a importância das pesquisas e do conhecimento das nanotecnologias aplicadas à agricultura estarem de acordo com as necessidades econômicas e sociais desses agricultores.

Para tanto, tais produtores têm recebido apoio mais eficiente do Estado, especialmente a partir dos anos 2000, via programas de apoio à agricultura familiar envolvendo vários ministérios, que visam a subsidiar iniciativas de desenvolvimento local e regional incluindo também os assentados. Apesar disso, a agricultura familiar depara ainda com grandes desafios frente aos efeitos combinados de desregulação e abertura econômica no contexto da globalização de mercados e de investimentos, os quais têm

gerado grandes transformações no ambiente concorrencial nos mercados agrícolas tradicionais e nos novos mercados.

A despeito desse novo agricultor familiar, dito moderno, no Brasil ainda se convive com microprodutores voltados para a subsistência e agricultores em fase de transição para o mercado, e aqueles com recurso suficiente para aproveitar janelas de oportunidade criadas tanto pela aplicação de “velhas” tecnologias como pelas mais recentes inovações tecnológicas. Nesse universo extremamente heterogêneo, dificilmente políticas tradicionais de promoção e difusão tecnológica poderão responder de forma adequada ao mosaico de situações que compõe a agricultura familiar. É preciso reconhecer essa diferenciação e tratar os agricultores familiares como de fato são: diferentes entre si e não redutíveis a uma simples categoria por utilizarem o trabalho predominantemente familiar (BUAINAIN; SOUZA FILHO; SILVEIRA, 2002).

O segmento familiar no país também varia de região para região e de acordo com as atividades agrícolas desenvolvidas. Tanto assim que no Centro-Sul, pelo livre funcionamento das forças de mercado, a modernização tem premiado a região mais bem-dotada, favorecida pela política econômica e social, dado que dispõe de maiores recursos e de agricultores com grau de instrução mais elevado relativamente às demais regiões brasileiras.

A agricultura familiar ainda enfrenta restrições de acesso ao mercado de serviços em geral e não apenas ao crédito. Com exceção dos estados da Região Sul, onde esse segmento tem densidade suficiente para aparecer como forma de exploração dominante, nas demais regiões os produtores aparecem isolados, em pequenos grupos, cercados pela grande exploração patronal.

No sul do país, onde predomina a agricultura familiar, os recursos são utilizados de forma intensiva, gerando níveis de renda agropecuária superiores ao grau de reprodução da família, e a soja, uma das atividades mais tecnificadas e modernas, é explorada predominantemente. O ritmo das mudanças técnicas e tecnológicas, a necessidade de introduzir novas atividades e de adaptar sistemas de produção tradicionais às exigências do mercado superam, de longe, tanto o conhecimento como o tempo de aprendizado autônomo dos agricultores (BUAINAIN; SOUZA FILHO; SILVEIRA, 2002).

Para fins desta pesquisa, na qual o grau de conhecimento/desconhecimento sobre uma nova tecnologia com características incrementais e revolucionárias foi avaliado, optou-se pela seleção de agricultores familiares (inclusive assentados) sulistas, responsáveis por 32% da produção

nacional de soja. Os agricultores que trabalhavam com áreas menores de 100 ha possuíam quase 50% do total cultivado em 2006 (projeção). As propriedades com área entre 100 a 1.000 ha respondiam por cerca de 40% da produção e os 10% restantes da soja, produzidos no Sul, correspondiam a propriedades com área superior a 1.000 ha (ROESSING; LAZZAROTTO, 2004).

Estudo realizado pelo Nead do MDA sobre o período de 1995 a 2005, acerca da importância econômica do segmento familiar no agronegócio do Brasil destacou que a produção da agricultura familiar representou cerca de 10,1% do PIB do país, movimentando R\$ 156,6 bilhões. A Região Sul foi responsável por 18,2% do PIB nacional e por 43,7% do PIB do agronegócio familiar, enquanto a Região Sudeste foi responsável por 54,9% do PIB brasileiro, tendo representado 24,0% do familiar.

A soja participava com 2,5 % no PIB do agronegócio familiar nacional, ao passo que na Região Sul contribuía com 3,2%. No âmbito estadual, a soja familiar do Paraná respondia por 6,1%, seguida do Rio Grande do Sul, com 1,3 %, e Santa Catarina, 0,4% (GUILHOTO et al., 2007).

Portanto, para efeito desta pesquisa estabeleceu-se uma amostra intencional com agricultores familiares sulistas, selecionados por se entender que são bastante representativos da produção familiar de soja no país. Particularmente, escolheu-se o Paraná, segundo maior estado produtor e o primeiro em termos de PIB da agricultura familiar da oleaginosa.

No Paraná, a propriedade rural familiar emprega 80% dos trabalhadores do setor agropecuário. A agricultura familiar utiliza como mão-de-obra cerca de 780 mil pessoas no estado. Segundo Zanchet (2008), os empregos permanentes no campo, em 2006, superaram o número de contratações temporárias. De 220 mil assalariados rurais, 120 mil têm vínculo empregatício permanente, ou seja, trabalham o ano todo, não apenas durante a safra.

Ainda de acordo com a autora, em 2006 o Paraná tinha 5,4 milhões de pessoas no mercado de trabalho, 20% delas empregadas na agropecuária. Entre 2002 e 2006, o cultivo de fumo e cana-de-açúcar, a extração de madeira e a criação de bovinos foram as atividades com maior crescimento em número de pessoas ocupadas. Por outro lado, a mecanização nas culturas de soja e milho diminuiu o número de empregos nessas lavouras. Assim, o número pessoas ocupadas na agropecuária paranaense caiu de 1,07 milhão em 2002 para 1,04 milhão em 2006, devido principalmente à redução da mão-de-obra empregada nessas culturas.

Em 2002, as atividades ligadas à soja geravam 126 mil ocupações, número que se reduziu para 80 mil em 2006, ratificando o uso acentuado de

mecanização. Apesar da queda no número de ocupados, milho e soja continuam sendo as que mais empregam mão-de-obra, uma vez a economia paranaense ainda é fortemente influenciada pela receita de exportação dessas *commodities*.

RESULTADOS DA PESQUISA

Agricultura familiar

A partir das reuniões junto à comunidade agrícola, foi verificado alto grau de convergência dos pontos críticos levantados entre produtores e lideranças locais participantes do processo, que serão discutidos adiante. Ressalte-se que os produtores familiares rurais destacaram algumas questões mais próximas de sua realidade, ou seja, situações específicas vividas por eles e pouco consideradas como problemas relevantes pelos técnicos – pesquisadores e extensionistas.

Foram entrevistados 31 produtores familiares de soja na região de Londrina, Norte do Paraná, sendo 2 grupos de assentados, que representam 48% do total, e 2 de pequenos proprietários (29%) e arrendatários (23%). Um dos grupos de proprietários congrega associados da Cooperativa de Crédito Solidário (Cresol) (Gráfico 11).

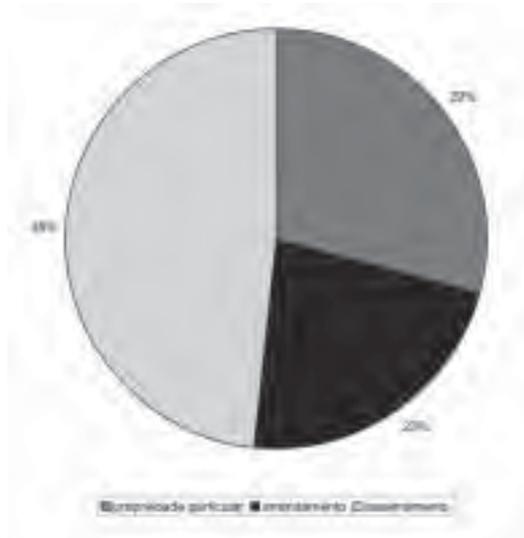


Gráfico 11. Tipificação dos agricultores familiares entrevistados

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

A área média das propriedades investigadas é de 17,3 ha, dos quais 9,9 ha cultivados com soja. No entanto, a predominância (moda) na amostra é de área de 11 ha, que corresponde ao módulo-padrão dos assentamentos locais.

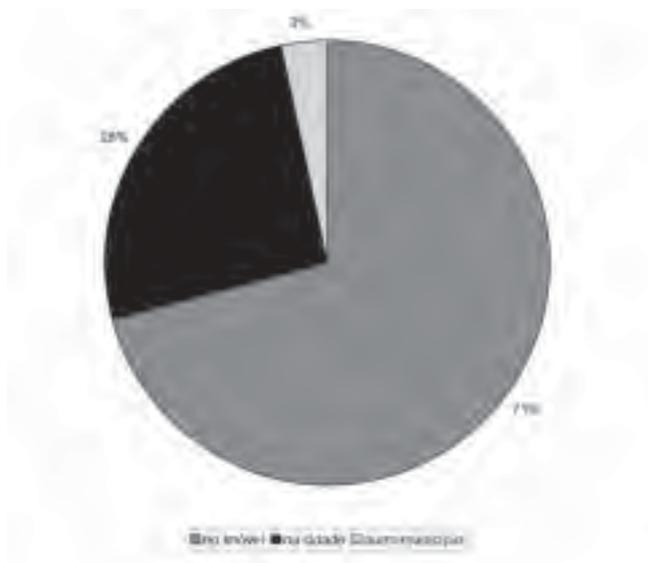


Gráfico 12. Local de residência dos agricultores familiares entrevistados

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

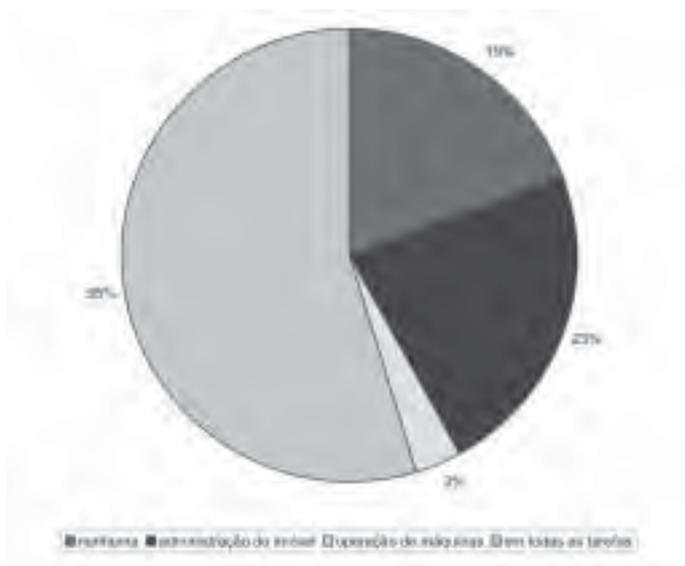


Gráfico 13. Responsabilidade das tarefas dos agricultores familiares entrevistados

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

Uma expressiva maioria (71%) reside no imóvel rural e 21% na cidade. Mais da metade (55%) deles realiza todas as tarefas na propriedade, a saber: administração do imóvel, operação de máquinas e todos os tratos culturais, do plantio à colheita; 23% deles cuidam exclusivamente da administração, enquanto 19% delegam as tarefas para terceiros e 3% responsabilizam-se pela operação de máquinas na sua lavoura e também em outras propriedades (Gráficos 12 e 13).

No entanto, quando se trata do gerenciamento do imóvel como um todo, cabe aos proprietários a maior parcela (55%), seguidos pela gestão compartilhada com a família (26%) e pelos próprios arrendatários (19%) (Gráfico 14).

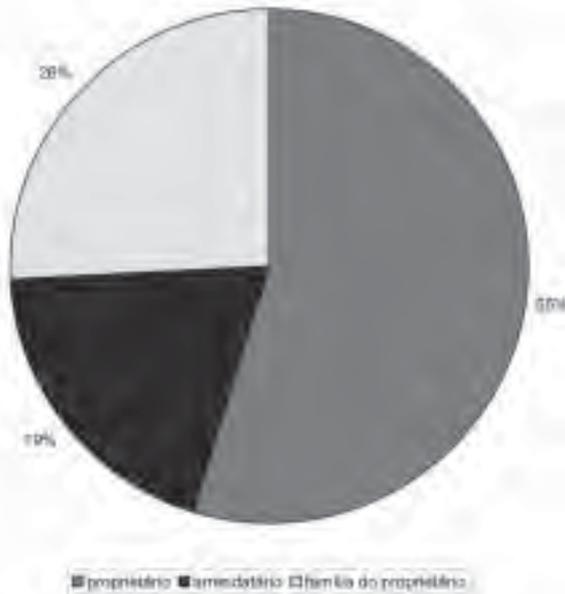


Gráfico 14. Gestão do imóvel dos agricultores familiares entrevistados
Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

Há forte predomínio de indivíduos do sexo masculino entre os entrevistados (97%), embora também tenham sido ouvidas mulheres sobre o uso das nanotecnologias, já que os agricultores estavam sempre acompanhados de membros da família.

Entre os respondentes, a maior parcela de pessoas (36%) está na faixa de idade entre 51 e 60 anos, seguidos do estrato entre 31 e 40 anos (29,0%) e com 26% na faixa etária entre 41 e 50 anos, ou seja, há predominância de

indivíduos mais velhos e, provavelmente, mais experientes nas lavouras de soja em base familiar na amostra (Gráfico 15).

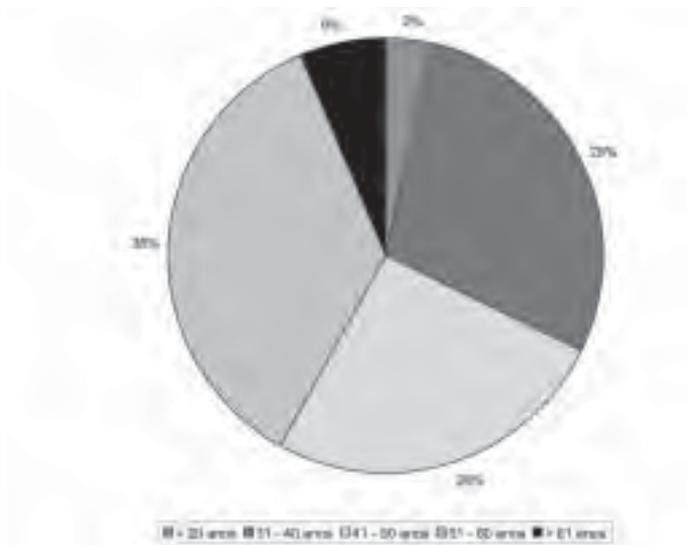


Gráfico 15. Faixa etária dos agricultores familiares entrevistados
Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

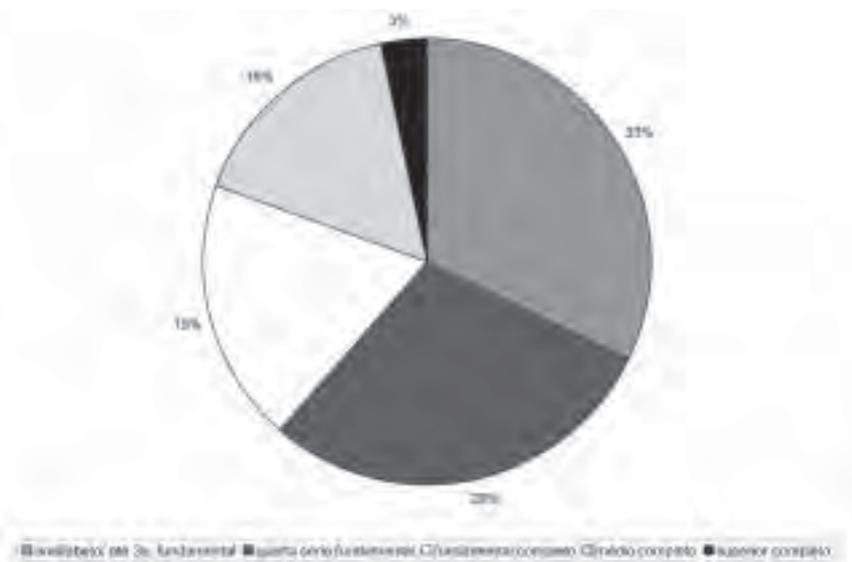


Gráfico 16. Grau de escolaridade dos agricultores familiares entrevistados
Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

Em termos de escolaridade, há maior participação de indivíduos na faixa que abrange de analfabetos até a 3ª série do ensino fundamental (32%); até a 4ª série (29%), fundamental completo (20%) e 16% com curso médio completo. Houve apenas uma freqüência referente a curso superior (Gráfico 16).

Aqui cabe uma observação, pois não se constatou, de fato, a ocorrência de analfabetos e todos se mostraram esclarecidos sobre os acontecimentos relacionados à agricultura e tecnologia no campo.

Todos os envolvidos possuem telefone celular e muitos fazem uso rotineiro de computadores para se inteirarem dos mercados de *commodities* e pesquisar preços para aquisição de insumos e máquinas agrícolas. Quase todos possuem motos ou carros de baixo valor para se locomover.

Quanto à renda auferida mensalmente, a maior freqüência ocorre na faixa entre R\$ 901,00 a R\$ 3.000,00 que juntos perfazem 60% da amostra, seguida da renda até R\$ 900,00, com 37%, e apenas uma referência acima de R\$ 6.000,00. (Gráfico 17). Cabe mencionar aqui que 77% dos rendimentos dos agricultores familiares provêm do imóvel local. Dos 31 entrevistados, 9 informaram obter renda não-agrícola, que corresponde a 30% do total auferido, proveniente de prestação de serviços como tratorista, por exemplo, e trabalho em cooperativa.

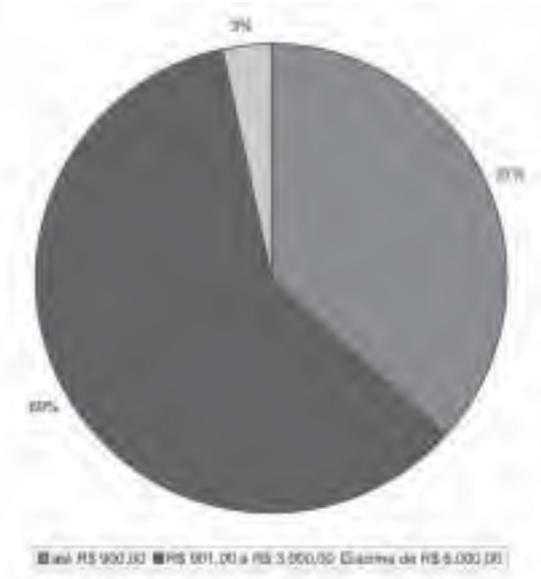


Gráfico 17. Faixa de renda dos agricultores familiares entrevistados

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008, 2009).

A composição da renda advém do trabalho de familiares, com média de 3,8 pessoas por propriedade. Do total de entrevistados, 14 declararam a presença de menores de 14 anos entre os trabalhadores e apenas 9 deles contratam empregados para suas atividades agrícolas.

De modo geral, há grande disposição desses produtores de aceitarem de bom grado os prováveis benefícios propiciados pelas inovações tecnológicas. Houve reação favorável quando foi relatado a eles o que poderia advir das novas tecnologias e processos para aplicação na agricultura em geral e para a soja em particular.

A grande ressalva, praticamente uníssona, é a questão dos custos dessas inovações e a (futura) dependência das grandes corporações, quase sempre multinacionais e transnacionais, a exemplo do que vem ocorrendo com os organismos geneticamente modificados (transgênicos).

A venda de “pacotes” aos agricultores é a grande crítica, pois muitos produtos – sobretudo agroquímicos – são impostos a eles sem que haja necessidade concreta para sua utilização.

Os benefícios que poderiam ocorrer com a adoção das inovações oriundas das nanotecnologias ou de qualquer outra tecnologia foram ressaltados, destacando a possível diminuição da poluição do solo, das águas e do ar e oferta de melhor qualidade de vida, ao reduzir os riscos à saúde humana.

Este posicionamento, praticamente hegemônico, de aceitação de novas tecnologias e outros avanços de processos e sistemas produtivos causa até estranheza, dada a visão conservadora que existe com respeito à pequena produção (agricultura familiar).

Assim, fica claro que, independentemente do porte da exploração, a tecnologia pode e deve ser compartilhada por todos. Isso leva à exigência de melhor formação de recursos humanos no campo, abrindo a possibilidade de avanços educacionais no âmbito familiar e de agregação de mais valor à sua renda, graças aos ganhos de produtividade física e melhores condições no desempenho de suas funções.

Pôde-se também observar a disposição dos entrevistados em adquirir conhecimentos sobre novos produtos e novas técnicas que redundem em melhorias para todos.

O espírito associativista prevalece entre os agricultores familiares norte-paranaenses, os quais participam sistematicamente de reuniões e, inclusive, compartilham de cooperativas de crédito solidário.

Trata-se de um bom exemplo de sucesso da agricultura familiar que, dentro de seus limites, nada deixa a desejar frente à agricultura empresarial. Assim, ao segmento familiar deve ser dado todo o incentivo, atenção

e formulação de políticas específicas face à sua contribuição para o sucesso da agricultura brasileira.

O projeto de pesquisa, além da avaliação dos possíveis impactos das nanotecnologias na cadeia de produção da soja, considerou as opiniões dos diversos agentes com ênfase nos agricultores familiares. Em outras palavras, ressaltaram a necessidade de um esforço de pesquisas de mercado, melhorias de comunicação e busca de mecanismos que permitam o acesso dos agricultores familiares às informações, canais alternativos de comercialização e formas de organização da produção, tanto dos produtos tradicionais como de novas opções.

Os resultados, com base nas opiniões dos representantes da agricultura familiar, por meio do processo participativo, poderão subsidiar também as autoridades locais, estaduais e federais na elaboração de programas e/ou políticas específicas à categoria na adoção de novas tecnologias. Permitirão, assim, auxiliar a assistência técnica e extensão rural na orientação de melhor aproveitamento dos recursos produtivos – mão-de-obra e terra; na maior capacidade de enfrentar riscos decorrentes de influências climáticas, de pragas e doenças e de mercado dos produtos; promovendo a interação adequada entre as atividades agrícolas e os recursos naturais.

Neste caso, o objetivo da introdução de uma inovação tecnológica só é aceitável quando visa ao desenvolvimento e à sustentabilidade também da agricultura familiar, possibilitando aumentar a renda, criar emprego, evitar riscos, gerar melhores condições de vida e apresentar novas oportunidades de mercado, de modo a consolidar seu papel nos cenários econômicos regional, estadual e nacional.

Em síntese, a pesquisa sobre os prováveis impactos das nanotecnologias na cadeia de produção da soja incluiu também o elo representado pelos agricultores familiares, que têm uma localização bem definida no país. A busca de informações realizada junto ao segmento dos produtores familiares de soja demonstrou, de modo semelhante aos demais elos da cadeia – como se verá adiante –, a ocorrência de elevado nível de desconhecimento sobre essas inovações. Este resultado, aliás, não surpreende, dadas as condições econômicas e sociais de um grupo com muito menos possibilidade de acesso a informações em geral e tecnológicas em particular.

Embora esse grau de desconhecimento não dê ensejo a uma participação ativa no processo de prospecção e reflexão sobre as possíveis ameaças e oportunidades à entrada no mercado desses produtos e processos nanotecnológicos, cabe aos órgãos responsáveis apoiar e desenvolver a agricultura familiar no Brasil até que haja a incorporação desse grupo nos centros de decisão.

Nesse sentido, considera-se importante destacar a necessidade de o MDA interceder junto às instituições públicas de pesquisa agropecuária para que as investigações ali realizadas, ligadas ao desenvolvimento das nanotecnologias e agricultura, levem em consideração também os interesses dos pequenos e médios agricultores familiares. Isso no sentido de evitar que todos os recursos financeiros, humanos e de infra-estrutura sejam destinados apenas à busca de inovações tecnológicas para a grande produção agrícola, sem levar em conta aspectos sociais.

Será importante desenvolver novas tecnologias para o campo, mas segundo critérios que estejam de acordo com as condições, limitações e interesses sociais do conjunto da população brasileira e em especial dos produtores familiares, e que respeitem a biodiversidade do país.

De pouco adiantará se os esforços de pesquisas relacionadas com as nanotecnologias e sua aplicação na agricultura estiverem subordinados apenas aos interesses dos países do Primeiro Mundo e em especial nos das empresas transnacionais que dominam o setor produtor de insumos e equipamentos.



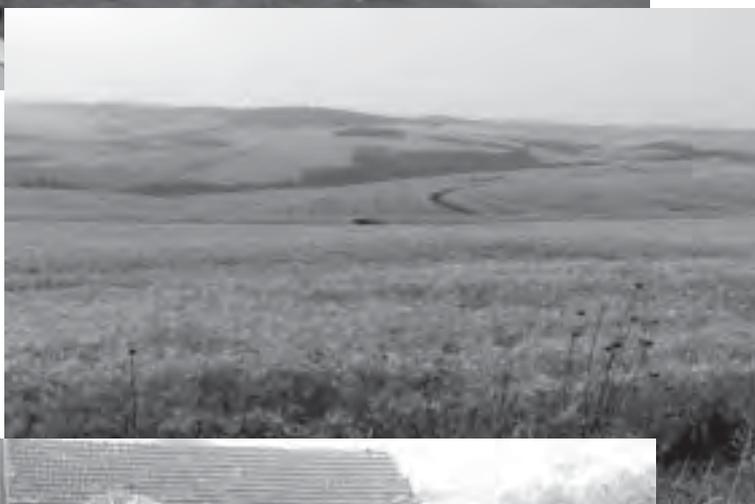
1

Fotos 1 a 4. Agricultores familiares, Paraná, 2008.

Fonte: os autores



2



3



4

Outros segmentos

Neste tópico, foram entrevistados representantes dos outros segmentos da cadeia de produção da soja: de pesquisadores; de indústrias agroquímicas; de associações e sindicatos; de cooperativas; de máquinas e implementos; de esmagadoras; e de empresários rurais.

Perfil dos entrevistados

Primeiramente, das pessoas entrevistadas 88% são do sexo masculino e apenas 12% do sexo feminino, 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 que vem ocorrendo na sociedade nas últimas décadas (Gráfico 18).

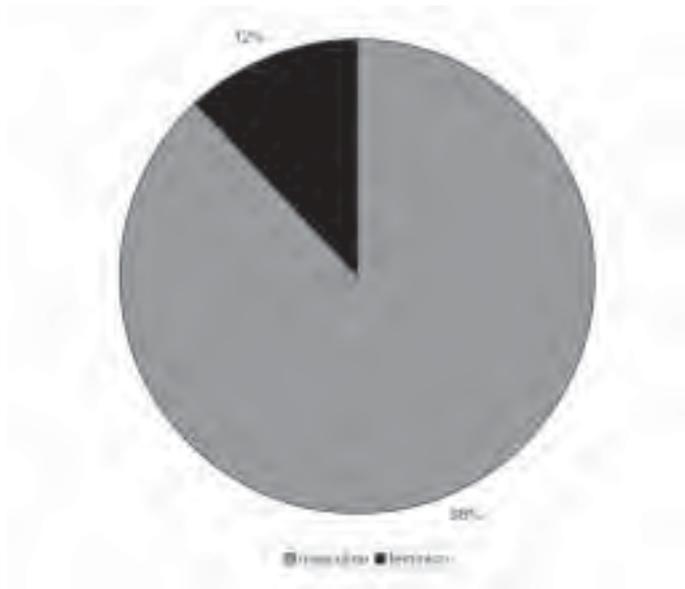


Gráfico 18. Perfil dos entrevistados segundo o sexo

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

Em relação à idade dos entrevistados, 44% estão na faixa de 41 a 50 anos, seguidos de 31% que têm entre 51 e 60 anos. O que, de certa forma, é presumível se for considerada a necessidade de formação e experiência maior para ocupar cargos que envolvem maiores responsabilidades e to-

mada de decisão acerca dos rumos da empresa ou instituição onde trabalham (Gráfico 19).

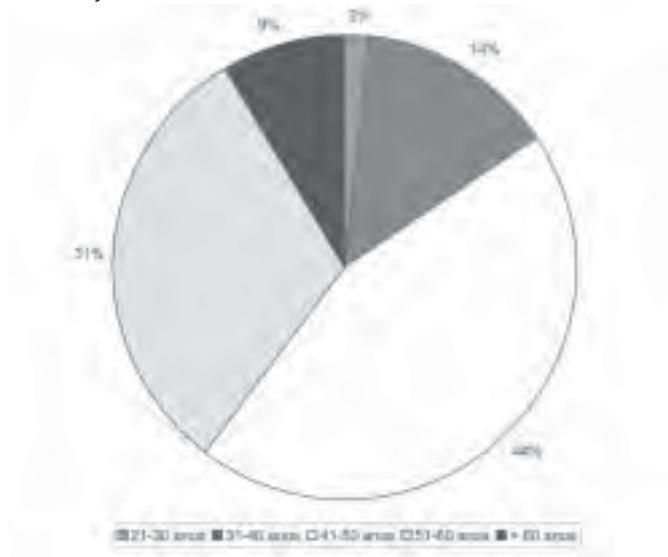


Gráfico 19. Perfil dos entrevistados segundo a faixa etária
Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

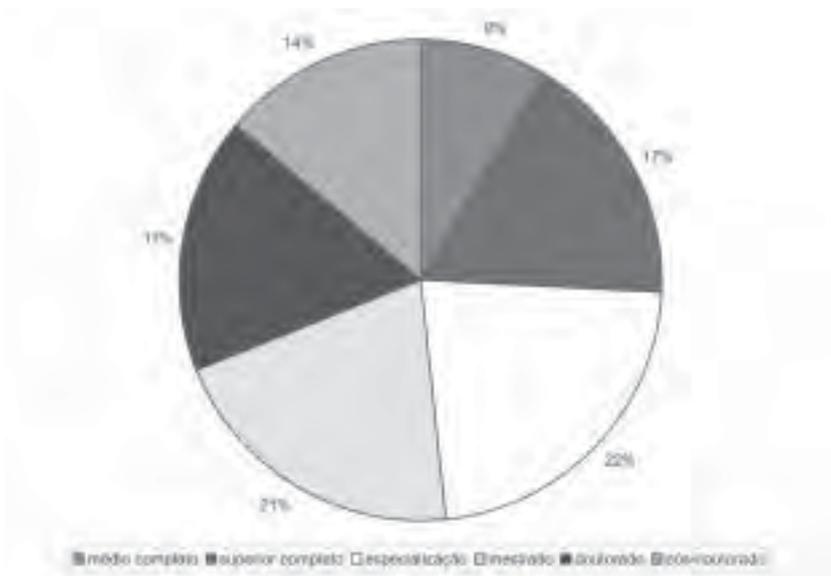


Gráfico 20. Perfil dos entrevistados segundo o grau de instrução
Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

Quanto à formação educacional dos entrevistados, apenas 9% não possuem nível superior; mesmo assim, têm o curso médio completo. Os demais estão distribuídos da seguinte forma: especialização (22%), mestrado (21%), doutorado (17%), superior completo (17%) e pós-doutorado (14%). Os resultados apontam para um grupo de entrevistados com alto grau de formação educacional, o que os coloca entre pessoas com grande acesso a informação quando se considera a sociedade como um todo (Gráfico 20).

No tocante ao nível de renda dos entrevistados, observou-se que 76% recebem mensalmente R\$ 6 mil ou mais, seguidos por 12% que ganham entre R\$ 3,001 mil e R\$ 6 mil mensais, e 3% que ficaram na faixa entre R\$ 900 a R\$ 3 mil. Desse total, 9% não responderam à questão; entretanto, observa-se de maneira geral tratar-se de um grupo diferenciado também pelo seu nível de renda (Gráfico 21).

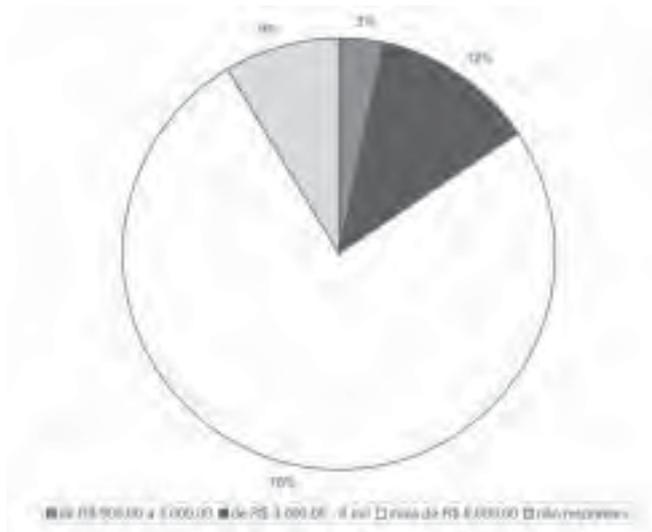


Gráfico 21. Perfil dos entrevistados segundo a faixa de renda

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

Perfil da instituição

A seguir estão arrolados os nomes das 13 cidades, localizadas em 7 estados brasileiros, assim como de outro país, onde os entrevistados trabalham: São Paulo (SP), São Joaquim da Barra (SP), Orlândia (SP), Rio de Janeiro (RJ), Canoas (RS), Piracicaba (SP), Curitiba (PR), Campinas (SP), Cuiabá (MT), Campo Grande (MS), São Carlos (SP), Londrina (PR), Balsas (MA) e Alemanha. Entre estes, destacam-se São Paulo, com 27% dos en-

trevistados, e Cuiabá, com 26%, sendo que a primeira ocupa o lugar de uma metrópole onipresente para o país, devido ao seu papel de difusão de diversas formas de presença do capital na sociedade, o que torna seu território sede de grandes empresas multinacionais (SANTOS, 1990).

A segunda, Cuiabá, localiza-se no Estado do Mato Grosso, maior produtor de soja do país, portanto, o principal destino de toda a difusão tecnológica que vem ocorrendo com a soja nos últimos anos no mundo, e em especial no Brasil.

Em Londrina, encontra-se o Centro de Pesquisa da Embrapa, voltado principalmente para a soja. Por sua vez, a Embrapa tem um posto avançado em Balsas, no Maranhão, que tem desenvolvido variedades adaptadas às condições do cerrado brasileiro. Nos outros municípios estão instaladas empresas que desenvolvem produtos relevantes para a cadeia da soja no Brasil (Gráfico 22).

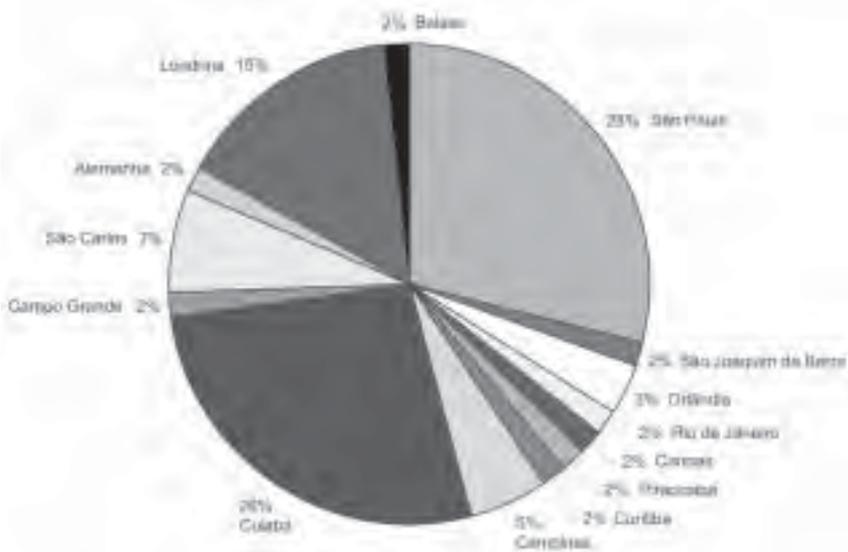


Gráfico 22. Perfil dos entrevistados segundo sua localização geográfica

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

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 privado tem sido marcante para expansão e consolidação de suas atividades produtivas (Gráfico 23, na próxima página).

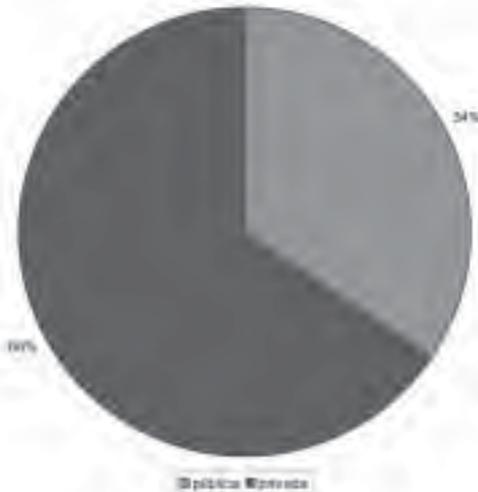


Gráfico 23. Perfil das entidades segundo o tipo de instituição

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

Dentre as entidades de natureza privada, foram encontradas: empresa (38%), associação de classe (29%), empresa rural (21%), e as demais, com 3% cada, representando ONGs, cooperativas, institutos e organizações da sociedade civil de interesse público (Oscips). Como se pode observar, o peso das empresas e seus representantes de classe ocupa lugar de destaque entre os entrevistados nesta pesquisa e, ao mesmo tempo, encontram-se outras formas de organização criadas mais recentemente, como ONGs e Oscips (Gráfico 24).

As pessoas também foram perguntadas em relação à área em que trabalham na empresa privada. Em primeiro lugar, com 41%, foi encontrado o setor de pesquisa e desenvolvimento, o que atesta a posição estratégica que ocupa, 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%).

De maneira geral, as pessoas que prestaram informações a esse projeto apresentam um padrão diferenciado na sociedade em termos de opinião sobre o avanço da tecnologia e seu papel na competitividade das empresas em um mercado globalizado (Gráfico 25).

Continuando, os entrevistados foram perguntados sobre o perfil da instituição pública em que trabalham e os resultados obtidos apontaram em primeiro lugar, com 40%, os institutos de pesquisa, seguidos daqueles que

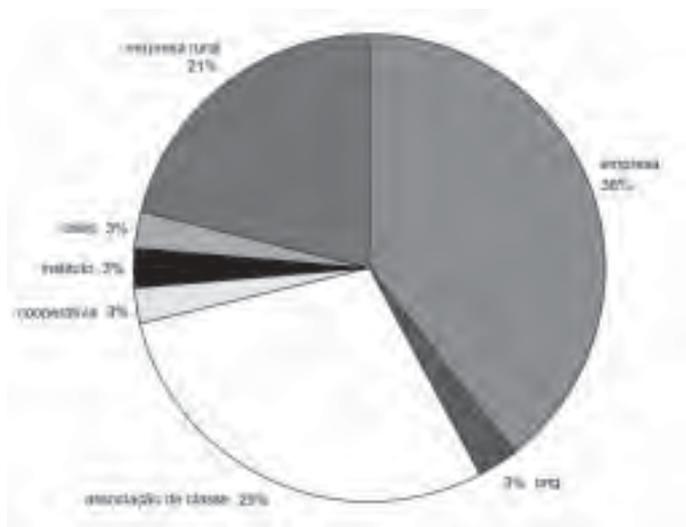


Gráfico 24. Perfil das entidades privadas

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

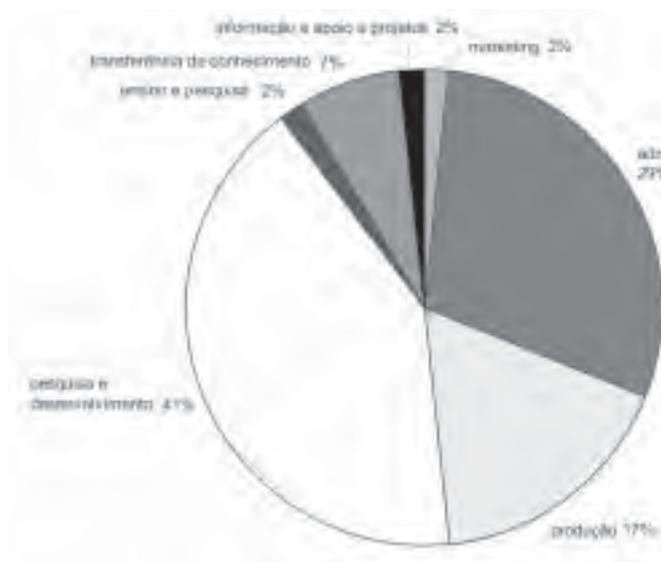


Gráfico 25. Perfil da área/departamento das entidades privadas

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

estão em empresas públicas, com 35%, universidades, com 15% e, por fim, fundações e extensão rural, com 5% cada uma (Gráfico 26, na próxima página).

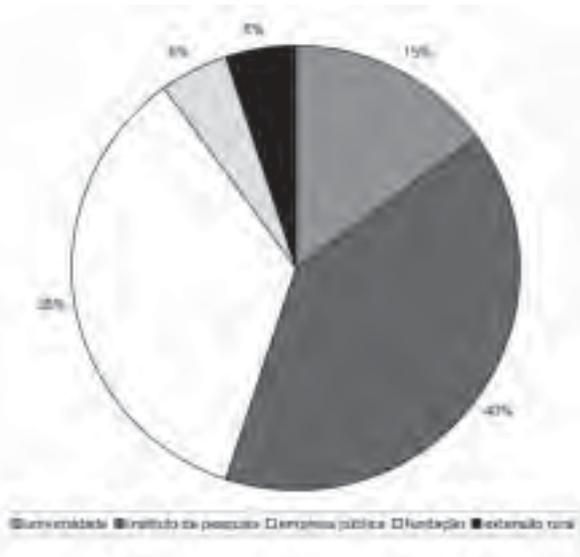


Gráfico 26. Perfil das entidades públicas

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

As informações apresentadas até aqui mostram que os respondentes ligados à cadeia de produção da soja, em seus diversos elos, destacam-se pelo alto nível de qualificação profissional e estão inseridos em lugares-chave em termos de pesquisa e desenvolvimento, isto é, estão situados na fronteira do conhecimento em suas áreas de atuação profissional.

Nanotecnologia em geral

Nesse tópico foi perguntado aos entrevistados o que sabem sobre as nanotecnologias em geral. Primeiramente, 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 (Gráfico 27).

A maioria declarou explicitamente que conhece pouco as nanotecnologias, mas a observação das respostas ao questionário, com o esmiuçamento do tema, permite que se sustente a afirmação acerca do real predomínio do desconhecimento. As poucas declarações de entrevistados dizendo que conhecem muito se referem mais a sua área específica de atuação do que em relação à agricultura de modo geral.

O respondente de uma empresa de agroquímicos, que se dedica à pesquisa, informou que já desenvolveu e dispõe de produtos nanotec-

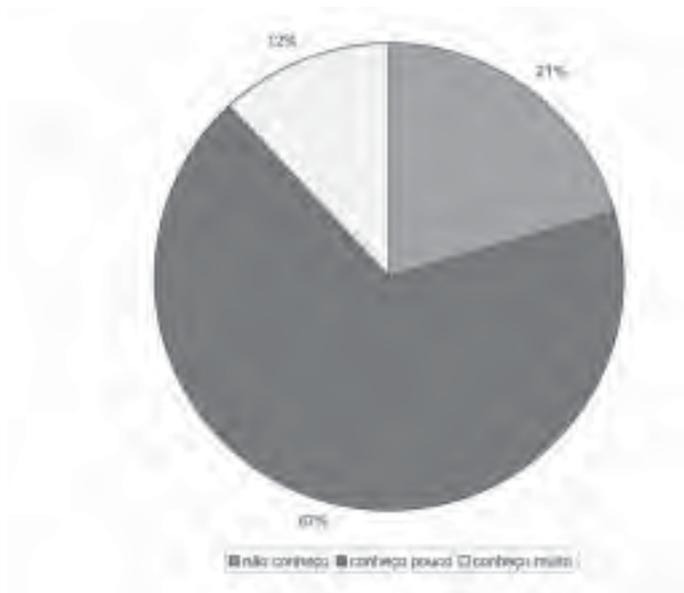


Gráfico 27. Grau de conhecimento sobre nanotecnologias
Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

nológicos. Dos entrevistados do segmento das empresas agroquímicas, apenas dois declararam conhecer muito as nanotecnologias. Já a maioria no segmento das associações e sindicatos respondeu não conhecer as nanotecnologias, e um deles preferiu não responder.

Esse grau de desconhecimento sobre as nanotecnologias por parte das associações e sindicatos dos vários setores que fazem parte da cadeia de produção da soja é um indício da possibilidade de esse segmento ser surpreendido por um evento tecnológico abrupto, previsto por alguns autores e grupos.

Convém salientar que a missão de uma associação de classe ou sindicato de empresas de determinado setor da economia seria cuidar das condições gerais e coletivas de seus associados, inclusive exercendo um trabalho de prospecção em relação às novas tecnologias. E isso pode ser comparado com outro setor da produção, o da indústria têxtil, que já vem fazendo isso¹.

¹ Mais informações sobre o assunto podem ser obtidas em: <http://www.abit.org.br/site/noticia_detalhe.asp?controle=2&id_menu=20&idioma=PT&id_noticia=1245&tipo=2&≥>.

Quanto aos respondentes do segmento das cooperativas, consideraram que conhecem pouco ou não conhecem as nanotecnologias, mas um deles declarou conhecer as possíveis aplicações das nanotecnologias na agricultura e se mostrou envolvido com o assunto.

No segmento de máquinas e implementos, os entrevistados consideraram conhecer pouco ou não conhecer as nanotecnologias, e no setor das esmagadoras de soja desconhecem as nanotecnologias.

A maioria dos entrevistados do segmento produtores rurais tem pouco conhecimento sobre as nanotecnologias e 25% disseram não conhecer essa inovação.

Uma vez esclarecido sobre as nanotecnologias e suas aplicações, indagou-se sobre a natureza das mudanças – revolucionárias e/ou incrementais – advindas desta nova técnica e ciência. 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% vêem essas alterações de forma incremental e, por último, 2% não souberam avaliar como se dará essa provável mudança (Gráfico 28).

Como se darão as mudanças nanotecnológicas?

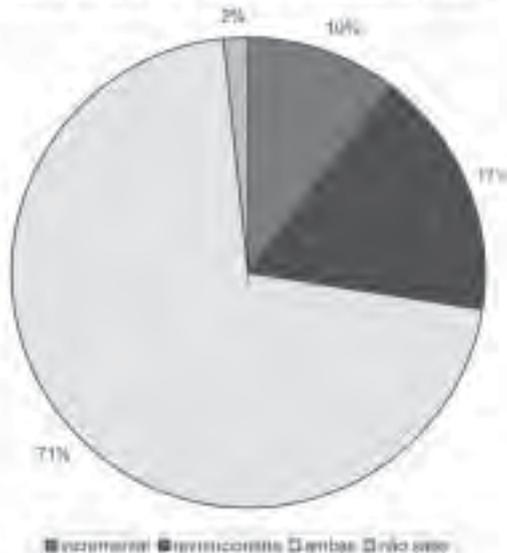


Gráfico 28. Opinião sobre a natureza das mudanças decorrentes das nanotecnologias

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

A seguir, foi perguntado sobre o horizonte temporal das mudanças incrementais, sendo que 47% responderam que já estão no mercado, seguidos de 29% que acham ser em cinco anos e 18%, de seis a dez anos. Nas demais faixas de tempo, todas ficaram com 2%. Pelas respostas dos entrevistados, cuja formação está acima da média da sociedade brasileira, pôde-se verificar que as nanotecnologias oriundas das mudanças incrementais já fazem parte do dia-a-dia dos brasileiros. Em outras palavras, as nanotecnologias incrementais já estão no mercado ou estão na iminência de serem apresentadas (Gráfico 29).

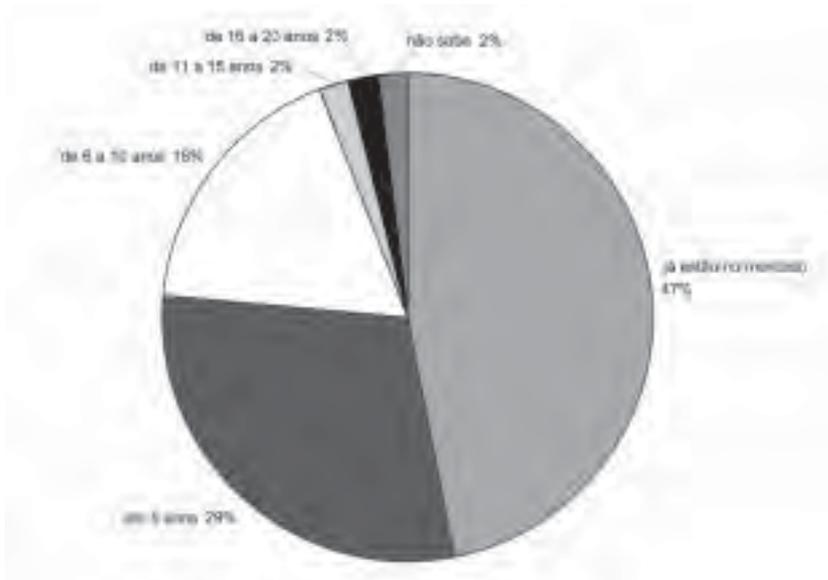


Gráfico 29. Opinião sobre o horizonte temporal de ocorrência das inovações de cunho incremental

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

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 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 (Gráfico 30, na próxima página).

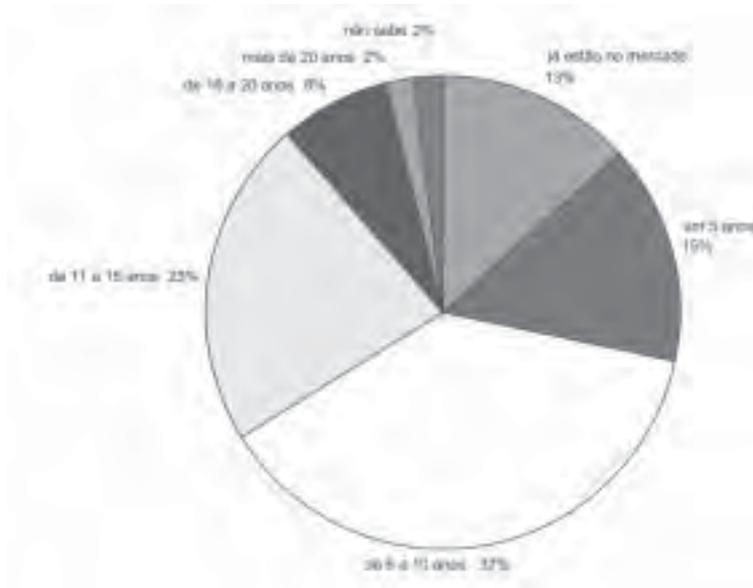


Gráfico 30. Opinião sobre o horizonte temporal de ocorrência das inovações de cunho revolucionário

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

Nanotecnologia e agricultura

Para as questões relativas às mudanças das nanotecnologias de caráter incremental e/ou revolucionário foi apresentado, por escrito, ao entrevistado o que a equipe do projeto adotou como conceito dessas inovações, quais sejam: a) incremental – “as inovações que ocorrem constantemente segundo o ritmo da cada setor, consistindo em simples melhora da gama de produtos e de processos existentes (inovação marginal ou secundária); [... e b) revolucionária –] as inovações que não se limitam a criar novos produtos e processos, mas originam uma série de novas atividades, afetando todos os segmentos econômicos e alterando a estrutura de custos dos meios de produção e distribuição” (CATTANI; HOLZMANN, 2006, p. 161).

Para as questões elaboradas sobre se as inovações das nanotecnologias seriam incrementais ou revolucionárias, no caso do segmento instituições de pesquisa, a quase totalidade das respostas refere-se às mudanças dos dois tipos de inovações, mas quando os entrevistados definem os prazos para que os produtos estejam no mercado, não fica clara a distinção que fazem entre mudanças incrementais e revolucionárias em termos das pos-

síveis aplicações das nanotecnologias na agricultura. Para esse segmento em seu conjunto, pode-se notar que a totalidade das declarações reporta-se apenas às inovações caracterizadas como incrementais. Nenhuma delas se referiu aos possíveis impactos das nanotecnologias na cadeia de produção da agricultura e soja por meio do processo de manufatura molecular, que representaria uma mudança no paradigma de produção tanto agrícola em geral como da soja em particular.

A importância que se atribuiu a essa capacidade de os respondentes distinguirem o incremental do revolucionário nas nanotecnologias decorre do fato de que as inovações incrementais possam ser aplicadas à cultura da soja e agricultura em geral, de modo a contribuir para o aperfeiçoamento do atual paradigma de produção. E isso poderá ocorrer via aumento da produtividade e competitividade do sistema convencional, agroquímico ou moderno de produção de alimentos e fibras. No campo incremental, contribuiria pela viabilização de uma “sintonia fina” da agricultura de precisão, para que se pudesse atingir um máximo de automação da produção agrícola.

Por algumas declarações deste segmento, pôde-se verificar que o entendimento predominante é de que os avanços das nanotecnologias no campo da agricultura estariam limitados às inovações incrementais, ainda que acabassem tratando-as como revolucionárias. Na realidade, qualquer inovação que melhore significativamente o desempenho da produção foi considerada revolucionária e incremental, indistintamente.

Os entrevistados do segmento das empresas agroquímicas dividiram as opiniões entre considerar que as nanotecnologias seriam revolucionárias, incrementais e ambas as situações. Entre as inovações incrementais, um deles citou um produto que não melhorou muito o desempenho, apenas veio para melhorar o que está aí, mas não mudou o conceito. Outro entrevistado citou um agroquímico microencapsulado como incremental.

Para a maioria dos informantes do segmento associações e sindicatos, as possíveis mudanças provocadas pelas nanotecnologias serão de caráter tanto incremental quanto revolucionário. Já se esperava que o resultado da pesquisa identificasse um nível não elevado de conhecimento sobre as nanotecnologias, porém também foi demonstrado que os respondentes desse setor – que representa os interesses coletivos de empresas – não dispunham de informações que permitissem diferenciar com segurança os dois tipos de inovação.

Os respondentes do segmento das cooperativas consideram que as inovações incrementais e revolucionárias poderão provocar mudanças, mas declaram não conhecer as nanotecnologias.

No segmento máquinas e implementos, as respostas sobre essas mudanças também foram tanto de ordem incremental como revolucionária. O segmento das esmagadoras apresentou dúvidas na distinção entre inovações incrementais e revolucionárias. Já para o segmento dos produtores rurais, as opiniões dividiram-se eqüitativamente entre os posicionamentos de que as nanotecnologias seriam revolucionárias, incrementais e ambas.

Indagou-se, ainda, sobre os impactos econômicos positivos para a sociedade decorrentes do uso das nanotecnologias. Dos entrevistados, a grande maioria (75%) respondeu que tais mudanças terão forte impacto econômico e 12% acham que não haverá nenhum impacto. Já 11% e 2%, respectivamente, disseram que haveria pouco impacto ou que não sabem.

Neste tópico também foram questionados sobre a aplicação das nanotecnologias na agricultura. Inicialmente, 76% daqueles que constituem a amostra intencional dessa pesquisa responderam que as nanotecnologias apresentam muita importância para a agricultura, seguidos de 17% que consideram essas tecnologias de pouca importância e, por fim, 7% que alegaram não saber nada sobre esse aspecto. Portanto, predomina a compreensão de que as nanotecnologias são de grande importância para a agricultura (Gráfico 31, na próxima página).

Nas declarações do segmento das instituições de pesquisa, a quase totalidade das opiniões é de que as nanotecnologias são de grande importância para o setor agrícola. Seria uma ferramenta significativa quanto à eficiência e eficácia de produtos químicos, tanto no controle de pragas e doenças como no uso de fertilizantes e na melhoria da qualidade dos alimentos, tendo como balizador seus efeitos sobre os custos.

Entrevistados do segmento das indústrias agroquímicas declararam que será muito importante para a agricultura em geral, e em particular para máquinas e na agricultura de precisão. Posição semelhante foi encontrada no segmento associações e sindicatos e no de cooperativas, sendo que os primeiros destacaram a área de agroquímicos, aumento da produtividade e preservação ambiental.

Para os entrevistados do segmento máquinas e implementos as nanotecnologias serão de muita importância para a agricultura e para a cultura da soja, mas pouco importantes para a empresa em que trabalham, já que nela as perspectivas de utilizar as nanotecnologias são pequenas². No

² Neste aspecto, um entrevistado mencionou uma situação típica de um pesquisador que começa a se preocupar com as nanotecnologias, pois em sua instituição estaria liberado para participar de evento sobre agricultura de precisão, mas se fosse sobre as nanotecnologias correria o risco de ter negada sua liberação, indicando que as nanotecnologias ainda não haviam chegado à instituição.

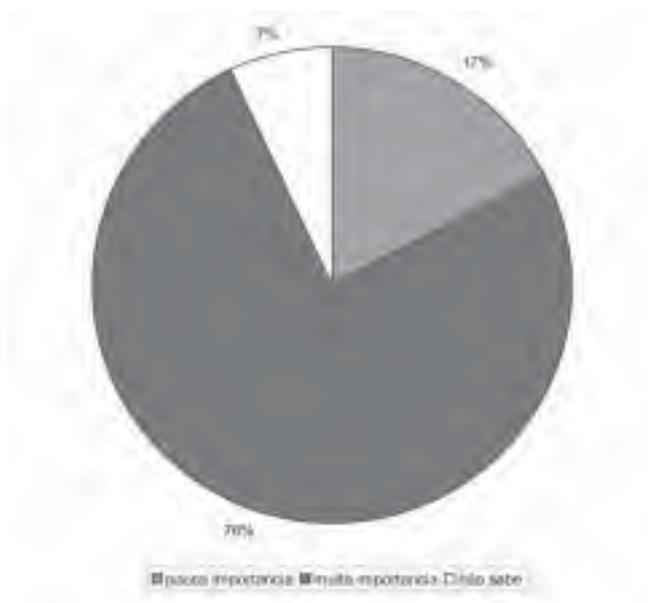


Gráfico 31. Opinião sobre a importância das nanotecnologias para a agricultura
Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

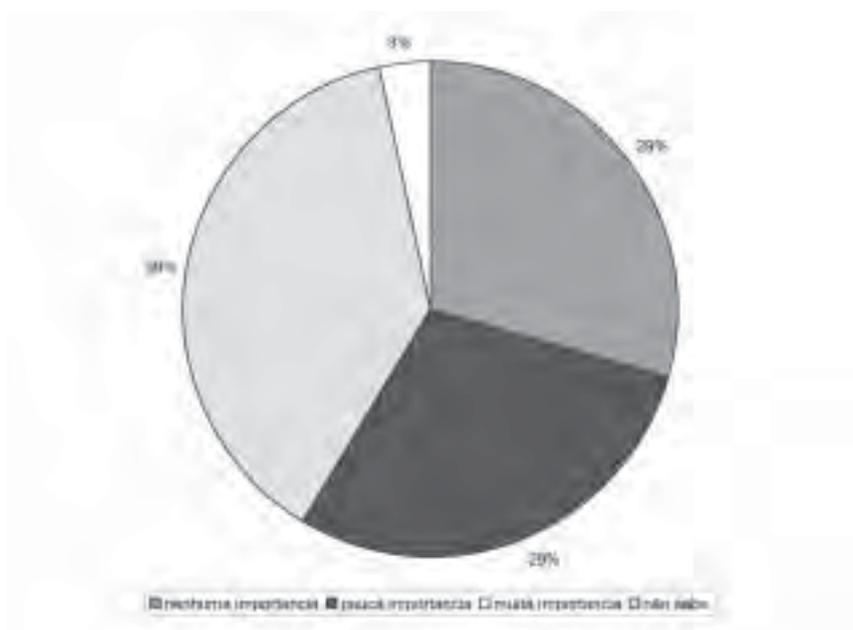


Gráfico 32. Opinião sobre a importância das nanotecnologias para a soja
Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

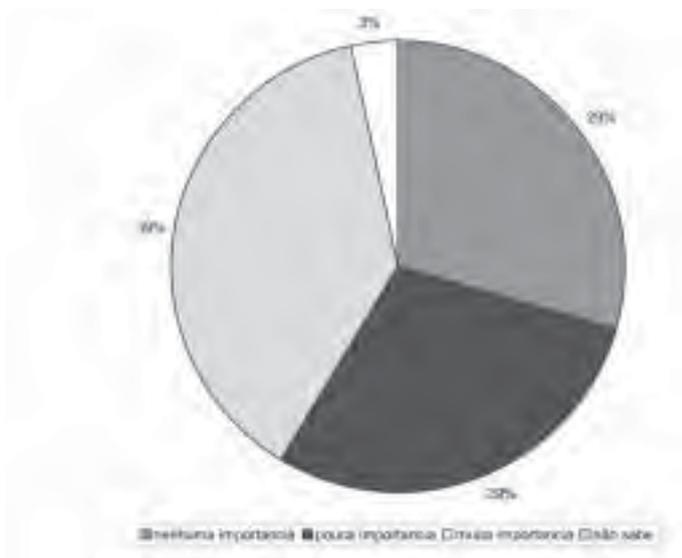


Gráfico 33. Opinião sobre a importância das nanotecnologias para as atividades das instituições

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

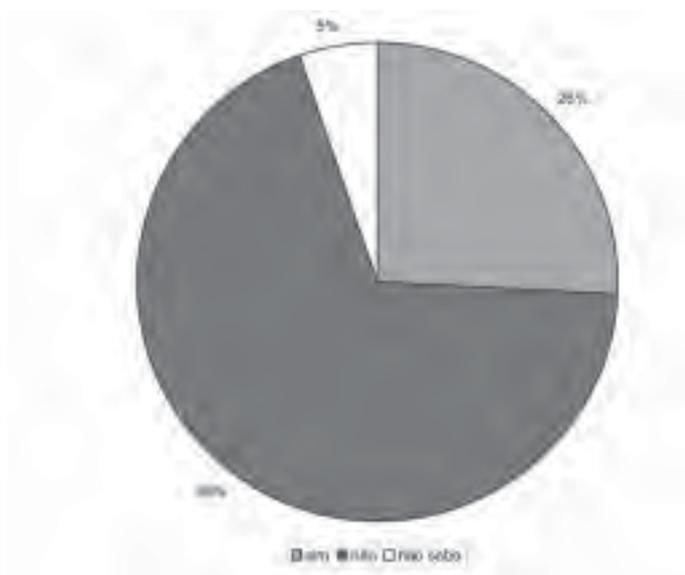


Gráfico 34. Utilização de processos e produtos nanotecnológicos na agricultura pelas empresas

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

segmento das esmagadoras, a expectativa é que elas garantirão uma melhoria no processo produtivo. Já a maioria dos produtores entrevistados não respondeu a esta questão. Houve apenas uma referência à agricultura de precisão como avanço incremental e melhoramento genético (Gráfico 32).

Ao serem argüidos sobre a importância das nanotecnologias nas atividades desenvolvidas pela instituição em que 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.

Em outras palavras, dois terços dos entrevistados acreditam que as nanotecnologias terão importância para a cadeia de produção da soja. No segmento de pesquisa, os respondentes apresentam um consenso de que as nanotecnologias serão muito importantes para a agricultura e, particularmente, para a soja. Esses entrevistados qualificam essa importância, pois consideram que a soja tem um mercado muito competitivo e, em muitos casos, está na fronteira tecnológica de aplicação a campo. Alguns deles exemplificam o uso das nanotecnologias aplicadas em patologias, como a ferrugem na soja.

Os entrevistados dos segmentos das indústrias agroquímicas, das associações e sindicatos, das cooperativas, das esmagadoras e empresários rurais igualmente consideraram muito importante para a cadeia da produção da soja (Gráfico 33).

No segmento de pesquisa foi possível observar que, das instituições públicas entrevistadas, apenas a Embrapa possui em sua programação técnica projetos relacionados ao tema; no setor de pesquisa das empresas privadas, pouco pôde ser apurado. Nos demais setores da cadeia de produção da soja, as opiniões sobre a importância das nanotecnologias nas atividades de suas instituições ficaram divididas entre pouca importância e muita importância.

A seguir, foram indagados sobre se atualmente a instituição ou empresa em que trabalham utiliza processos e produtos nanotecnológicos na agricultura. A grande maioria, 69%, respondeu que não, contra 26% que disse sim (Gráfico 34).

É importante ressaltar que cerca de um quarto dos entrevistados declarou que suas empresas ou instituições utilizavam processos e produtos nanotecnológicos na agricultura. Este é um número bastante significativo para a realidade agrícola brasileira. Esta resposta pode ser mais bem entendida a partir dos dados contidos no Gráfico 35, na próxima página.

Para os que responderam positivamente à pergunta anterior (26%), isto é, usam nanotecnologias em seus produtos e processos, procurou-se

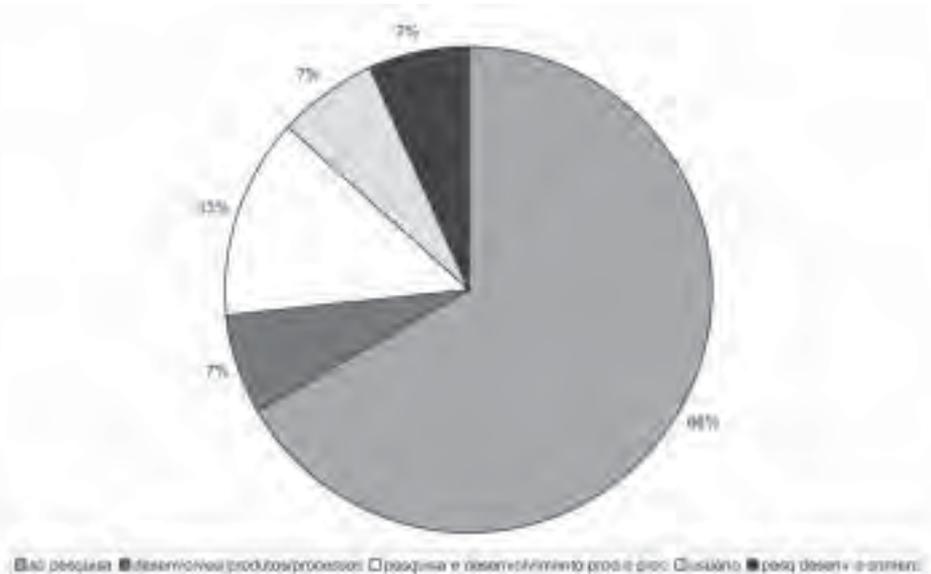


Gráfico 35. Etapas em que as empresas utilizam processos e produtos nanotecnológicos dentro do Brasil

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

identificar mais detalhadamente em quais áreas se aplicam tais procedimentos. 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.

Destes dados, a principal conclusão a ser indicada é que apenas 7% dos entrevistados colocaram-se como usuários de processos e produtos nanotecnológicos aplicados à agricultura. Isto significa que, entre o total dos respondentes desta pesquisa, apenas 2,5% declararam ser consumidores de processos e produtos nanotecnológicos aplicados em atividades agrícolas.

Na empresa privada, na área de pesquisa, o entrevistado informou que não está trabalhando com produtos e processos nanotecnológicos no Brasil. Entretanto, no exterior já está sendo produzido e em três ou quatro anos deverá ser lançado no mercado um produto feito no Brasil em escala nano, mas por enquanto só há pesquisa.

Em relação à empresa pública de investigação científica, no caso específico da soja, um dos informantes indicou que sua instituição desenvolve pesquisas para que seja aplicada a nanotecnologia na agricultura, e

a instituição inclusive faz parte de uma rede nacional de nanotecnologia aplicada.

Outro respondente declarou que sua instituição não utiliza processos e produtos nanotecnológicos na agricultura, porque são processos e produtos que estão em desenvolvimento e ainda não atingiram escala de aplicação. Há, entretanto, estudos que já estão a campo numa escala reduzida, algo experimental. Tem conhecimento de que grandes empresas têm alguns produtos, alguns liberadores como pesticidas e fertilizantes, já em escala industrial.

Um dos entrevistados indicou que no Brasil, até o segundo semestre de 2008, período de coleta de dados desta pesquisa, não havia nenhum produto focado para a agricultura. No entanto, produtos com nome nanotecnológico já estão à venda no mercado brasileiro. O interesse de sua instituição é voltado para a instrumentalização; até há pouco tempo, especificamente para máquinas, língua eletrônica e sistemas de detecção. Ainda segundo o entrevistado, a instituição ampliou a área de interesse e atualmente trabalha em insumos e suplementos, o que em sua opinião é mais difícil, pelo fato de a instituição não dispor de condições para produzir algumas toneladas de fertilizantes, com vistas a um uso em grande escala.

O foco dessa instituição é pesquisa e desenvolvimento de produtos e processos, tais como sensores, produção de filmes comestíveis com espessura nanométrica, revestimentos de filmes que prolonga o tempo de prateleira dos alimentos. A instituição está investigando a liberação controlada de insumos, de alimentos e antibióticos para a nutrição animal, *kits* para detecção de doenças, de patógenos. Extração de nanofibras de celulose a partir de fontes vegetais, de nanossílica a partir de casca de arroz e cavalinha, nanopartículas para utilizá-las na confecção de novos materiais melhorando a resistência mecânica e a abrasão. As grandes linhas são: membranas, sensores, novos materiais, liberação controlada de insumos, fertilizantes e alimentos.

Os segmentos das indústrias agroquímicas, cooperativas, máquinas e implementos, esmagadoras e de empresários rurais não utilizam produtos e processos nanotecnológicos. Neste último segmento, apenas um dos entrevistados declarou utilizar nanotecnologia em agricultura de precisão. (Gráfico 36, na próxima página).

Entre os que responderam positivamente à pergunta anterior (22%), isto é, utilizam processos nanotecnológicos fora do Brasil, procurou-se identificar mais detalhadamente em quais áreas aplicam esse conhecimento. A maioria (39%) disse só atuar em pesquisa; mas 23% atuam em pesquisa

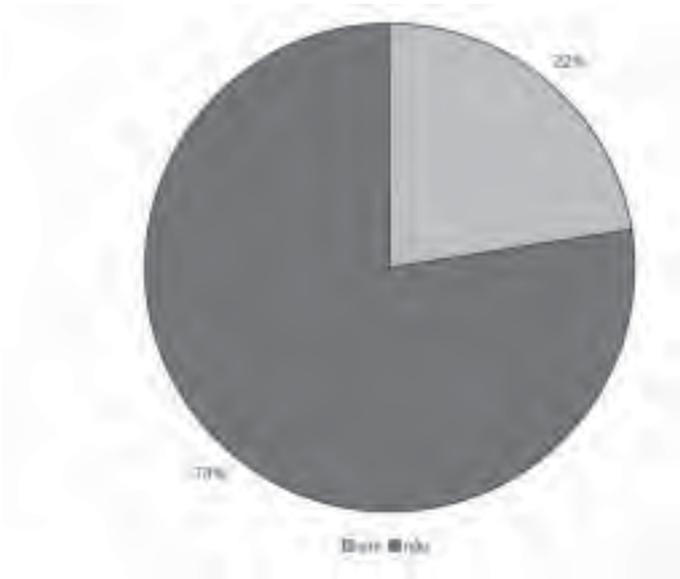


Gráfico 36. Utilização de processos e produtos nanotecnológicos fora do Brasil pelas empresas entrevistadas

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

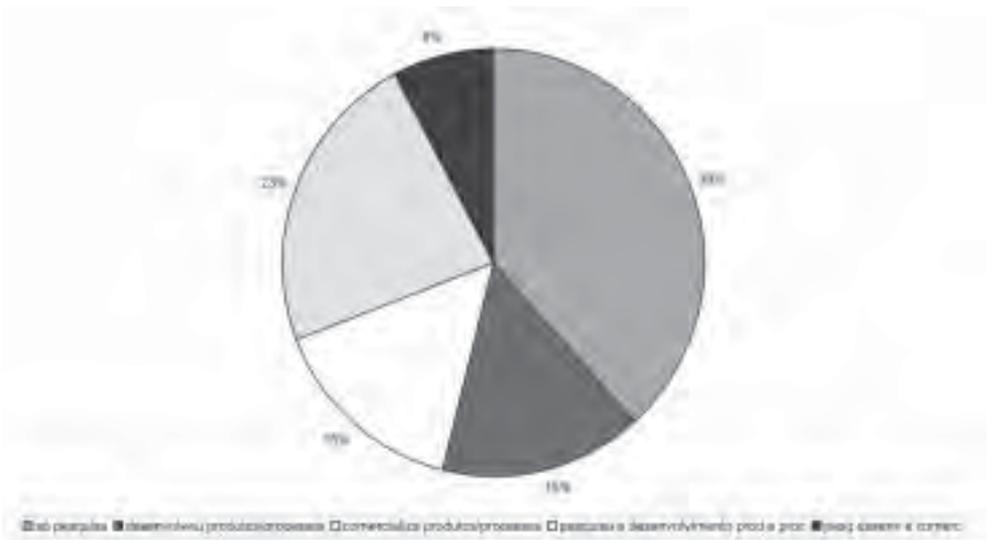


Gráfico 37. Etapa em que as empresas utilizam processos e produtos nanotecnológicos fora do Brasil

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

e desenvolvimento; 15% em desenvolvimento de produtos e processos e 15% só comercializam produtos e/ou processos (Gráfico 37).

Em relação a esse aspecto, no segmento das instituições de pesquisa somente uma instituição e uma empresa declararam que desenvolvem produtos e processos nanotecnológicos no exterior, mas não especificamente para a cadeia de produção da soja. A instituição afirma que tem parceiro/laboratórios no exterior, com vários pesquisadores desenvolvendo tecnologia para a agricultura.

No segmento das indústrias agroquímicas, há certo grau de descolamento entre as atividades das filiais brasileiras e o que já está sendo feito há muito tempo nas matrizes ou em unidades instaladas em outros países. As empresas pesquisadas no Brasil aparentemente não desenvolvem aqui pesquisas no campo das nanotecnologias e agricultura. As entrevistas com alguns de seus pesquisadores demonstraram que no exterior estão mais avançadas em termos de pesquisas com nanotecnologia. Basta acessar os *sites* das principais grandes empresas ligadas ao setor agroquímico para que se confirme a existência real de pesquisa e produtos na área de agricultura e nanotecnologias.

A questão não foi aplicada para os segmentos de associações e sindicatos e de cooperativas, pois são apenas órgãos de representação empresarial, e as esmagadoras são empresas brasileiras sem representação internacional. A questão também não se aplica ao caso dos produtores, que são nacionais.

Para um dos entrevistados do segmento máquinas e implementos, a empresa em que trabalha desenvolve pesquisas na área das nanotecnologias no exterior.

É importante ressaltar que 41% dos entrevistados declararam que as principais aplicações de processos e produtos nanotecnológicos dar-se-ão em toda ou em quase toda a cadeia de produção da soja. Por outro lado, 52% identificaram segmentos específicos nos quais a aplicação de processos e produtos nanotecnológicos poderá ocorrer ao longo dessa cadeia de produção.

A grande maioria do segmento das instituições de pesquisa considera as principais aplicações em produtos e processos, as inovações de ordem incremental, como seguem:

- nanoeletrônica;
- sensores para a indústria processadora de óleo e farelo;
- nanocatalisadores para a obtenção de biodiesel;
- embalagens inteligentes e embalagens funcionais;
- sensores, membranas e filmes para embalagens;

- agroquímicos com nanocápsulas;
- nanoformulações de agroquímicos.

Os entrevistados do segmento das indústrias agroquímicas indicaram que quase todas as alternativas a eles apresentadas foram identificadas como potenciais áreas de sua atuação junto à cadeia de produção da soja no Brasil. Alguns dos entrevistados limitaram este potencial apenas ao segmento de produção de insumos e fatores.

Apesar do pouco conhecimento declarado sobre as nanotecnologias pelo segmento associações e sindicatos na esteira das demais tecnologias que se impuseram ao setor, os respondentes expuseram algumas possibilidades para aplicações das nanotecnologias:

- rações;
- melhoria da produtividade;
- qualidade do produto;
- segurança alimentar;
- aumento do teor de óleo na soja;
- agroquímicos;
- agregação de valor aos produtos;
- alimentos pré-digeridos para animais.

Os respondentes do segmento de cooperativas incluíram as seguintes possíveis aplicações dos processos e produtos nanotecnológicos: produção de insumos e fatores, formulação de produtos, mas, principalmente no futuro, todas as relacionadas a óleos, farelos, ração e sal mineral.

No segmento de máquinas e implementos declararam que haveria aplicações práticas em outros elos da cadeia, como produção agrícola, melhoramento genético, agroquímico e, no seu segmento, tratores e colheitadeiras. Para o segmento de esmagadoras, a principal aplicação seria na área de refino de produtos.

Para o segmento dos empresários rurais, dos itens que lhes foram apresentados destacaram a produção de insumos e fatores, a saber: sementes e defensivos visando a aumentos da produção e da produtividade.

Os entrevistados foram perguntados sobre as perspectivas³ de sua instituição em utilizar as nanotecnologias, especificamente no que concerne à agricultura. A grande maioria (68%) respondeu que tais inovações são de grande importância, seguidos de 21% que acham ser de pouca perspecti-

³ “Perspectiva”, segundo o *Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa* (FERREIRA, 1996), é sinônimo de expectativa, esperança, ponto de vista em relação ao futuro, esperado no futuro.

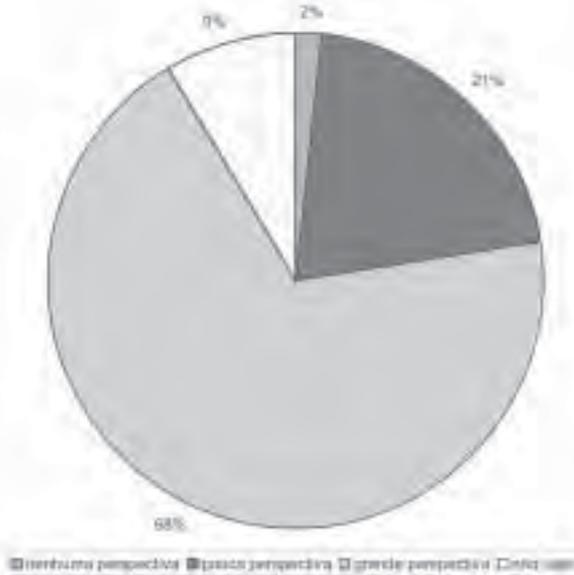


Gráfico 38. Opinião sobre as perspectivas das empresas/instituições em relação ao emprego das nanotecnologias na agricultura

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

va. Apenas 9% entendem não haver perspectiva para sua instituição e, por fim, 2% não souberam avaliar tal aspecto. Ressalta-se que 89% consideram que existem perspectivas de utilização dessa tecnologia na área agrícola em suas instituições (Gráfico 38).

Em relação ao segmento de pesquisa, a perspectiva das nanotecnologias na agricultura foi identificada, ainda que de modo incipiente, nos trabalhos dos institutos de pesquisa da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (Apta). No Instituto Agronômico de Campinas (IAC), foram indicados três centros: recursos genéticos, citricultura, automação e mecanização; no Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital), na área de embalagens em especial, e também no uso de materiais microencapsulados, como aditivo de alimentos e bebidas; no Instituto Biológico (IB), na área de entomologia/controle biológico de pragas, como ferramental de monitoramento das pragas.

No caso da pesquisa da Embrapa, as perspectivas são mais favoráveis, apontando para as áreas de sensores, membranas, nanofibras, plásticos, biodegradáveis, biodiesel, liberação controlada de insumos agrícolas e filmes. Já o Instituto Agronômico do Paraná (Iapar) indicou como perspectiva a área de agricultura de precisão.

Os entrevistados das demais instituições, sem detalhar as possíveis áreas de pesquisa, consideraram grandes as perspectivas das aplicações das nanotecnologias na agricultura em geral.

No segmento das indústrias agroquímicas, a maioria informou que sua empresa/instituição vislumbra grandes perspectivas para os processos e produtos nanotecnológicos.

Em relação às nanotecnologias na agricultura, a maioria dos representantes de associações e sindicatos considera de grande importância, embora quase todos tenham declarado conhecer pouco as nanotecnologias. Provavelmente tomaram por base o raciocínio de que os avanços tecnológicos de modo geral sempre produzem benefícios para os produtores e lucros para as empresas associadas, cada um em seu setor específico.

No segmento das cooperativas, os informantes indicaram a perspectiva de as inovações das nanotecnologias serem aplicadas nas áreas de produção, de sementes, agroquímicos, fertilizantes, indústria de alimentos, produção de óleos vegetais, rações e comercialização.

Os respondentes do segmento das máquinas e implementos dividiram as opiniões entre considerar que há grande e pouca perspectiva na área de tratores e colheitadeiras, certamente por terem pouco conhecimento sobre o tema. No segmento das esmagadoras houve a indicação de que suas empresas consideraram grandes as perspectivas das inovações tecnológicas. Por fim, houve quase unanimidade dos produtores entrevistados, afirmando que vêem grandes perspectivas das nanotecnologias para a agricultura, e destacaram as áreas de genética, produção, soja e milho, fertilizantes, benefício no produto, agroquímicos e agricultura de precisão.

Especificamente em relação às principais aplicações de produtos e processos na agricultura, chamou a atenção nas respostas obtida 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, encontrou-se 26% que acha 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 (Gráfico 39). Nota-se que há um expressivo contingente de informantes que acreditam que essas aplicações efetivamente.

Com relação aos segmentos cooperativas e associações e sindicatos, apenas estes responderam que, embora não trabalhem diretamente com o uso de nanotecnologias, estas poderiam ser aplicadas nas áreas de produção de sementes, agroquímicos, fertilizantes, indústria de alimentos, emba-

lagens inteligentes, produção de óleos vegetais, rastreabilidade, agroindústria sucroalcooleira, indústria de alimentos e rações e frigoríficos.

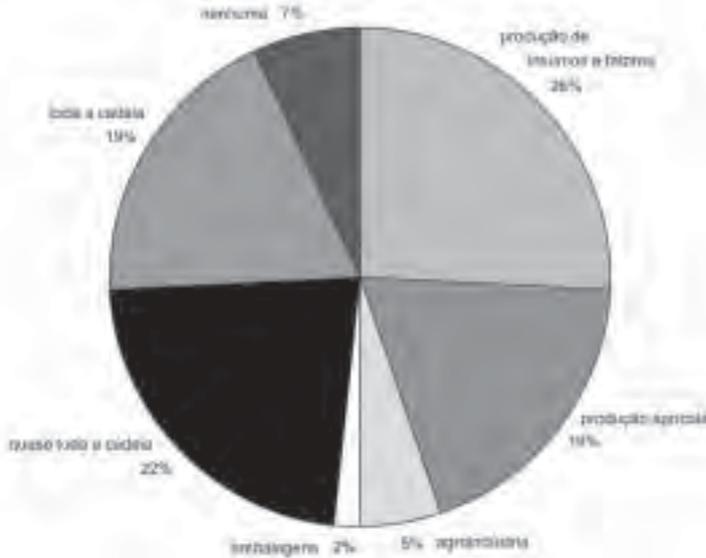


Gráfico 39. Opinião sobre as aplicações práticas das nanotecnologias existentes nas instituições

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

Nanotecnologias e soja

Quando perguntados sobre 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%), como se pode ver no Gráfico 40, na próxima página.

Em relação ao segmento da pesquisa, nas principais aplicações de produtos e processos das nanotecnologias na cadeia de produção da soja há predominância nas respostas, citando apenas as possíveis aplicações:

- eletrônica com nanochips;
- sensores na indústria processadora de óleo e farelo;
- catalisadores para a obtenção de biodiesel;
- embalagens inteligentes e embalagens funcionais;

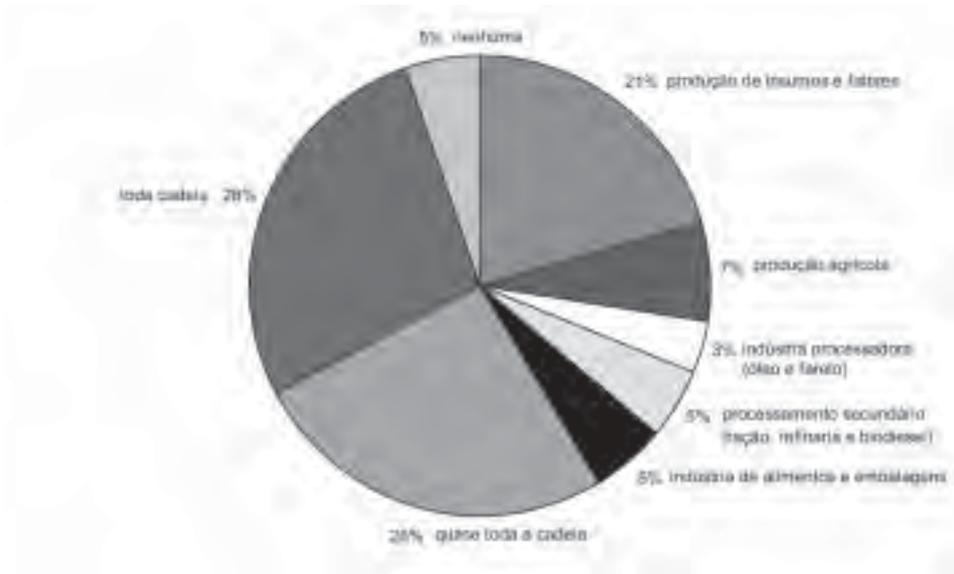


Gráfico 40. Opinião sobre as aplicações das nanotecnologias na cadeia de produção de soja
 Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

- sensores, membranas e filmes para embalagens;
- catalisadores para reações químicas;
- formulação de agroquímicos com nanocápsulas;

No segmento das agroquímicas também houve consenso de que as aplicações na cadeia de produção de soja se dariam mais na produção de insumos e fatores, inclusive nas sementes envolvidas com nanotecnologia, com maior tolerância ao *stress* hídrico, maior vigor e maior teor de óleo.

No tocante ao segmento das associações e sindicatos, apesar de terem declarado pouco conhecimento sobre as nanotecnologias, na esteira das demais tecnologias que se impuseram ao setor, os entrevistados opinaram sobre algumas possibilidades de aplicações:

- rações/alimentos pré-digeridos;
- melhor produtividade;
- qualidade;
- segurança alimentar;
- aumento do teor de óleo na soja;
- formulações de defensivos;
- agregação de valor aos produtos;
- inseticidas biológicos.

O segmento das cooperativas apresentou as mesmas possíveis aplicações, embora comentassem que isto se dará em um futuro mais distante.

O segmento das esmagadoras apresenta as mesmas opiniões, enfatizando a melhoria do refino de óleo. O comentário é extensivo ao segmento de máquinas e implementos, que acrescenta aplicações em tratores e colheitadeiras.

O segmento dos empresários rurais destacou os mesmos exemplos de aplicação na agricultura: produção de insumos e fatores, sementes e defensivos em especial, visando a aumentos da produção e da produtividade.

Quando perguntados se a instituição em que 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 (Gráfico 41).

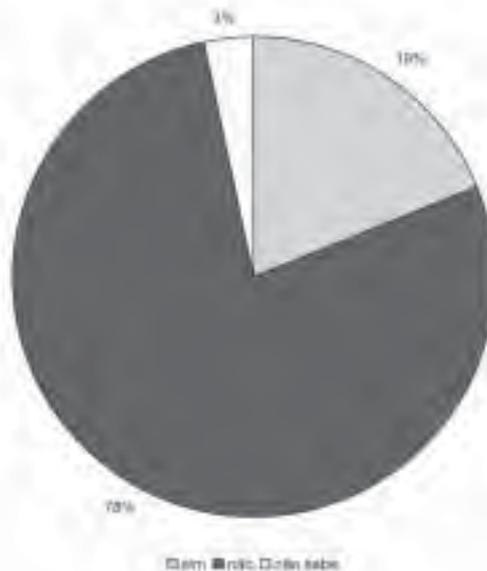


Gráfico 41. Desenvolvimento de inovações nanotecnológicas para aplicação na soja nas instituições/empresas no Brasil

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

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% afirmou que as instituições/empresas as desenvolvem. Os demais não souberam responder (Gráfico 42, na próxima página).

A análise pelos elos da cadeia de soja permite detectar o desenvolvimento em âmbito nacional e internacional apenas no setor de pesquisa

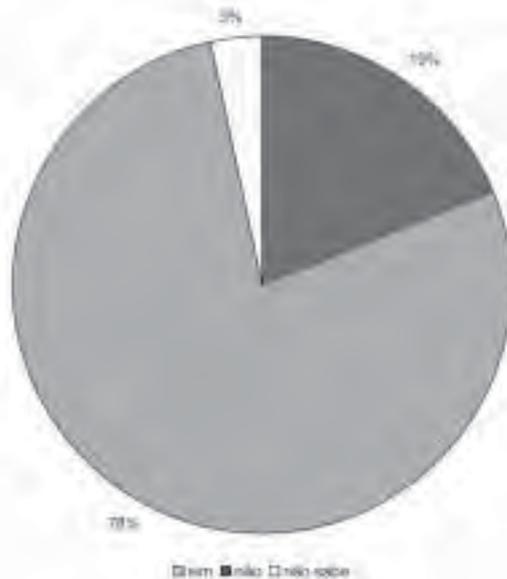


Gráfico 42. Desenvolvimento de inovações nanotecnológicas para aplicação na soja nas instituições/empresas fora do Brasil

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

privada. Segundo o elo de máquinas e implementos, desenvolve-se somente fora do Brasil. Os demais segmentos afirmaram que não geraram nenhum processo/produto nanotecnológico.

A seguir, foi apresentado aos entrevistados um cenário sobre as atuais e possíveis aplicações das nanotecnologias na agricultura mundial, com base no estado da arte.

Após a leitura do texto, os respondentes opinaram a respeito da probabilidade de esse cenário vir a ocorrer. A grande maioria, 77%, considerou muito provável a concretização de tal perspectiva. Apenas 9% disseram não saber, 7% consideraram pouco provável, 5%, improvável e 2%, absurdo.

Por segmento, foi apurado que aqueles que utilizam alta tecnologia em suas atividades, como é o caso dos segmentos de pesquisa, indústrias agroquímicas, máquinas e tratores, disseram ser muito provável. Neste caso, qualificaram as possibilidades de forma diferenciada entre as informações veiculadas na mídia e aquelas apresentadas pela literatura científica, à qual dão mais credibilidade. Por outro lado, o segmento das cooperativas acha pouco provável e o das esmagadoras não se manifestou (Gráfico 43).

Na pergunta referente ao princípio da precaução relacionado às nanotecnologias, 79% considerou válida a aplicação de tal princípio, enquan-

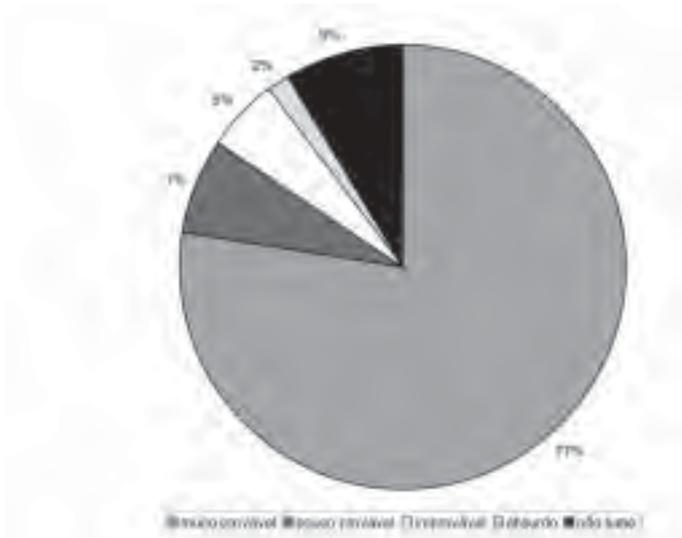


Gráfico 43. Opinião sobre o cenário encontrado na literatura sobre o uso das nanotecnologias na agricultura

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

to apenas 12% foi contra esse tipo de expediente para minimizar os possíveis riscos do uso dessa técnica (Gráfico 44). Os que discordaram (parcela

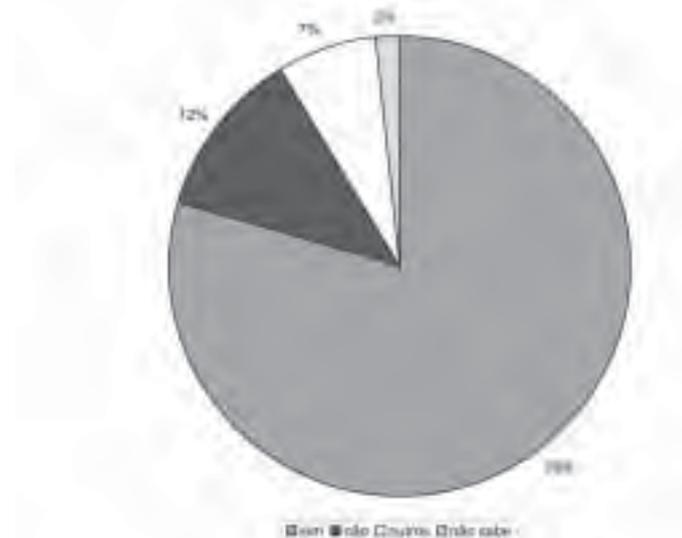


Gráfico 44. Opinião dos entrevistados sobre o princípio da precaução para as inovações nanotecnológicas

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

dos segmentos da pesquisa, associações/sindicatos) do princípio da precaução, ainda não usual no país, expuseram como razões a condução burocrática, causando morosidade no processo de validação das inovações.

Os respondentes, quando argüidos se seus concorrentes estão desenvolvendo produtos e processos nanotecnológicos para aplicação na agricultura, responderam de forma distribuída quase eqüitativa, como se segue: 40% não sabem, 31% afirmaram que sim e 29% responderam negativamente (Gráfico 45).

No segmento de pesquisa pública esse questionamento não se aplica. Já para a pesquisa privada, as opiniões dividiram-se entre existir concorrência e desconhecer a existência. No caso das empresas agroquímicas, a totalidade afirmou evasivamente não saber se seus concorrentes trabalham com nanotecnologias. Nos segmentos das máquinas e implementos e das esmagadoras, obteve-se o mesmo resultado eqüitativo entre desconhecer e saber da utilização das nanotecnologias pelos concorrentes. No segmento das associações, igualmente as opiniões são divididas (Gráfico 45). Por fim, no segmento dos produtores rurais esta questão não se aplica.

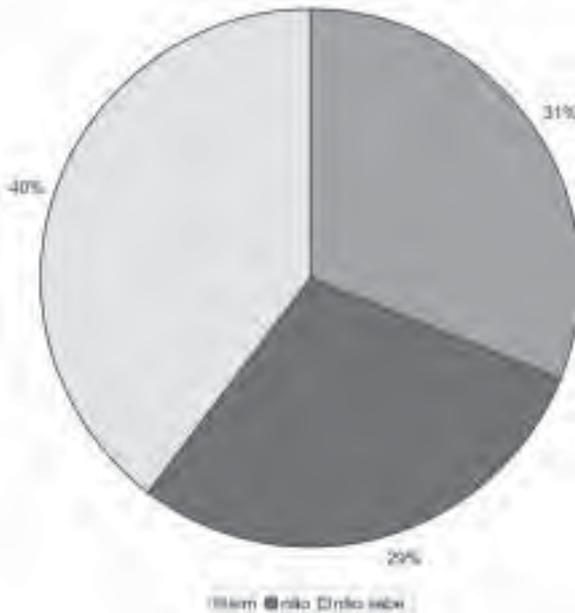


Gráfico 45. Conhecimento dos entrevistados sobre o uso das nanotecnologias na agricultura e/ou soja nas empresas/instituições concorrentes

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

Quando perguntados sobre o interesse em saber se seus concorrentes utilizam produtos e processos nanotecnológicos, quase metade (48%) declarou que se interessa, e muito, por isso. Já outros 40% mostraram-se indiferentes sobre o assunto (Gráfico 46).

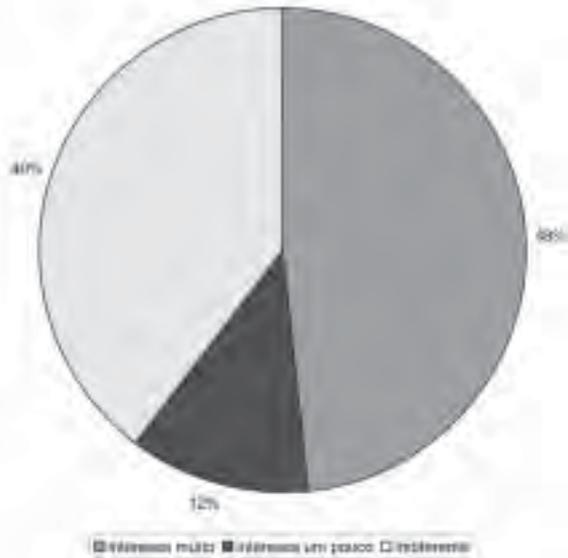


Gráfico 46. Opinião sobre a importância de saber se os concorrentes utilizam nanotecnologias na agricultura e/ou soja

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

Somente para os segmentos de pesquisas e de máquinas e implementos houve manifestação de interesse sobre o que os concorrentes estão realizando em nanotecnologia. Os demais não se manifestaram sobre o tema.

Questionados sobre as principais motivações para as respectivas instituições/empresas quanto a investimentos em nanotecnologias na soja, o segmento de pesquisa de modo geral está motivado para acompanhar as inovações para a agricultura, ainda que em alguns casos esse tema não seja prioridade. No segmento de indústrias agroquímicas, cerca de metade dos entrevistados não soube dizer quais as motivações para investimentos em nanotecnologias. Os demais referiram-se ao mercado futuro, inovação em dosagem e funcionamento, competitividade, desempenho diferenciado e produto mais tecnificado. Segundo os entrevistados dos segmentos cooperativas e de associações e sindicatos, as motivações poderão surgir quando houver resultados comprovados, de modo a oferecer

a seus associados os benefícios dessas inovações. E, também, a possibilidade de utilização de processos para evitar doenças e pragas, além de um lucro maior. Nesse quesito, o segmento das esmagadoras também está de acordo, e acrescenta a possibilidade de diferenciação de seus produtos. Do mesmo modo, o segmento de máquinas e implementos informou que uma das motivações seria desenvolver seu próprio mercado. Quanto ao segmento dos empresários rurais, a questão não se aplica.

Solicitados a opinar sobre quais seriam os principais impactos com a introdução das nanotecnologias em seu setor para a soja, a maioria (59%) espera que haja grande impacto com essas inovações, enquanto 21% não sabe avaliar o nível de impacto e 17% acha que este impacto será pequeno (Gráfico 47). Portanto, quase 80% acredita que as nanotecnologias na cadeia da oleaginosa trarão impactos.

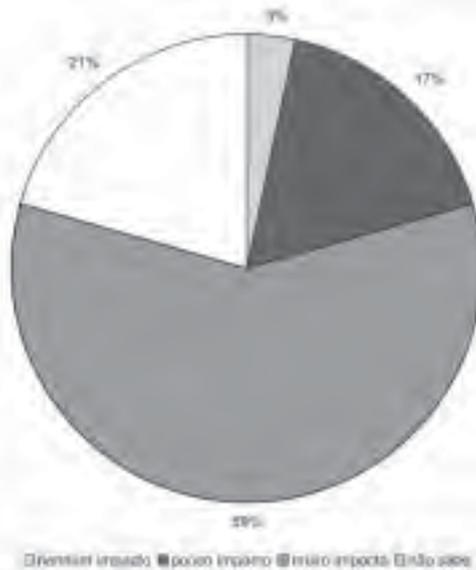


Gráfico 47. Opinião sobre os principais impactos das nanotecnologias na soja

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

A maioria dos entrevistados no segmento de pesquisa considerou que os impactos da introdução das nanotecnologias para a soja em seu setor serão grandes. Nota-se, entretanto, que, apesar da complexidade do tema manufatura molecular de alimentos e fibras e de sua viabilidade no mercado estar muito longe de ocorrer, nenhum dos entrevistados a ela se referiu.

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. Estas observações também foram feitas pelos empresários rurais.

O segmento de pesquisa pública especificamente considera que as nanotecnologias promoverão o aperfeiçoamento de produtos e processos, mais como instrumental de pesquisa, controle de situações, experimentos, monitoramento e como ferramenta de pesquisa. Neste segmento observou-se a defasagem do conhecimento de cunho estrutural e a falta de marcos regulatórios para o setor público, o que não permite que esse setor seja competitivo. Restam apenas o desenvolvimento de pesquisa e o licenciamento de seus produtos junto ao setor privado, que cada vez mais assumirá o comando desse mercado. Na pesquisa privada, considerou-se principalmente pouco impacto no curto prazo por causa dos custos: se o agricultor empatar ou perder, ele vai preferir o tradicional, não vai adotar porque é inovador, diferentemente da área de cosméticos, na qual se paga pela inovação. É interessante notar que nenhum dos entrevistados vislumbrou possíveis impactos negativos com a introdução das nanotecnologias no setor da soja.

No segmento da indústria agroquímica espera-se muito impacto para a cultura da soja, principalmente pela disponibilidade de insumos mais eficientes, com a diminuição do volume aplicado. Nos segmentos das cooperativas e das associações e sindicatos, as opiniões ficaram divididas entre muito e pouco impacto. Para aqueles que opinaram sobre a existência de impactos sobre sua existência, citam como principais: diminuição do número de aplicações de agrotóxicos, monitoramento e previsão da ocorrência de pragas e melhoria da qualidade e digestibilidade das rações. No segmento de máquinas e implementos as opiniões também se dividem entre muito e pouco impacto, sendo citados os seguintes: necessidade de treinamento dos operadores, de maior profissionalização da agricultura, revolução administrativa e reestruturação do setor. Nas esmagadoras, a opinião dos respondentes divide-se entre nenhum e muito; neste caso, seria a redução de tempo e custo com o uso de soja inteligente.

Em seguida, 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 (Gráfico 48, na próxima página).

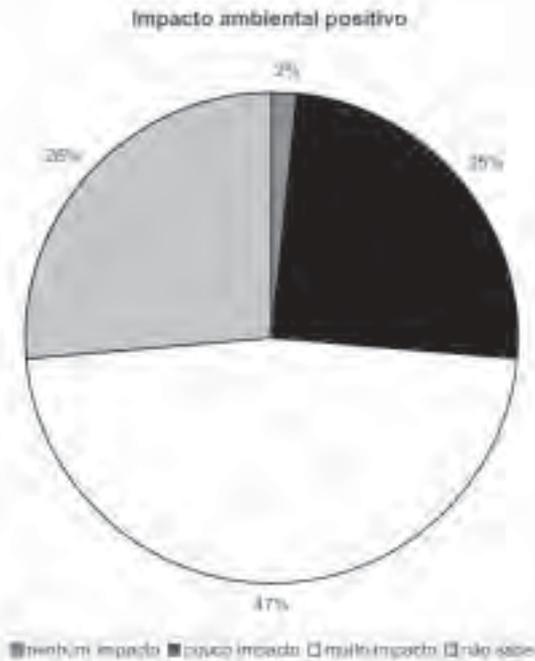


Gráfico 48. Opinião sobre os impactos ambientais positivos pelo uso das nanotecnologias
 Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

Em relação a quais seriam os principais impactos ambientais com o uso das nanotecnologias, a maioria dos entrevistados do segmento de pesquisa destacou os impactos como predominantemente positivos, tais como: monitoramento do ambiente, uso racional de água, de solo e de operações agrícolas, rastreabilidade de embalagens tanto de insumos como de produtos, liberação controlada de insumos, dentre outros. Os informantes do segmento das indústrias agroquímicas consideraram como positivos os impactos acima mencionados.

Os respondentes dos segmentos das associações e sindicatos, das cooperativas e das esmagadoras não apontaram quais seriam esses impactos ambientais positivos.

As opiniões dos empresários rurais dividiram-se entre as posições de que haveria muito impacto e pouco impacto positivo. A maioria, entretanto, considerou que os impactos negativos seriam de pouca monta. E as principais áreas a serem atingidas, segundo alguns que as conseguiram identificar, seriam as de redução do uso de agroquímicos e diminuição do desmatamento.

Em seguida, questionou-se 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, a seguir, 19% e 14%, respectivamente, são da opinião de que não haverá nenhum e de que haverá muito impacto ambiental negativo. Existe, portanto, uma relativa preocupação dos informantes sobre a negatividade dos efeitos dessas novas tecnologias, e as concepções sobre o tema são bem divergentes (Gráfico 49).

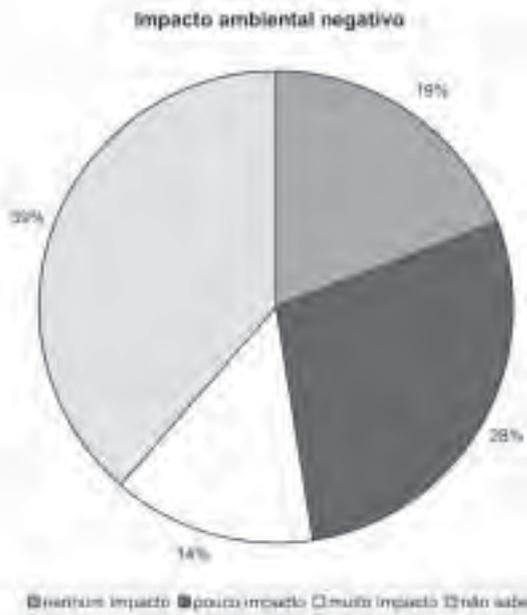


Gráfico 49. Opinião sobre os impactos ambientais negativos pelo uso das nanotecnologias

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

Por segmento, em relação aos principais impactos ambientais com o uso das nanotecnologias, apenas alguns dos entrevistados da pesquisa responderam que poderão ser negativos. Por exemplo, se essa tecnologia fosse colocada em escala de mercado sem estar devidamente testada, poderia haver a perda de controle dessas nanopartículas no contato com solo, ar e rios. Dessa forma, poderiam interagir com outros compostos e gerar um aumento de toxicidade ou, ainda, ao penetrarem em células animais, permanecendo na carne a ser ingerida por seres humanos.

Destaca-se que, para os demais segmentos, os impactos negativos não existiriam.

Prosseguindo, indagou-se sobre os impactos econômicos positivos sobre a sociedade decorrentes do uso das nanotecnologias. A grande maioria (75%) respondeu que tais mudanças proporcionarão grande impacto econômico e 12% acham que não haverá nenhum impacto (Gráfico 50).

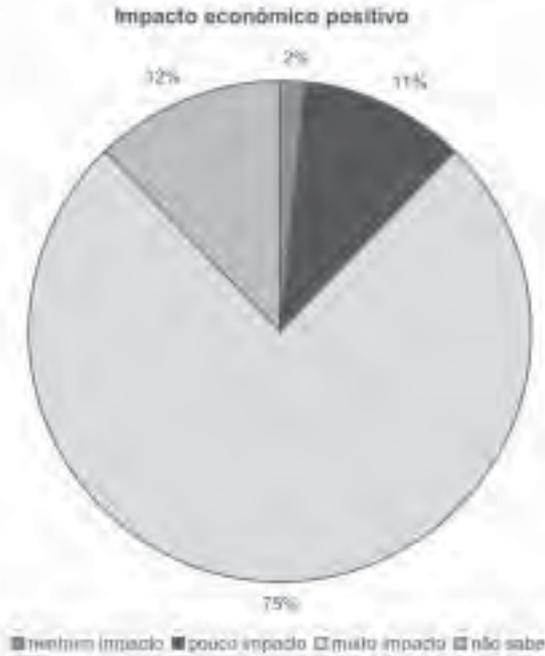


Gráfico 50. Opinião sobre os impactos econômicos positivos pelo uso das nanotecnologias
Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

Merece destaque aqui que, embora a grande maioria dos respondentes dos diferentes elos da cadeia de produção de soja 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:

Inovação ➡ Competitividade ➡ Mercado ➡ Crescimento ➡ Melhor qualidade de vida

Grande parte dos entrevistados do segmento de pesquisa também demonstra ter uma visão positiva, a qual está fortemente vinculada à obtenção de maior eficiência econômica e redução de custos.

Dada a importância dos possíveis impactos econômicos na cadeia de produção da soja, verifica-se que o horizonte desses, vislumbrado pelos entrevistados, é de curtíssimo prazo. Ou seja, as aplicações das inovações incrementais teriam por objetivo a redução de custos e a menor utilização de insumos, buscando maior eficiência.

Os impactos econômicos, segundo os entrevistados do segmento das indústrias de agroquímicos, serão positivos, principalmente em termos de melhoria da eficiência dos processos de aplicação de insumos, variedades mais adaptadas ao meio ambiente, aumento da produtividade, visando à maior competitividade. As mudanças de caráter revolucionário obrigariam a reorganização da produção agrícola, porque muitos produtos deixariam de ser utilizados, o que só ocorreria no longo prazo.

Os representantes do segmento das associações e sindicatos referem-se de modo geral a: redução no número de aplicações de agrotóxicos; redução de custos; agregação de valor às rações; melhor produto; menor custo para o agricultor, menor desperdício; aumento da rentabilidade; e melhor gerenciamento de culturas.

As opiniões dos entrevistados do segmento das cooperativas dividiram-se entre pouco e nenhum impacto econômico. Já para o segmento dos empresários rurais houve quase unanimidade em afirmar que haverá muito impacto econômico positivo na produção. Em relação aos impactos negativos, consideraram que seriam pouco expressivos.

Para o segmento de máquinas e implementos e o de esmagadoras os impactos seriam positivos, principalmente pela redução de custos.

Prosseguindo, indagou-se sobre os impactos econômicos negativos sobre a sociedade, decorrentes do uso das nanotecnologias. Dos entrevistados, a grande maioria (47%) respondeu que não sabe avaliar se haveria impactos econômicos negativos decorrentes dessas mudanças. Já 23% disseram que ocorreriam pouco impactos, seguidos de 16% que acham que haverá muito impacto e, por último, 14% com opinião de que não haverá nenhum impacto econômico negativo (Gráfico 51, na próxima página). Isso demonstra a disparidade de opiniões e o desconhecimento dos entrevistados quanto aos efeitos econômicos adversos das nanotecnologias na agricultura.

No segmento de pesquisa, os respondentes disseram que não existiriam impactos econômicos negativos do uso das nanotecnologias na cadeia de produção da soja. O mesmo sucedeu nos demais segmentos da cadeia aqui avaliados.

Dada a importância que os possíveis impactos econômicos podem ter na cadeia da soja, verifica-se que este horizonte vislumbrado vai apenas até o curtíssimo prazo, que seria a aplicação das inovações incrementais

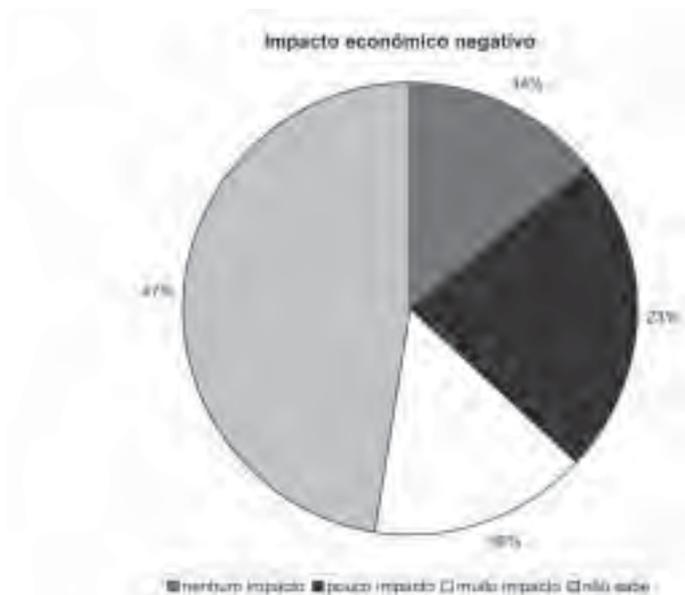


Gráfico 51. Opinião sobre os impactos econômicos negativos pelo uso das nanotecnologias
Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

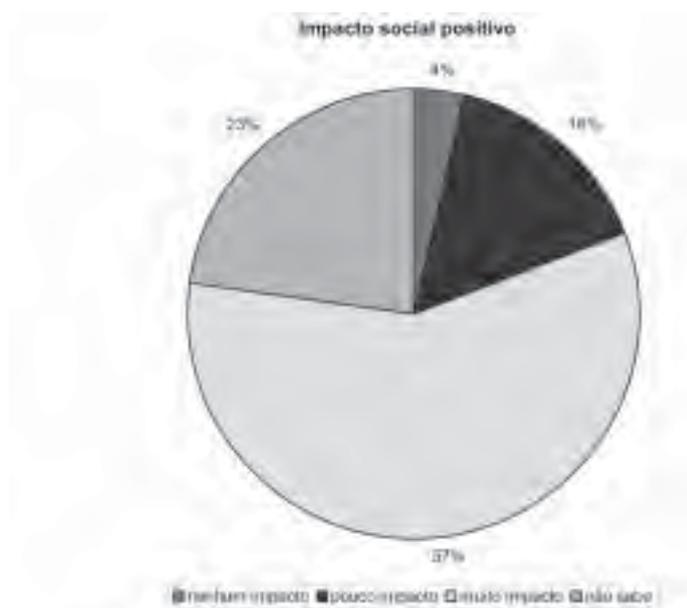


Gráfico 52. Opinião sobre os impactos sociais positivos pelo uso das nanotecnologias
Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

com a redução de custos e menor utilização de insumos de modo geral, chegando a maior eficiência.

Na seqüência, 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 (Gráfico 52).

Especificamente quanto à questão dos possíveis principais impactos sociais com o uso das nanotecnologias na cadeia de produção da soja e agricultura, o que se nota é que, de modo geral, os entrevistados do segmento de pesquisa repetiram as opiniões dadas em relação aos impactos econômicos, uma vez que interpretaram que os impactos econômicos acabam definindo os impactos sociais, como nos exemplos citados: melhor qualidade dos produtos alimentícios; aumento da tecnificação da mão-de-obra; aumento da produção de alimentos; redução na aplicação de agroquímicos.

A maioria dos respondentes do segmento das indústrias agroquímicas declarou não saber identificar os impactos sociais positivos. O mesmo se diz do segmento de máquinas e implementos.

Enquanto as opiniões dos entrevistados das cooperativas variaram entre muito e pouco impacto, as das esmagadoras mostraram-se divididas, pois os entrevistados consideram que haverá impactos positivos, mas também negativos, como a eliminação de empregos e a produção de resíduos.

Já os entrevistados do segmento de associações e sindicatos incluíram a redução de pessoal no processamento da soja, produtos mais seguros, maior tecnificação da mão-de-obra com especialização, produtos com melhor desempenho, geração de empregos especializados e redução dos não-especializados.

A quase totalidade dos entrevistados considera que haverá muitos impactos sociais positivos, inclusive o segmento dos empresários rurais.

A seguir, perguntou-se 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, por fim, 16% disseram que não haverá nenhum impacto (Gráfico 53, na próxima página).

Nota-se, de modo geral, que os entrevistados do segmento de pesquisa consideram que os impactos negativos, se houverem, serão pouco expressivos, e não citam exemplos. Já os informantes do segmento das indústrias agroquímicas avaliaram que, do ponto de vista negativo, poderia

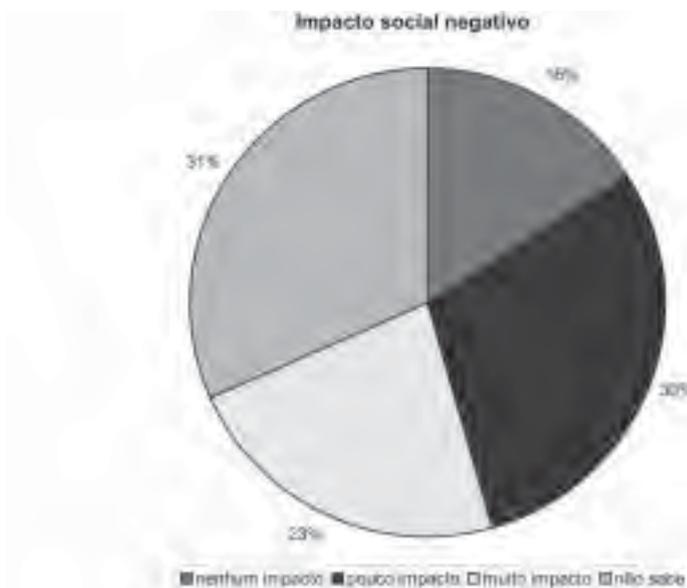


Gráfico 53. Opinião dos entrevistados sobre os impactos sociais negativos pelo uso das nanotecnologias

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

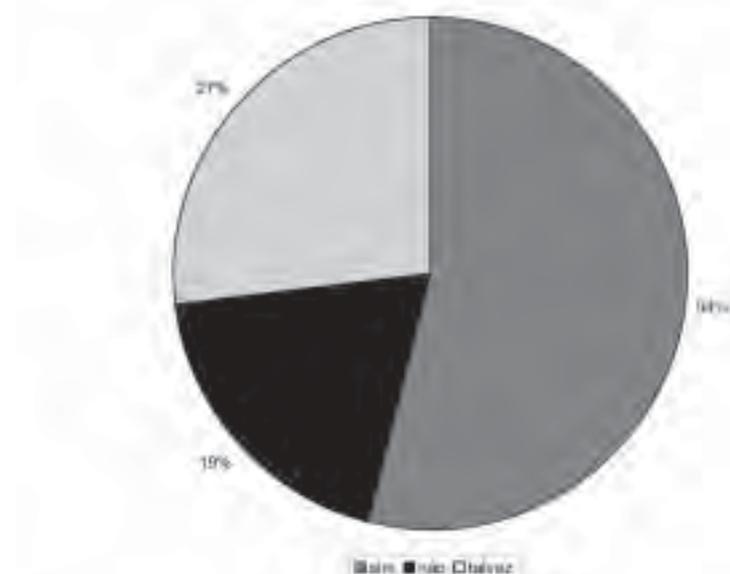


Gráfico 54. Opinião dos entrevistados sobre parceria com a Apta

Fonte: os autores, com base em dados da pesquisa (2008; 2009).

provocar a eliminação de empresas de inoculantes e de sementes inoculadas e de alguns tipos de máquinas e implementos agrícolas.

Os representantes das associações e sindicatos e das esmagadoras estimaram como impacto social negativo a diminuição de empregos no campo. Os respondentes do segmento cooperativas opinaram como impacto negativo o desequilíbrio de renda, pois com a diminuição da área haverá diminuição do uso de mão-de-obra na execução das atividades agrícolas, exigindo mão-de-obra especializada, o que poderá acarretar em concentração de renda.

Por outro lado, os entrevistados do segmento máquinas e implementos opinaram que haverá tanto muito impacto positivo como negativo, sem citar exemplos. O único impacto negativo apontado pelo segmento dos empresários rurais seria na área dos trabalhadores rurais (desemprego).

Por último, foi perguntado se fariam pesquisas para o complexo soja em parceria com órgãos da Apta, IEA, IB, IAC, Instituto de Zootecnia (IZ), Instituto de Pesca (IP), Ital. Do total, 54% responderam que sim, contra 19% em que a resposta foi negativa e 27% que optaram por talvez, dependendo de determinadas condições (Gráfico 54).

REFLEXÕES E RECOMENDAÇÕES

A nanotecnociência, enquanto ciência em construção,
emerge como um campo científico
essencialmente interdisciplinar.

SCHULZ (2009).

No Brasil, as experiências teóricas e práticas com nanotecnologias remontam ao século passado. No entanto, o século XXI marca a efetivação das políticas públicas para o desenvolvimento das nanotecnologias no país. As ações que fomentam a propagação dessas políticas tiveram início a partir da publicação do Edital MCT/CNPq n° 1, em 2001 (MARTINS, 2007a, p. 10-21; 2007b, p. 11-23), que destinou R\$ 3 milhões para a criação de quatro redes de pesquisa. A definição dos rumos das nanotecnologias consolidar-se-ia alguns anos depois, com a oferta de R\$ 12 milhões por meio do Edital MCT/CNPq n° 29/05 (MARTINS, 2007a, p. 10-21; 2007b, p. 11-23).

Durante a criação das redes de pesquisa em nanociência e nanotecnologia, o governo brasileiro voltou-se à consolidação de grupos multidisciplinares de trabalho, envolvendo centros de pesquisa e universidades de todo o território nas áreas de Ciências Exatas, Biológicas e Engenharias, fomentando as pesquisas e/ou o desenvolvimento tecnológico. A exceção ficou com as Ciências Humanas que, desde então, praticamente não foram contempladas com recursos para a consecução de pesquisas sobre nanotecnologias (MARTINS, 2007, p. 12-13).

Todavia, alguns pesquisadores da área de Humanidades têm insistido na importância da realização de investigações teóricas e práticas, por parte das Ciências Humanas, sobre as conseqüências sociais, éticas, ambientais, econômicas e políticas das nanotecnologias na sociedade. Tal fato pode ser evidenciado por iniciativas como a da criação, em 2004, do grupo Renanosoma, que desde então vem organizando seminários internacionais sobre estas questões. No dizer de Henrique Rattner (2004, p. 6), cabe aos cientistas sociais a tarefa de avaliar os potenciais riscos e benefícios das nanotecnologias.

Entre outras recentes ações que refletem as preocupações do Estado brasileiro com o desenvolvimento das nanotecnologias, destacam-se a

Portaria MCT n° 252, de 16 de maio de 2003, que constitui o Grupo de Trabalho para a elaboração do Programa Nacional Quadrienal de Nanotecnologia; e a Portaria MCT n° 614, de 1° de dezembro de 2004, que institui a Rede BrasilNano (MARTINS, 2007a; 2007b).

Os incentivos governamentais referem-se à instalação e ao funcionamento de laboratórios, à compra de equipamentos e à consolidação da articulação entre os principais centros de pesquisa do país com as empresas de diferentes setores industriais, por meio dos trabalhos das redes de pesquisa em nanotecnologia.

Em 2005, foi lançado pela Presidência da República o Programa Nacional de Nanotecnologia. Outra indicação do crescimento da importância dessas novas tecnologias no país foi a destinação de aproximadamente R\$ 10 milhões (Financiadora de Estudos e Projetos – Finep – e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Fapesp) para a inauguração do prédio e a compra de equipamentos para o funcionamento do Centro de Nanociência e Nanotecnologia Cesar Lattes, desde março de 2008, em Campinas, São Paulo (CRUZ, 2008).

Ainda em 2005, como parte do programa acima descrito, mediante o Edital CNPq n° 29/05 foram instituídas as dez redes de pesquisa em nanotecnologia, sucessoras das quatro redes que existiram de 2001 a 2005, com vigência até outubro de 2009, podendo ser prorrogadas por mais alguns anos (no máximo quatro anos) ou dissolvidas. Até maio de 2009 o governo federal ainda não havia explicitado publicamente o que pretende fazer com estas redes. Os recursos previstos nesse edital, para quatro anos, foram da ordem de R\$ 12 milhões. Dotações suplementares foram realizadas, embora os números não sejam de fácil acesso.

Segundo Martins (2007a; 2007b), a partir do Edital CNPq n° 28/2005 e nos anos subsequentes, o governo federal vem mantendo um edital específico para a produção de conhecimentos em nanociência e nanotecnologia, endereçada aos jovens doutores. Somente como exemplo, no ano de 2008, por meio do Edital MCT/CNPq n° 9/2008, foram alocados mais de R\$ 16 milhões.

Em 2007, a principal ação do governo federal em nanotecnologia se deu por intermédio do Edital CNPq n° 10/2007, que visava à melhoria da infra-estrutura laboratorial em nanotecnologia. Este edital indicava um total de R\$ 6,3 milhões para serem aplicados nas referidas melhorias.

Alguns setores da sociedade freqüentemente associam o domínio e o desenvolvimento industrial das nanotecnologias à possibilidade de o Brasil tornar-se mais competitivo internacionalmente. Tal fato implicaria a geração de maior crescimento econômico interno (SILVA, 2002) e cons-

tituir-se-ia em estratégia nacional para a independência tecnológica (ALVES FILHO, 2004), como atesta Almeida (2005): “Uma coisa precisa ficar clara, desde já: os países que não se decidirem por incorporar, por adotar ou que, simplesmente, não se adaptarem ao novo paradigma correm o sério risco de serem alijados dessa nova face da civilização industrial emergente”.

No entanto, como bem adverte Rattner (2005, p. 2), “Os eventuais produtos e processos baseados em nanopartículas não constituem por si só garantia ou condição suficiente para o desenvolvimento da sociedade”.

O agronegócio é apontado por muitos pesquisadores como uma das áreas de aplicação das nanotecnologias em que o Brasil teria condições de se tornar competitivo (MATTOSO; MEDEIROS; MARTIN NETO, 2005). Tais pesquisadores consideram que as nanotecnologias possuem um potencial revolucionário para transformar intensamente a agricultura e os setores a montante e a jusante da produção no campo. Entre as prováveis aplicações das nanotecnologias no meio rural, está a incorporação de nanossensores e nanocatalisadores capazes de monitorar e acelerar o diagnóstico de doenças nas plantas, o tratamento molecular de doenças, o melhoramento da absorção dos nutrientes pelas plantas, a eficiência na aplicação dos pesticidas, herbicidas e fertilizantes, entre outros. Trata-se de levar para a escala nano os ganhos decorrentes da agricultura de precisão, que pode prever as condições do solo, o desenvolvimento e a germinação das plantas, o uso racional da água.

As experiências brasileiras advindas de recursos públicos, incluindo nanotecnologias no agronegócio, centralizam-se na Embrapa. Um dos produtos nanotecnológicos recentemente desenvolvido pela Embrapa Instrumentação Agropecuária é a *língua e o nariz eletrônicos*, que facilitam a análise de características físico-químicas e organolépticas, como sabor e aroma de alimentos e bebidas (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2007).

Além de inúmeros projetos de pesquisa em andamento, foi criado o Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio (LNNA) na cidade de São Carlos, Estado de São Paulo, inaugurado em 28 de maio de 2009.

A seguir, são apresentados de forma sucinta os aspectos positivos e negativos da aplicação das nanotecnologias na agricultura.

Embora a maioria dos respondentes tenha declarado não saber ou saber pouco sobre essa nova tecnologia, emitiram opiniões sobre os possíveis impactos sociais, econômicos e ambientais, nas quais predominaram os aspectos positivos das nanotecnologias.

Entre os principais aspectos que esta pesquisa pôde salientar está 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.

As respostas obtidas junto aos entrevistados circunscreveram-se ao âmbito das mudanças incrementais, em que a faceta positiva da incorporação dos novos produtos e processos nanotecnológicos na agricultura seria a maior eficácia econômica. Portanto, maior lucratividade para os setores mais capitalizados entre agricultores e empresas ligadas ao setor. Julga-se que será possível reduzir os custos de produção no campo, potencializar o crescimento da produção, ajudar a reduzir as perdas agrícolas e, também, diminuir os impactos ambientais decorrentes do uso 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 controlada do princípio ativo na planta ou no solo. Seria possível diagnosticar com antecedência a existência de doenças em plantas e animais. Há indicações de que algumas empresas transnacionais já estão comercializando produtos nanotecnológicos.

As nanotecnologias dispõem também de enorme potencial para modificar os sistemas alimentares. Estudos apontam para a possibilidade de as tecnologias nano ajudarem na detecção de patógenos contaminantes por meio dos nanossensores bioanalíticos e na identificação da origem e rastreabilidade dos produtos agrícolas e animais. A maior parte das aplicações das nanotecnologias no setor de alimentos está ocorrendo na área de embalagens. Alguns alimentos e ingredientes estão entrando no mercado com o intuito de alterar as propriedades e aumentar a conservação de vários alimentos e bebidas comerciais.

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, as quais possuem recursos para os investimentos em pesquisa aplicada. “Vivemos atualmente uma espécie de financeirização da ciência, com o ciclo comercial passando à frente do ciclo de inovação e exigindo do campo científico resultados de curtíssimo prazo, cada vez

mais espetaculares, no intuito de sustentar a agitação dos mercados financeiros” (BRAGA, 2007).

Acima de tudo, tal como os sérios problemas ambientais e humanos oriundos da utilização dos insumos químicos da chamada “revolução verde”, há até o momento 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.

As partículas nano, embora sendo do mesmo elemento químico, se comportam de forma distinta – em relação às partículas maiores – em termos de cores, propriedades termodinâmicas, condutividade elétrica, etc. Portanto, o tamanho das partículas é de suma importância porque muda a natureza das interações das forças entre as moléculas do material e, assim, muda os impactos que estes processos ou produtos nanotecnológicos tem junto ao meio ambiente, à saúde humana e à sociedade como um todo. (MARTINS, 2006a, p. 1)

A presente pesquisa avaliou a visão dos principais agentes sociais da cadeia de produção da soja sobre os possíveis impactos positivos e negativos das nanotecnologias nos vários segmentos. Considerou, inclusive, as opiniões dos agricultores familiares, com uma abordagem diferenciada.

De maneira geral, os entrevistados consideraram que as nanotecnologias trarão grandes impactos sobre a agricultura em geral e para a soja em particular. Nas opiniões no que toca a dimensão econômica, redução de custos de produção foi a resposta predominante. Isto porque, quanto menores as partículas, maior o seu poder de ação, o que implica maior eficiência na aplicação de insumos, tanto em termos da quantidade aplicada como no número de aplicações necessárias ao longo do processo produtivo. A redução dos custos consistiria também no uso de novo veículo em escala nano, o que diminuiria o volume de agroquímicos e fertilizantes. Além disso, poderia propiciar a liberação programada do princípio ativo. Outra redução de custos refere-se à continuidade do processo de inovações tecnológicas, que tem por consequência a diminuição do número de trabalhadores necessários para realizar as várias operações no campo. Compreenderia, ainda, o uso de máquinas fabricadas com o uso de nanomateriais, tornando-as mais resistentes e leves. E, ainda, pela aplicação das nanotecnologias na agricultura de precisão (nanossensores).

Por outro lado, haveria a dependência em relação aos grandes grupos econômicos que dominam o setor a montante e a jusante da produção agrícola. Além disso, poderia incorrer na obsolescência das tecnologias

em uso no mercado e na possível imposição de novos “pacotes tecnológicos”.

No âmbito social, haveria a necessidade de recursos humanos especializados, dado o requinte das técnicas para manipulação e aplicação dos nanocompostos. Isto 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 no campo. O uso de nanoproductos agroquímicos levaria à apresentação de alimentos com menor contaminação e até mesmo de melhor qualidade (organolépticos e nutracêuticos). Um agravante apontado seria que, durante a manipulação e uso das nanotecnologias, poderia haver contaminação e o comprometimento da saúde dos trabalhadores envolvidos no processo produtivo. Do mesmo modo, em relação aos alimentos ingeridos fabricados com nanopartículas, ainda há incertezas sobre seu comportamento no organismo.

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. Isto 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 nanoecotoxicológicos.

Cabe lembrar que algumas das empresas multinacionais já operam ou realizam pesquisas relacionadas às nanotecnologias e brevemente deverão ingressar de modo mais agressivo no mercado agrícola em geral, e na soja em particular, já que esta é uma atividade pró-ativa em inovação tecnológica, embora pelos resultados da pesquisa se observe que praticamente não existe nada de concreto a respeito das aplicações na cadeia de produção dessa oleaginosa. É importante acrescentar que, a partir dessa investigação científica, foi possível constatar que apenas no setor de pesquisa pública estão sendo desenvolvidos estudos em nanotecnologias para o setor agrícola, com destaque para a Embrapa.

Por outro lado, as opiniões dos entrevistados não contemplaram os aspectos relativos aos consumidores dos produtos nanotecnológicos, predominando a visão enquanto agentes econômicos. As observações foram do ponto de vista do universo da produção e, por isso, não apontaram os possíveis impactos do lado dos consumidores e da sociedade em geral.

A emergência das nanotecnologias vem acrescentar maior conteúdo em ciência, técnica e informação ao espaço geográfico das nações que estão investindo em pesquisas nessa esfera. O mercado das nanotecnologias

abrange desde a comercialização de produtos para a realização da produção no campo até as etapas ligadas ao processo industrial na produção de insumos e fatores, processamento agroindustrial e indústria alimentícia. A revolucionária manufatura molecular pode levar, no extremo, à industrialização completa da produção agropecuária e, por conseguinte, alterar os possíveis usos do território em escala planetária.

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 isto, considera-se 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 consigo impactos imprevisíveis.

Parcela significativa da sociedade civil organizada de vários países tem ponderado que o desenvolvimento das nanotecnologias deve ser realizado observando-se oito princípios relativos a como melhor supervisionar esta tecnologia. Alguns destes princípios foram aqui explicitados e comentados; cabe agora mencioná-los na sua integralidade, indicando que eles 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 (NANOACTION, 2007).

Os organismos vivos poderão ingerir alimentos sobre cuja existência ou não de efeitos negativos no médio e longo prazo ainda não se sabe. 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 sobre o ambiente.

Neste momento histórico em que se ampliam exponencialmente as possibilidades de aplicações práticas dos saberes científicos, é fundamental fortalecer a investigação pública em pesquisa básica e promover a interdisciplinaridade nos estudos, ou seja, abrir o diálogo entre os saberes da Física, Biologia, Química e engenharias com as Ciências Humanas.

Nos dias atuais, urge colaborar para a gestação de uma política brasileira para o ordenamento do território durante o processo de incorporação das novas tecnologias no espaço rural, de modo a promover maior justiça social e equidade entre as regiões brasileiras. Os questionamentos susci-

tam 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. Esta pesquisa visa, especialmente, melhorias na agricultura familiar, que sempre ficou à margem dos projetos clássicos de desenvolvimento – modernização induzida da agricultura – ou não pôde acompanhar as referências dos exitosos sistemas de produção por razões diversas, como intensificação técnica, investimento e endividamento.

Cumprir destacar a importância do MDA, em nome da agricultura familiar, por interceder junto às instâncias de decisão na formulação de políticas públicas voltadas aos segmentos de pesquisa e de produção agrícola, em especial da soja.

As ações devem ter como preocupação a segurança ambiental e do produtor/trabalhador rural para que a produção de alimentos, fibras e energia atendam aos critérios da sustentabilidade.

A essência da presente pesquisa no campo da agricultura, e em especial na cadeia de produção da soja, 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, a saber: 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 demiúrgica 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.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, P. R. de. O Brasil e a nanotecnologia: rumo à quarta revolução industrial. **Revista Espaço Acadêmico**, Maringá, v. 5, n. 52, set. 2005. Disponível em: <<http://www.espacoacademico.com.br>>. Acesso em: 30 abr. 2008.
- ALVES, E. **Agricultura familiar prioridade da Embrapa**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. (Texto para Discussão, n. 9).
- _____. **Pobreza rural no Brasil: desafios da extensão e da pesquisa**. 4. ed. Brasília: Codevasf, 1988.
- ALVES FILHO, M. Nanociência: o país não pode perder mais tempo; para pesquisadores da Unicamp, hora é de unir competências, identificar oportunidades e usar infraestrutura instalada. **Jornal Unicamp**, Campinas, n. 241, 16-29 fev. 2004. Disponível em: <http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/fevereiro2004/ju241pag05.html>. Acesso em: 30 abr. 2008.
- ARNALL, A. H. **Future technologies, today's choices**. Nanotechnology, artificial intelligence and robotics; a technical, political and institutional map of emerging technologies. Londres: Greenpeace, jul. 2003. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org.uk/MultimediaFiles/Live/FullReport/5886.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ÓLEOS VEGETAIS (ABIOVE). **Capacidade instalada da indústria de óleos vegetais**: capacidade de processamento; capacidade de refino; capacidade de envase (tabelas). São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.abiove.com.br/capacidade_br.html>. Acesso em: 12 ago. 2008.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (ANDA). **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/estatisticas.aspx>>. Acesso em: 10 out. 2006.
- BARBOSA, M. Z. Soja em alimentos: algumas considerações. **Análise e Indicadores do Agronegócio**: publicação do IEA, São Paulo, v. 2, n. 9, 29 set. 2007. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br>>. Acesso em: 10 out. 2008.
- _____; ASSUMPÇÃO, R. **As novas fronteiras da soja**. São Paulo: IEA, 2003. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=1075>>. Acesso em: 10 out. 2008.
- _____; NOGUEIRA JUNIOR, S. (As) simetrias entre as agroindústrias da soja no Brasil e na Argentina. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 87-107, jan./jun. 2007.
- BASL, J. Virtue ethics and the concern characterizing the pessimist paradigm. **News from the bottom**, Columbia, SC, v. 2, n. 1, p. 1-3, 2005. Disponível em: <http://schc.sc.edu/Minus9/Minus9info/Papers/2005_John_Basl.pdf>. Acesso em: 13 out. 2008.
- BRAGA, R. **Dilemas e riscos da nanotecnologia**. São Paulo: PSTU, 2007. Disponível em: <<http://www.pstu.org.br>>. Acesso em: 19 maio 2008.
- BRASIL. Ministério de Ciência e Tecnologia. **Nanotecnologia**. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/730.html>>. Acesso em: 7 maio 2008a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Exportação e Importação (MDIC). Secretaria de Comércio Exterior (Secex). **Balança comercial brasileira**. Disponível em: <<http://www2.desenvolvimento.gov.br/sitio/secex/depPlaDesComExterior/indEstatisticas/balComercial.php>>. Acesso em: 8 ago. 2008b.

BUAINAIN, A. M.; SOUZA FILHO, H. M.; SILVEIRA, J. M. Agricultura familiar e condicionantes da adoção de tecnologias agrícolas. In: LIMA, D.; WILKINSON, J. (Org.) **Inovação nas tradições da agricultura familiar**. Brasília, DF: CNPq/Paralelo 15, 2002. p. 331-346.

CÂMARA, G. M. S. et al. **Soja-produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. (Série Extensão Agroindustrial, n. 7).

CATTANI, A. D.; HOLZMANN, L. **Dicionário de trabalho e tecnologia**. Porto Alegre: EdUFRGS, 2006.

CAVALHEIRO, E. A. Prefácio. In: LIMA, D.; WILKINSON, J. (Org.). **Inovação nas tradições da agricultura familiar**. Brasília, DF: CNPq/Paralelo 15, 2002. p. 9-12.

CENTER FOR RESPONSIBLE NANOTECHNOLOGY. **What is nanotechnology?** Disponível em: <<http://www.crnano.org/whatis.htm>>. Acesso em: 22 out. 2008.

CHALITA, M. A. N. Agricultura familiar e seus novos vínculos com a prática econômica. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 53, n. 2, p. 125-139, jul./dez. 2006.

COMISSÃO EUROPÉIA. **Nanotecnologias: inovações para o mundo de amanhã**. Bruxelas: Direção Geral de Investigação, 2004.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Custos de produção: safra de verão, 2007/08**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/custodeproducao_safraverao2.xls>. Acesso em: 11 ago. 2006.

COSTA, S. I. Considerações sobre a utilização da farinha de soja no enriquecimento protéico de alguns alimentos. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, p. 23-38, 1972.

_____. Farinha de soja desengordurada. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, p. 47-59, 1972.

CRUZ, E. P. **Lula inaugura Centro de Nanociência e Nanotecnologia em Campinas. Agência Brasil**, Brasília, 4 mar. 2008. Disponível em: <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2008/03/03/materia.2008-03-03.1978398631/view>>. Acesso em: 7 mar. 2008.

DALL'AGNOL, A.; HIRAKURI, M. H. **Realidade e perspectivas do Brasil na produção de alimentos e energia, com ênfase na soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2008.

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

_____. O pior engano na história da raça humana. **Discovery Magazine**, Nova York, 18 jan. 2006.

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

_____. **Nanosystems: molecular machinery, manufacturing and computation**. 1992. Disponível em: <<http://e-drexler.com/d/06/00/Nanosystems/toc.html>>. Acesso em: 11 out. 2008.

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

DULLEY, R. D. Ambiente e produção agrícola: **principais paradigmas**. Campinas: Unicamp, 2003.

_____. **Nanotecnologia no agronegócio: explorando o futuro**. São Paulo: IEA, 2004. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=1640>>. Acesso em: 4 mar. 2008.

DUPAS, G. Nanotecnologias: entre a lógica do mercado e a necessidade das sociedades. Entrevista especial com Gilberto Dupas. **IHU On Line**, São Leopoldo, 30 maio 2008. Disponível em: <http://www.unisinos.br/ihu/index.php?option=com_noticias&Itemid=18&task=detalhe&id=14367>. Acesso em: 3 fev. 2009.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Nanotecnologia na agricultura aumenta seu papel social e de inclusão**. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2007/outubro/2a-semana/tecnologia-na-agricultura-aumenta-seu-papel-social-e-de-inclusao/>>. Acesso em: 11 abr. 2008.

ESTADOS UNIDOS. Departamento de Agricultura (Usda). **Food price outlook 2009**. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/publications/agoutlook/aotables/2009/01Jan/aotab17.xls>>. Acesso em: 6 nov. 2008.

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

_____. **Nanotecnologia: os riscos da tecnologia do futuro**. Porto Alegre: L&PM, 2005.

EURORESIDENTES; CENTER FOR RESPONSIBLE NANOTECHNOLOGY/ NANOTECHNOLOGIA RESPONSÁVEL. **Introdução à Nanotecnologia: o que é a Nanotecnologia?** Disponível em: <http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia_responsavel/introducao_nanotecnologia.htm>. Acesso em: 4 out. 2008.

FERRAZ, J. M G. As dimensões da sustentabilidade e seus indicadores. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Jaguariúna. **Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas**. Brasília, DF, 2003.

FEYNMAN, R. There's plenty of room at the bottom. Comunicação apresentada no Encontro Anual da American Physical Society, no California Institute of Technology (Caltech), em 29 dez. 1959. **Caltech's Engineering and Science**, Pasadena, fev. 1960. Disponível em: <<http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>>. Acesso em: 4 out. 2008.

FERREIRA, A. B. de H. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1996.

FREITAS, B. B.; BARBOSA, M. Z.; FRANCA, T. J. F. Cadeia de produção de soja no Brasil: o caso do óleo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 30, n. 12, p. 30-41, dez. 2000.

FRONZAGLIA, T.; VEGRO, C. L. R. **Nanotecnologia e inovação no agronegócio**. São Paulo: IEA, 2005. Disponível em <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=1667>>. Acesso em: 5 mar. 2008.

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO (FAPESP). Engenharia Elétrica. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 111, p. 76-77, maio 2005.

GAMA, M. E. **Nanotecnologia a serviço da beleza**. Fashion Mix 2008. Disponível em: <<http://www.hiperfashion.com.br/home.cfm?pagina=materia&id=215&jn=1>>. Acesso em: 14 nov. 2008.

GARCIA, J. G.; BASTOS, E. T.; SILVA, L. F. **Projeções do agronegócio Brasil 2008/09 a 2018/19**. Brasília, DF: AGE/Mapa, 2009.

GIORDANO, S. R. **Competitividade regional e globalização**. 1999. 225 p. Tese (Doutorado em Geografia)– Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

GUILHOTO, J. J. M. et al. **PIB da agricultura familiar: Brasil-estados**. Brasília, DF: MDA, 2007. (Nead Estudos, 19).

GUTMAN, G. E. **Trayectoria y demandas tecnologicas de las cadenas agroindustriales en el Mercosur ampliado; oleaginosas: soja y girassol**. Montevideu: Procisur/ BID, 2000. (Serie Documentos, 3).

HANNA, W.; THOMPSON, P. B. Nanotechnology, risk and the environment: a review. **Journal of Environmental Monitoring**, Cambridge (UK), n. 10, p. 291-300, jan. 2008. Disponível em: <<http://www.rsc.org/jem>>. Acesso em: 8 abr. 2008.

HARTMAN, L.; ESTEVES, W. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. (Série Tecnologia Agroindustrial, 13).

HASSE, G. **O Brasil da soja: abrindo fronteiras, semeando cidades**. Porto Alegre: L&PM, 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento sistemático da produção agrícola (LSPA)**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>>. Acesso em: 7 abr. 2008.

KURZWEIL, R. The future of intelligent technology and its impact on disabilities. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, Washington, DC, v. 97, n. 10, out. 2003. Disponível em: <<http://www.afb.org/JVIB/jvib971012.asp>>. Acesso em: 7 out. 2008.

LAMARCHE, H. Les logiques productives. In: _____. (Coord.). **L'agriculture familiale: comparaison internationale. I - Une réalité polymorphe**. Paris: L'Harmattan, 1992.

LAMARCHE, H. (Coord.). **L'agriculture familiale: comparaison internationale. II - Du mythe à la réalité**. Paris: L'Harmattan, 1994.

LAMPARELLI, R. C. **A agricultura de precisão**. Brasília, DF, [200-]. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_72_711200516719.html>. Acesso em: 11 out. 2008.

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

- LIMA, D. M. de A.; WILKINSON, J. (Org.). **Inovação nas tradições da agricultura familiar**. Brasília, DF: CNPq/Paralelo 15, 2002.
- MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing**. São Paulo: Bookman, 2006.
- MARTINS, P. R. Introdução à nanotecnologia. **Cibéria**, São Paulo, ano 8, n. 29, out./dez. 2006a. Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/njr/esprial/ciberia29b.htm>>. Acesso: 3 abr. 2008.
- MARTINS, P. R. (Coord.). **Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente: I Seminário Internacional**. São Paulo: Humanitas, 2005.
- _____. **Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente**. Trabalhos apresentados no Segundo Seminário Internacional. São Paulo: Xamã, 2006b.
- _____. **Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente em São Paulo, Minas Gerais e Distrito Federal**. São Paulo: Xamã, 2007a.
- _____. **Revolução invisível: desenvolvimento recente da nanotecnologia no Brasil**. São Paulo: Xamã, 2007b.
- MARTINS, P. R.; DULLEY, R. D. **Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente**. Trabalhos apresentados no Terceiro Seminário Internacional. São Paulo: Xamã, 2008.
- 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, DF, 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.
- MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Ed.) **A soja no Brasil**. Campinas: Itai, 1981.
- MOORE, J. Hey, have you heard about nanotechnology? Improve nanotech awareness through a word-of-mouth campaign. **Nanotechnology Now**, 17 set. 2008. Disponível em: <<http://www.nanotech-now.com/columns/?article=086>>. Acesso em: 1º set. 2008.
- MÜLLER, P. Crise de la sectorialité et nouvelles identités paysannes: le métier d'exploitant rural. In: COLLOQUE LES AGRICULTEURS ET LA POLITIQUE DEPUIS, Paris, 1970. **Anais...** Paris: [s. n.], 1987.
- MUZILLI, O. **Diagnostico rápido participativo (DRP)**. Londrina, 1997. Mimeografado. 83 p.
- MYERS, N.; RABE, A.; SILBERMAN, K. **Louisville charter for safer chemicals**. Background paper n. 4: Act on early warnings. Louisville, KY, 2005. Disponível em: <<http://www.louisvillecharter.org/paper foresight.shtml>>. Acesso em: 11 abr. 2009.
- 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=223>>. Acesso em: 5 maio de 2009.

- NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. **Societal implications of nanoscience and nanotechnology**: final report from the Workshop held at the National Science Foundation, 28-29 set. 2000. Arlington, VA, mar. 2001. Disponível em: <http://www.wtec.org/loyola/nano/NSET.Societal.Implications/nanosummary.pdf> Acesso em: 11 ago. 2008.
- NATURA CHRONOS Politensor de Soja: pele com mais ¼ de colágeno. **CosméticosBR**, São Paulo, 5 abr. 2008. Disponível em: <http://www.cosmeticosbr.com.br/conteudo/noticias/noticia.asp?id=1659>. Acesso em: 14 nov. 2008.
- NOGUEIRA, E. A. e. **O fortalecimento do processo participativo para o desenvolvimento local**. São Paulo: IEA/SAA, 2001. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=328>. Acesso em: 7 nov. 2008.
- NOGUEIRA JUNIOR, S. et al. **Alimentação animal**: realidade e perspectivas. São Paulo: SAA, 1997. (Cadeias de Produção da Agricultura, 4).
- OLIVETTE, M. P. de A.; NOGUEIRA, E. A. e; MELLO, N. T. C. de. Emprego e renda: o processo participativo como instrumento para o desenvolvimento regional. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 30, n. 10, p. 25-31, out. 2000.
- OPARA, L. U. **Emerging technological innovation triad for smart agriculture in the 21th century**. Part I: Prospects and impacts of nanotechnology in agriculture. 2004. Disponível em: <http://cigrejournal.tamu.edu/submissions/volume6/Invited%20Overview%20Opara%20final%2017August2004.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2005.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E A ALIMENTAÇÃO (FAO). **Database Faostat**. Disponível em: <http://www.faostat.fao.org>. Acesso em: 20 out. 2008.
- PAULILO, M. I. S. A integração no sul de Santa Catarina: recorte do objeto. **Cadernos de Ciências Sociais (Porto)**, Florianópolis, n. 49, p. 21-42, 1987.
- RATTNER, H. Nanotecnologia e a política de ciência e tecnologia. **Revista Espaço Acadêmico**, Maringá, n. 55, dez. 2005. Disponível em: <http://www.espacoacademico.com.br/055/551rattner.htm> Acesso em: 25 nov. 2007.
- _____. Nanotecnologia: para melhor ou para pior? **Revista Espaço Acadêmico**, Maringá, n. 41, out. 2004. Disponível em: <http://www.espacoacademico.com.br/041/41rattner.htm>. Acesso em: 25 nov. 2007.
- RIBEIRO, M. de F. S. et al. Métodos e técnicas de diagnóstico de sistemas de produção. In: INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ. **Enfoque sistêmico em P&D**: a experiência metodológica do Iapar. Londrina: Iapar, 1997. p. 55-79.
- ROCCO, M. **Frontiers in science and engineering**: nanotechnology at NSF. Arlington, VA: National Science Foundation; National Nanotechnology Initiative, jan. 2007. Disponível em: http://www.nanoed.org/news/docs/011207/MikeROCO_NNI_Day1.pdf. Acesso em: 11 out. 2008.
- ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. **Criação de empregos pelo complexo industrial da soja**. Londrina: Embrapa, 2004.

SALLEH, A. Unions say nano-loopholes may hurt workers. **News in Science**, Sydney NSW, Austrália, 5 set. 2005. Disponível em: <<http://www.abc.net.au/science/news/stories/s1451929.htm>>. Acesso em: 1º out. 2005. SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Hucitec, 1996.

_____. **Metrópole corporativa fragmentada: o caso de São Paulo**. São Paulo: Nobel: Secretaria de Estado da Cultura, 1990.

SALLEH, A. **Por uma outra globalização**. Rio de Janeiro: Record, 2000.

_____. **Técnica, espaço e tempo**. São Paulo: Hucitec, 1994.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Desenvolvimento do Agronegócio. **Soja: nutrição e sabor**. São Paulo: Codeagro, 2004.

SCHLESINGER, S. **O grão que cresceu demais: a soja e seus impactos sobre a sociedade e o meio ambiente**. Rio de Janeiro: Fase, 2006.

SCHULZ, P. **A encruzilhada da nanotecnologia: inovação, tecnologia e riscos**. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2009.

_____. **De volta para o futuro: os precursores da nanotecnociência**. São Leopoldo: Unisinos, 2007. (Cedemos IHU Idéias, 95).

SCOTT, N. R.; CHEN, H. **Nanoscale science and engeneering for agriculture and food systems**. Washington, DC: Usda, nov. 2002. Disponível em: <<http://www.nseafs.cornell.edu/web.roadmap.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2009.

SEM, A. K. **Desenvolvimento como liberdade**. São Paulo: Companhia da Letras, 2000.

SILVA, C. G. da. O que é nanotecnologia? **ComCiência: Revista Eletrônica de Jornalismo Científico**, 2002. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologias/nano17htm>>. Acesso em: 26 abr. 2008.

SIMÕES, J. **Pesquisa e desenvolvimento no agronegócio: Embrapa Instrumentação Agropecuária, de São Carlos, cria laboratório de nanotecnologia e sedia rede virtual de pesquisa**. **Boletim Inovação**, Campinas, 2 maio 2006. Disponível em: <<http://www.inovacao.unicamp.br/report/news-embrapa060502.shtml>>. Acesso em: 26 abr. 2008.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA AGRÍCOLA (SINDAG). **Dados de mercado**. Disponível em: <http://www.sindag.com.br/dados_mercado.php> Acesso em: 10 out. 2006.

SUCHMAN, M. C. Social science and nanotechnology. In: WORKSHOP ON NANOTECHNOLOGY: REVOLUTIONARY OPPORTUNITIES & SOCIETAL IMPLICATIONS, EC-NSF, 3., Lecce, Itália, 31 jan./1º fev. 2002. **Anais...** Lecce: EC-NSF, 2002.

SYNGENTA. **A microscopic formula for success**. Disponível em: <http://www.syngenta.com/en/day_in_life/microcaps.aspx>. Acesso em: 24 out. 2005.

TALLY, S. **A shrinking world inside agriculture**. **Agricultures Magazine**: publicação do Purdue University College of Agriculture, West Lafayette, IN, v. 5, n. 3, p. 3, 2002. Disponível em: <http://www.agriculture.purdue.edu/agricultures/past/summer2002/features/feature_01_p3.html>. Acesso em: 11 out. 2008.

WILKE, J.; TAGLIARI, P. S. Congresso de agroecologia debate a nanotecnologia. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 19, n. 2, p. 35-37, jul. 2006.

WILKINSON, J. **Distintos enfoques e debates sobre a produção familiar no meio rural**. Rio de Janeiro: CDPA/DAS/UFRRJ, 2000. Mimeografado. 105 p.

WOOD, S.; JONES, R.; GELDART, L. **The social and economic challenges of nanotechnology**. Swindow, UK: Economic & Social Research Council, 2003. Disponível em: <<http://www.shef.ac.uk/physics/people/rjones/PDFs/SECNanotechnology.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2008.

ZANCHET, M. S. **Características das ocupações da agropecuária paranaense**. Curitiba: Iparides, 2008. (Primeira Versão, 7).



editora

Impresso por
Xamã VM Editora e Gráfica Ltda.
Rua Itaoca, 130 - Chácara Inglesa
CEP 04140-090 - São Paulo (SP) - Brasil
Tel.: (011) 5072-4872 Tel./Fax: (011) 2276-0895

www.xamaeditora.com.br vendas@xamaeditora.com.br