

agr@pensa



# VISÃO

2014-2034

## O FUTURO DO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DA AGRICULTURA BRASILEIRA



**Embrapa**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**Visão 2014–2034**  
**O Futuro do Desenvolvimento  
Tecnológico da Agricultura Brasileira**

*Embrapa  
Brasília, DF  
2014*

## **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**

### **Coordenação de conteúdo**

Sistema de Inteligência Estratégica da Embrapa (Agropensa)

Parque Estação Biológica (PqEB)

Av. W3 Norte (final)

Ed. Sede Embrapa – Anexo

CEP 70770-901 Brasília, DF

Fone: (61) 3448-2020

www.embrapa.br/agropensa

agropensa@embrapa.br

### **Unidade responsável pela edição**

Embrapa Informação Tecnológica

Coordenação editorial

*Selma Lúcia Lira Beltrão*

*Lucilene Maria de Andrade*

*Nilda Maria da Cunha Sette*

Supervisão editorial

*Josmária Madalena Lopes*

Revisão de texto

*Francisca Elijani do Nascimento*

*Maria Cristina Ramos Jubé*

Normalização bibliográfica

*Márcia Maria Pereira de Souza*

Projeto gráfico e editoração eletrônica

*Leandro Sousa Fazio*

Capa

*Paula Cristina Rodrigues Franco*

### **1ª edição**

1ª impressão (2014): 1.000 exemplares

### **Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa

---

Embrapa.

Visão 2014-2034 : o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira. — Brasília, DF : Embrapa, 2014.

194 p. : il. color. ; 16 cm x 22 cm + 1 apêndice.

1. Tecnologia agrícola. 2. Transferência de tecnologia. 3. Adoção de inovações. I. Agropensa – Sistema de Inteligência Estratégica da Embrapa. II. Título.

CDD 630

---

© Embrapa 2014



# Agradecimentos

A Diretoria-Executiva da Embrapa agradece aos coordenadores das oficinas técnicas envolvidos na construção e produção do documento *Visão 2014–2034: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira*. Esse processo foi liderado por Geraldo Bueno Martha Júnior (coordenador-geral), Kepler Euclides Filho, Décio Luiz Gazzoni, Marcos Antônio Gomes Pena Júnior, Fernando Campos, Selma Lúcia Lira Beltrão, Lívia Abreu Torres, Judson Ferreira Valentim, Evaristo de Miranda, Rúbia Maria Pereira, Jeane de Oliveira Dantas, Rosângela Galon Arruda, Alessandra Rodrigues da Silva, Patrícia Rocha Bello Bertin, Otávio Valentim Balsadi, Soraya Carvalho Barrios de Araújo, Edson Guiducci Filho e Vanessa da Fonseca Pereira.

Os agradecimentos se estendem, também, às equipes das diferentes Unidades da Embrapa, cuja contribuição e dedicação foram fundamentais para o resultado positivo desse produto. Igualmente importante foi o esforço de mais de duas dezenas de revisores ad hoc, que contribuíram decisivamente para a qualidade do documento. Finalmente, mas não menos importante, registrem-se os agradecimentos aos parceiros, do País e do exterior – governo, academia, iniciativa privada, organizações de pesquisa e inovação e sociedade civil –, cuja participação nos eventos técnicos promovidos pelo Sistema de Inteligência Estratégica da Embrapa (Agropensa), ao longo de 2013, enriqueceu os debates e o conteúdo ora apresentado.

Ao final, no Apêndice, consta uma lista completa das mais de 200 pessoas, pertencentes a mais de três dezenas de organizações, que, em diferentes intensidades, participaram desse processo.





# Apresentação

A agropecuária brasileira construiu uma história de sucesso nos últimos 40 anos. Até os anos 1970, o crescimento da agropecuária era baseado na expansão das áreas de cultivo, pois convivia com baixos índices de produtividade. O investimento do Brasil em ciência e tecnologia e a presença de agricultores dinâmicos e competitivos mudaram essa realidade e fizeram do País um dos maiores produtores mundiais de alimentos, fibras e energias renováveis.

Entre 1970 e 2013, a produção brasileira de grãos teve uma expansão de quase oito vezes, resultante dos ganhos contínuos de produtividade, devidos à incorporação de novas tecnologias ao processo produtivo. Os produtores se beneficiaram. Os consumidores, também. Em 2013, cada trabalhador gastou com a cesta básica cerca de metade do valor, em preços reais, que gastava em meados dos anos 1970. No período de 1994 a 2011, a cadeia produtiva agropecuária (insumos, agropecuária, agroindústria e distribuição) respondeu, em média, por cerca de 24% do PIB do País.

A produção agropecuária tem hoje o desafio de continuar se desenvolvendo, de forma sustentável, em tempos de mudanças rápidas e rompimento de paradigmas. Serão necessárias tecnologias mais eficientes para atender às demandas de alimentos, fibras, energia e outras matérias-primas para as indústrias de

transformação e de química verde, e de excedentes para exportação, de modo a contribuir com a segurança alimentar e energética global.

O sistema de pesquisa e inovação – integrado por uma rede de conhecimento que reúne organizações de todo o País – precisará estar preparado para responder a demandas por uma produção agropecuária cada vez mais complexa e exigente.

Assim, identificar sinais de mudanças relevantes e fornecer informações que apoiem a tomada de decisão dos setores público e privado, aumentando sua capacidade de responder às oportunidades e aos riscos que se apresentarem ao setor, é insumo crucial para o desenvolvimento tecnológico da agropecuária no futuro. É esse o desafio do Agropensa, o Sistema de Inteligência Estratégica da Embrapa.

O Agropensa, lançado em 2013, durante as comemorações dos 40 anos da Embrapa, é um sistema que opera em rede, visando à produção e à difusão de conhecimentos para apoiar a formulação de estratégias de pesquisa e desenvolvimento e inovação. Busca, em essência, antecipar tendências e garantir o ajuste permanente das prioridades de pesquisa e de transferência de tecnologia, com vistas à inovação. Sua estruturação se inspira na lógica de cadeias produtivas, cada vez mais dependentes de conhecimento e tecnologias, e na convicção de que nenhuma organização detém sozinha todas as competências, para ajudar o País a enfrentar um ambiente cada vez mais complexo e dinâmico.

Como primeiro grande resultado do Agropensa, foi produzido o documento *Visão 2014–2034: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira*. O estudo é resultado da construção coletiva, organizado a partir de análises, seminários e painéis com especialistas que envolveram mais de 200 profissionais de Unidades da Embrapa e de instituições parceiras, nacionais e internacionais, além de representantes das cadeias produtivas agropecuárias nacionais.



Para orientar a condução do processo, foram definidos oito macrotemas que seguem a lógica das cadeias produtivas, e servem de filtro para os sinais captados e dão foco à coleta, organização e análise de informações relevantes para os grandes desafios tecnológicos nas diferentes cadeias produtivas agropecuárias. São eles:

- Recursos naturais e mudanças climáticas.
- Novas ciências: biotecnologia, nanotecnologia e geotecnologia.
- Automação, agricultura de precisão e tecnologias de informação e comunicação (TIC).
- Segurança zootossanitária das cadeias produtivas.
- Sistemas de produção.
- Tecnologia agroindustrial, da biomassa e química verde.
- Segurança dos alimentos, nutrição e saúde.
- Mercados, políticas e desenvolvimento rural.

O ciclo virtuoso de pesquisa e inovação da agropecuária brasileira dos últimos 40 anos precisa ser intensificado nos próximos 20 anos. Este documento marca o início de um novo posicionamento estratégico que toma como base a lógica da visão que evolui: as informações nele contidas estarão em processo permanente de atualização e validação, mas, desde já, dão suporte aos planos e às ações estratégicas para a Embrapa.

***Maurício Antônio Lopes***

Presidente da Embrapa

***Ladislau Martin Neto***

***Vânia Beatriz Rodrigues Castiglioni***

***Waldyr Stumpf Júnior***

Diretores-Executivos da Embrapa





# Sumário

## **Introdução 11**

A construção do documento 16

## **Trajatória da agricultura brasileira 19**

Introdução 19

Dimensão tecnológica 20

Dimensão socioeconômica 23

Dimensão ambiental 26

Inovação 28

Aprendendo com o passado 31

## **Forças motrizes para o sistema agroalimentar e agroindustrial no horizonte 2014–2034 37**

Introdução 37

Dimensão demográfica 38

Conquista de novos mercados 41

Expansão da renda per capita,  
escalada da demanda e sofisticação das dietas 42

Dimensão tecnológica 45

Dimensão política e social	53
Uso racional da base de recursos naturais e a realidade de mudança climática	59
Segurança biológica e defesa agropecuária	66
Dimensão da oferta	66

## **Grandes desdobramentos tecnológicos nas cadeias produtivas agropecuárias** 69

Introdução	69
Macrotemas	74
Temas transversais	124
A lógica da visão que evolui	128

## **Agropecuária brasileira na trajetória 2014–2034: tecnologia e inovação como estratégia para o desenvolvimento e para a geração de grandes impactos** 129

A agricultura brasileira em 2034	129
Desafios organizacionais	139
Ameaças e riscos à Visão 2034	149

## **Trajетória 2014–2034** 153

## **Referências** 157

## **Apêndice** 175



## Introdução

Os métodos tradicionais de planejamento e gestão do avanço da ciência e da tecnologia, de tão bem sucedidos em trazer sofisticação e complexidade à realidade tecnológica, decretaram sua própria obsolescência. O avanço nas tecnologias da informação e comunicação (TICs) reduziu as barreiras físicas, políticas e culturais entre as nações. Globalizou o acesso às matérias-primas, aos bens e aos serviços e deu a todas as pessoas poder para influenciar os rumos do desenvolvimento tecnológico e da formatação de bens e serviços.

Munida de equipamentos e sensores, sem limites de conexão, a população mundial exerce seu poder de escolha em escala global, consubstanciando a realidade *big data*, em que um grande volume de dados e informações sobre tendências e demandas reflete, entre outros, manifestações de caráter cultural e psicossocial. Investir intensivamente em ferramentas e processos que apoiem previsões sobre as necessidades tecnológicas e sobre a demanda futura por bens e serviços, cada vez mais difusa e dinâmica, é essencial para as organizações de pesquisa e inovação. Trata-se,

em boa medida, de monitorar as inflexões das tendências e dos humores da população e, a esses sinais, à luz do conhecimento disponível, elaborar análises qualificadas que possam descortinar possíveis futuros e eventuais rumos de ação.

O conjunto de informações, reflexões e hipóteses reunido sob o título *Visão 2014–2034: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira* não deve ser lido como um guia que indique os caminhos a serem trilhados para que se alcance, no futuro, o desenvolvimento tecnológico da agropecuária brasileira divisado neste presente. Deve ser entendido como obra de construção coletiva desses caminhos ainda em execução e/ou passíveis de serem construídos.

Deve ser recebido como um primeiro impulso concreto, que abre e coloca em movimento um processo permanente e contínuo de reflexão e de construção de uma visão de futuro. O *Visão 2014–2034*, nesse sentido, disponibiliza referências para a definição de estratégias e para a tomada de decisão pelos setores público e privado, nas suas instâncias de pesquisa e desenvolvimento e de transferência de tecnologia, com foco na inovação.

É desejável e necessário que desse processo de reflexão e construção de visão participem todas as pessoas e organizações, nacionais e internacionais, com a capacidade de influenciar a construção do desenvolvimento tecnológico da agropecuária brasileira, como ministérios, organizações de Ciência e Tecnologia (C&T), câmaras setoriais e temáticas, empresas de base tecnológica e agências de fomento à inovação. Foi justamente com essa lógica que o conteúdo aqui apresentado foi concebido. O desafio doravante é tornar esse processo contínuo.

Para interagir com todos esses atores e agentes, receber e dar provimento às suas contribuições, a Embrapa concebeu o Sistema de Inteligência Estratégica (Agropensa). No *Visão*

2014–2034, é possível divisar não apenas os resultados do primeiro exercício de coleta de tendências e ideias relevantes para o desenvolvimento tecnológico da agropecuária. A esses se somam os contornos do processo de revisão contínua de visão de futuro, missão principal do Agropensa.

O processo de inteligência, no âmbito do Agropensa, ocorre por meio de três componentes principais que apresentam forte interação entre si e operam em rede (Figura 1).

O primeiro deles é o Observatório de Estudos e Tendências, a “porta de entrada” do Agropensa. Nesse componente, o Agropensa faz o monitoramento e a prospecção de tendências sobre o setor agropecuário no Brasil e no exterior. Entre outros, o objetivo é qualificar a informação e disponibilizar conhecimentos que contribuam para a tomada de decisão em desenvolvimento tecnológico, sustentabilidade, assuntos correlatos de economia e política agrícola e desenvolvimento rural. Nesse componente há forte interatividade entre os integrantes da Rede de Conhecimento – atores e agentes do setor agropecuário no País e no exterior, Unidades Centrais e Descentralizadas da Embrapa, bem como seus projetos e Laboratórios Virtuais no Exterior (Labex).



**Figura 1.** Componentes do Sistema de Inteligência Estratégica (Agropensa) da Embrapa. DE = Diretoria-Executiva.

A amplitude dos sinais e a multiplicidade de temas impuseram a construção de um arcabouço que organizasse e desse foco à captura e à análise de dados e informações relevantes. Essa foi a função dos macrotemas, definidos de acordo com a lógica da cadeia produtiva, e funcionando como filtros para a captura desses sinais. Essa abordagem dá foco às atividades de prospecção e monitoramento das tendências e à identificação de futuros relevantes para a pesquisa e para a inovação na agropecuária. Facilita, ainda, a apropriação de informações e conhecimentos pelo setor produtivo. Dessa forma, foram definidos oito macrotemas: recursos naturais e mudanças climáticas; novas ciências – biotecnologia, nanotecnologia, geotecnologia; automação, agricultura de precisão e tecnologias da informação e da comunicação (TIC); segurança zoofitossanitária na cadeia produtiva; sistemas de produção; tecnologia agroindustrial, da biomassa e química verde; segurança dos alimentos, nutrição e saúde; e mercado, políticas e desenvolvimento rural.

A captura e o processamento de dados e informações geram sinais relevantes para o sistema Agropensa e insumos para análises e estudos mais elaborados e que demandam mais tempo para a sua conclusão. Nesse caso, avança-se para o segundo componente, Análises e Estudos. Nele, são realizadas análises detalhadas sobre temas relevantes, priorizados a partir das tendências e ideias coletadas com vistas a detectar oportunidades, desafios e barreiras a serem superadas no processo de desenvolvimento tecnológico. Para tanto, os diversos atores da Rede de Conhecimento são mobilizados para a realização das análises e estudos.

O terceiro e último componente é o de Estratégias. Nele, a partir dos conhecimentos obtidos nas etapas anteriores, os atores envolvidos em inovação se engajam num esforço de delineamento de estratégias de ação e de tomada de decisão para a concretização de objetivos divisados. Isso pode ser feito por qualquer



organização – ou conjunto de organizações –, pública ou privada, já que todas terão acesso a essas informações e conhecimentos.

A Embrapa se valerá desse processo para orientar as agendas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e de transferência de tecnologia (TT) de suas Unidades de pesquisa e de serviços e seus planos de gestão, e para apoiar a formulação de políticas públicas e os planos de desenvolvimento setorial. O presente documento é fruto do primeiro ano de atividade do Agropensa. A lógica que preside o processo do Agropensa é a mesma que ordena o documento em questão. Assim, sua compreensão facilita a leitura deste.

A realidade da Agricultura Familiar foi instituída como uma abordagem transversal a todos os macrotemas por ser impactada por eles e por delimitar a apropriação dos conhecimentos neles alojados. Essa abordagem transversal aos macrotemas garante que os conhecimentos e as tendências capturados sejam reorganizados conforme as peculiaridades da Agricultura Familiar, possibilitando a realização de estudos e análises e a definição de estratégias específicas.

O documento *Visão 2014–2034* fornece elementos para a revisão do Plano Diretor da Embrapa, para elaboração das agendas de prioridade das Unidades Descentralizadas e Centrais, além de disponibilizar fundamentos importantes para os programas de treinamento e capacitação e para o planejamento, acompanhamento e avaliação do processo de produção. Os documentos orientadores precisam ser flexíveis para permitir que “a visão que evolui”, com grandes mudanças de contexto, floresça. Cada vez mais, o cerne dos processos de inteligência e do planejamento deve ser a antecipação mais do que a reação. Essa visão não pode ser episódica, precisa ser contínua.

## A construção do documento

A primeira atividade do componente Observatório de Tendências foi uma detalhada revisão de literatura, em que foram analisados os seguintes estudos prospectivos: Alexandratos e Bruinsma (2012), Alston (2010), Conforti (2011), Díaz-Bonilla et. al. (2013), Estados Unidos (2013), Fostering (2011), Freibauer et. al. (2010), Global... (2012), Nelson et. al. (2010), OECD-FAO... (2012), Outlook... (2012), Paillard (2010) e The Future... (2011). Esses estudos foram distribuídos a colaboradores ad hoc, que os analisaram e reportaram, de maneira sistematizada, pontos relevantes sobre possíveis futuros para pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) e para o setor agropecuário, de maneira ampla. Tais sinais foram organizados de acordo com a lógica dos macrotemas.

Como produto dessa análise e juntamente com outros documentos construídos paralelamente a tal ação, elaborou-se o Documento de Apoio 1, que forneceu elementos para a realização da oficina internacional *O futuro da inovação na agricultura tropical: oportunidades e responsabilidades para o setor de inovação agrícola brasileiro*, em setembro de 2013. A oficina permitiu que atores nacionais e internacionais aprofundassem e atualizassem as visões a respeito dos potenciais desdobramentos tecnológicos da agricultura tropical vis-à-vis a sua inserção no mercado mundial de alimentos, fibras e energia. Além de palestras sobre temas associados ao futuro da pesquisa e inovação agropecuária, grupos de trabalho com os especialistas participantes foram mobilizados para consolidar informações sobre alterações institucionais nas organizações de C&T, nas agendas de P&D e de TT, nas políticas públicas, na agenda negocial internacional do setor produtivo e na institucionalização de parcerias público-privadas.

Entre setembro de 2013 e fevereiro de 2014, três oficinas avaliaram o futuro das cadeias produtivas nacionais, a gestão da

informação em organizações de pesquisa e inovação e a visão de futuro da Agricultura Familiar. Nesses trabalhos, listaram-se os potenciais desdobramentos tecnológicos para a agropecuária brasileira, decorrentes das tendências culturais, sociais e econômicas, identificadas para cada um dos macrotemas. A partir desse conteúdo, e com a adição de outros documentos, gerou-se o Documento de Apoio 2.

A partir de janeiro de 2014, colaboradores ad hoc foram acionados. Um grupo de trabalho, reunido em uma oficina, em março de 2014, conciliou o conteúdo de todos os documentos gerados em um único documento, essa primeira versão do documento *Visão 2014–2034*, que ora se coloca para análise de parceiros e colaboradores da Embrapa. Esse deve ser tratado como um documento em construção permanente, dinâmico e flexível para que, partindo do contexto de intensas mudanças que vivemos, contribua continuamente para a evolução da visão da Empresa.

Com esse pensamento, entende-se que o *Visão 2014–2034* é um ponto de partida importante, um elemento animador e aglutinador, para guiar a consolidação do sistema de inteligência estratégica da Embrapa e as fases seguintes de discussão e revisão do plano diretor e de preparo das agendas de prioridades das Unidades da Empresa. Fortalecendo essa lógica, críticas, sugestões e contribuições para a constante atualização e melhoria do documento *Visão 2014–2034* podem ser enviadas ao endereço do Agropensa<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Disponível em: <agropensa.visao@embrapa.br>.





## **Trajatória da agricultura brasileira**

### **Introdução**

O desenvolvimento é um processo de longo prazo. O que muda o estágio de desenvolvimento de um país é a sua capacidade de alterar significativamente indicadores-chave em uma direção desejável, de modo sustentado, por longos períodos. Para alcançar uma agenda de desenvolvimento exitosa, é necessário ter metas e objetivos claros para diferentes horizontes, bem como ter disciplina. Entende-se disciplina no sentido expresso por Henry (2013), isto é, autocontrole e um perseverante compromisso com os objetivos desenhados para o médio e o longo prazo. O sucesso de uma agenda depende também de processos, ferramentas e gerenciamento adequados e alinhados, em todos os níveis, às metas e aos objetivos traçados.

No agregado do País, a agropecuária brasileira passou no teste do desenvolvimento. Apresentou-se como um modelo bem-sucedido, disciplinado e construído com perseverança, competência e de modo sustentado no longo prazo. A geração e a adoção de tecnologias foram partes fundamentais desse processo.

Ressalte-se que persistem, em algumas situações, passivos entre a produção agropecuária e as questões ambientais e sociais, que sinalizam para a necessidade de se realizarem esforços para a implementação de ajustes nos anos que seguem. Há espaço e, em determinadas situações, há necessidade de se avançar na busca pela sustentabilidade.

A dimensão e a diversidade do Brasil em aspectos ambientais, sociais e econômicos explicam a coexistência de variados sistemas de produção ao longo da transformação da agropecuária brasileira nas últimas décadas, como os de base agroecológica, os de agricultura orgânica e os que fazem uso moderado a elevado de insumos. Essas diferentes trajetórias vêm reforçando a importância de se realizar um balanço que contemple a pluralidade de abordagens possíveis à agropecuária e às suas variações no território nacional. Essas formas, combinadas no tempo e no espaço, têm tornado possível estabelecer diferentes estratégias de desenvolvimento rural.

O cenário que se projeta sinaliza que a tecnologia desempenhará papel cada vez mais importante para as cadeias produtivas agropecuárias do futuro. Estratégias considerando os diferentes contextos, com benefícios às múltiplas dimensões da sustentabilidade – técnico-econômica, ambiental e social –, devem ser buscadas e implementadas.

## **Dimensão tecnológica**

A agropecuária que prevalecia até os anos 1970, pautada na expansão de área e em baixos ganhos de produtividade, foi rejeitada como estratégia para o País (ALVES et al., 2008; ALVES; PASTORE, 1978). O Brasil buscou um modelo diferente para a agropecuária praticada na região tropical e subtropical. A meta passou a ser

o desenvolvimento e a consolidação de uma atividade moderna, baseada em ciência, com ações abrangentes para a adaptação e a geração de conhecimentos e tecnologias para os biomas brasileiros, permitindo, assim, a diversificação dos sistemas agropecuários e florestais (PEREIRA et al., 2012). Essa meta foi atingida de modo acelerado a partir de meados da década de 1980, quando os investimentos nas novas tecnologias, de longo tempo de maturação, começaram a frutificar (LOPES et al., 2011a, 2011b).<sup>2</sup>

O desenvolvimento do Cerrado brasileiro para fins agropecuários é um exemplo de relevância para as regiões tropicais. Essa trajetória exigiu a geração e a adoção de uma gama de tecnologias. Entre as mais importantes e de maior impacto, citam-se a disponibilização de materiais genéticos mais produtivos para lavouras, plantas forrageiras e animais (ALBUQUERQUE; SILVA, 2008a, 2008b), o manejo da fertilidade do solo (GOEDERT, 1987; SOUSA; LOBATO, 2004), a fixação biológica de nitrogênio (BALDANI; BALDANI, 2005; BODDEY et al., 1997; DOBEREINER, 1997; DOBEREINER et al., 2000), as práticas conservacionistas, como o sistema de plantio direto (DENARDIN et al., 2008; RESCK, 2005), e, mais recentemente, os sistemas de integração lavoura-pecuária (KLUTCHCOUSKI et al., 2003; MACEDO, 2009; VILELA et al., 2011).

As tecnologias disponibilizadas ao produtor rural nos últimos 40 anos têm dirimido as restrições à expansão agropecuária no País em suas diferentes regiões. As condições de clima (precipitação, radiação, temperatura), associadas ao avanço tecnológico, têm possibilitado ao menos uma boa colheita por ano, e, em muitas regiões produtoras de grãos, duas, e, às vezes, até três safras

---

<sup>2</sup> Informações adicionais sobre a evolução tecnológica e sobre o uso dos recursos na agricultura brasileira podem ser encontradas em Albuquerque e Silva (2008a, 2008b).

anuais. Os recursos naturais têm sido conservados, em boa medida, pelos ganhos de produtividade na agropecuária, associados ao aprimoramento das políticas e da governança.

A geração dessas tecnologias tem refletido uma base ampla e complexa de organizações de pesquisa e inovação e de suas parcerias. Essa rede de colaboração é formada por empresas públicas e privadas, universidades, produtores rurais e suas organizações e outros segmentos da sociedade (LOPES, 2012). O processo tem sido complementado por diversas políticas, como aquelas de ampliação da capacidade de pesquisa e desenvolvimento (P&D) no País.

Na modernização da agropecuária brasileira, os produtores que, por quaisquer razões, ficaram à margem das revoluções tecnológicas, independentemente de sua escala de produção, têm sido aliados do processo. Alves et al. (2012) ilustraram esse fato ao indicarem a concentração do produto agropecuário (renda) em proporcionalmente poucos estabelecimentos. Cerca de 500 mil propriedades, de um total de aproximadamente 5,2 milhões, concentraram 87% da renda bruta do setor.

As mudanças tecnológicas vêm se processando em ritmo cada vez mais rápido. Esse fato sinaliza um enorme desafio para a extensão rural e a assistência técnica. Elas precisam decodificar o conhecimento gerado pela pesquisa ou pelos próprios agricultores em tecnologias passíveis de adoção pela maioria dos produtores rurais e para as suas diferentes condições. Contudo, aí reside também uma grande possibilidade de “ruptura tecnológica” para a agropecuária brasileira, pela disseminação – e efetiva adoção – de modernas tecnologias por um expressivo contingente de produtores rurais.



## Dimensão socioeconômica

O grande vetor de mudança no estilo de desenvolvimento da agropecuária brasileira foi o processo de industrialização, intenso no País no período de 1960 a 1985. Concomitantemente, e reforçando esse cenário, houve: 1) a acelerada migração rural-urbana, que respondia ao maior custo de oportunidade dos salários nas cidades em resposta à industrialização; 2) a pressão para a expansão das exportações agropecuárias, com o intuito de se gerar divisas para financiar a importação de capital pelo emergente setor industrial; e 3) a mudança do poder político das áreas rurais para as cidades (BAER, 2008; DIAS; AMARAL, 2000; GREMAUD et al., 2004).

Nesses últimos 40 anos, a expansão da produção agropecuária ocorreu a taxas mais elevadas do que o aumento nas taxas de consumo (doméstico e internacional). Isso determinou a queda acentuada nos preços dos alimentos ao consumidor brasileiro nas últimas quatro décadas. Em 2013, o consumidor pagou pela cesta básica cerca da metade do valor, em preços reais, que pagava na década de 1970. Essa acentuada queda nos preços dos produtos agropecuários ao consumidor beneficiou principalmente a população mais pobre (PEREIRA et al., 2012), que tem uma fração maior do seu orçamento comprometida com gastos com alimentação (REGMI; SEALE JUNIOR, 2010). Esse benefício aos consumidores se deu, em parte, pela redução nos excedentes dos produtores rurais (BARROS, 2010).

A elevação da renda agropecuária contribuiu para o aumento da renda dos outros setores da economia. Bonelli (2002) mostrou que, em âmbito estadual, cada 1% de aumento da renda agropecuária correspondeu a 0,93% de crescimento da renda não agropecuária. Em âmbito municipal, o efeito foi maior, com elevação de 1,07% na renda não agropecuária para cada unidade

percentual de aumento da renda agropecuária. Como há forte associação entre o nível de renda agropecuária e o índice de condição de vida, o crescimento da agropecuária contribuiu positivamente para a inclusão social.

Em adição aos benefícios que transbordaram do setor agrícola para outros setores da economia, pelo efeito renda da demanda gerado, verificou-se, nesse processo, não apenas ganhos na quantidade, mas significativa melhoria na qualidade dos produtos agropecuários comercializados (BARROS et al., 2002). O aumento da produção agropecuária nas últimas décadas ainda permitiu ampliar de modo vigoroso as exportações, contribuindo favoravelmente para o saldo da balança comercial do País.

### **A organização da produção e a lógica do mercado<sup>3</sup>**

A urbanização, as exportações, a escassez de trabalho e de terra mudaram a organização da produção no território nacional na direção de poupar terra, poupar trabalho e evitar desperdícios. Na maior parte, a agricultura se realiza em áreas especializadas ou utiliza sistemas de produção que fazem uso intensivo do fator terra no ambiente onde ocorre a produção. A ideia é dividir a produção em etapas, com formação de preços em cada uma delas. Sendo assim, o mercado se faz presente sempre, e, como se sabe, é a competição que produz a eficiência, no sentido de maximizar a produção por cesta de insumos. Ou dito de outra forma, de maximizar a renda líquida, em âmbito de estabelecimento.

As áreas especializadas estão localizadas em todo o País, do Sul ao Norte, sendo aí menos comum. São comandadas pelas cidades e pelo exterior. No caso da pecuária e da produção de grãos, a produção se realiza em estabelecimentos de médio a grande porte

---

<sup>3</sup> Elaborado com base em Alves e Souza (2014).

no Cerrado e em partes do Sul, Sudeste e Matopiba (polo agrícola envolvendo os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia). Hortaliças e frutas ocupam áreas menores que aquelas destinadas à produção pecuária e de grãos.

Normalmente, há um polo urbano que comanda a produção. Aí está a presença do mercado externo, dos grandes compradores nacionais, das firmas vendedoras de insumos e prestadoras de serviços, dos bancos, das firmas de assistência técnica, das universidades, da Embrapa, das organizações estaduais de pesquisa, de hospitais e do trabalho especializado, entre outros. Nos polos circulam informações de preços, de natureza tecnológica, de condições dos mercados brasileiros ou externos. Nos polos custa muito menos buscar a informação, pois esses bolsões são abundantes em conhecimento coletivo. É também muito grande o nível de competição entre os diversos agentes, sendo mais fácil encontrar firmas prestadoras de serviços de máquinas e equipamentos, que alugam seu trabalho e desoneram o capital do estabelecimento, quando vantajoso.

Em um entorno favorável, rico em informações, o tomador de decisão tem condições de avaliar corretamente quando deve terceirizar determinada operação ou quando deve realizá-la com capital próprio. Ademais, tal condição permite ao tomador de decisão optar por tecnologias que respondem aos preços crescentes da terra e da mão de obra. Assim, é natural que as produtividades da terra e do trabalho cresçam, com economia desses dois fatores de produção.

Quando a produção focalizada é de grãos ou de algodão, as máquinas e equipamentos comportam várias formas de cultivo. O avanço do plantio direto em áreas de pastagens se adequa a esse contexto. O planejamento da produção pode comportar diversas explorações e a rotação de culturas, favorecendo as práticas que preservam o meio ambiente.

Muitas explorações dos cinturões verdes se transformam em commodities, como cenoura, batata, melão, uva e manga. Nesses casos, são muito semelhantes às áreas especializadas em grãos, com a diferença

de que atividades como limpeza, classificação e embalagem migraram para o meio rural, porque lá custam menos que nas cidades.

As possibilidades de concentração da produção em poucos estabelecimentos são grandes nas áreas especializadas, pois nesses locais é mais fácil adotar a tecnologia que aumenta a produção por unidade de área, e seus produtores se distanciam quanto ao nível de produção daqueles das áreas não especializadas, agravando a concentração da produção em âmbito nacional. As áreas não especializadas abrigam muitos produtores, embora o nível de produção seja pequeno quando comparado com o das áreas especializadas. Em tal ambiente, as condições “fora da porteira” não favorecem a modernização da agricultura.

Por fim, há uma discussão recorrente sobre a estrutura agrária e a concentração da renda. Um exercício sobre esse tema mostrou que o índice de Gini para propriedades iguais ou menores do que 100 ha foi similar ao valor calculado para propriedades com mais de 100 ha (0,85 versus 0,87, respectivamente, em que o índice “1” expressa o estado de maior desigualdade – um grupo receberia toda a renda). Conclui-se que a concentração de renda, medida pelo índice de Gini, não está relacionada à estrutura agrária (área da propriedade rural, em hectares), uma vez que a concentração é elevada nos dois grupos (PEREIRA et al., 2012).

## Dimensão ambiental

Notável benefício decorrente dos ganhos de produtividade na agropecuária brasileira é o chamado efeito poupa-terra, ou seja, a área de terra que deixou de ser cultivada em razão de progressos tecnológicos que aumentaram a produção agrícola por unidade de área. A partir de meados da década de 1980, os consideráveis ganhos de produtividade em sistemas pastoris permitiram que significativa área cultivada com pastagens fosse poupada (MARTHA

JUNIOR et al., 2012) e, assim, pudesse acomodar a expansão de lavouras, principalmente soja e cana-de-açúcar, mitigando pressões diretas e indiretas sobre os ecossistemas nativos.

A trajetória da agropecuária brasileira permitiu que o País se projetasse como um dos maiores produtores mundiais (ESTADOS UNIDOS, 2014; OECD-FAO..., 2013) e assegurou que cerca de 60% de seu território permanecesse preservado (PROJETO..., 2014). A maior governança ambiental, aliada à inovação tecnológica, permitiu desvincular o crescimento da produção agropecuária do desmatamento no Bioma Amazônia. Entre 2004 e 2013, a taxa de desmatamento anual no bioma foi reduzida em 73%, de 27.772 km<sup>2</sup> para 5.843 km<sup>2</sup> (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2014). Dados recentes apontaram que aproximadamente 82% da cobertura florestal da Amazônia está preservada (LEVANTAMENTO..., 2013).

Nos últimos anos, também se verificou expressiva queda nas taxas de desmatamento no Cerrado. De uma taxa média próxima a 14.000 km<sup>2</sup> por ano, a taxa de desmatamento caiu para cerca de 6.000 km<sup>2</sup> por ano (LAPOLA et al., 2013). Uma melhor governança, uma ampla variedade de políticas e um crescente comprometimento do setor privado em adotar tecnologias e práticas de acordo com critérios de sustentabilidade têm sido decisivos para essa redução das taxas de desmatamento nos biomas brasileiros. Ganha o Brasil, que, além de manter preservados os seus recursos naturais, garantindo a manutenção da produção agropecuária e dos serviços ambientais futuros, mantém conservados seus ativos da biodiversidade. Tais recursos, nos próximos 20 anos, podem vir a catapultar ciclos dinâmicos de desenvolvimento, com amplos transbordamentos para outros setores da economia (bioeconomia).

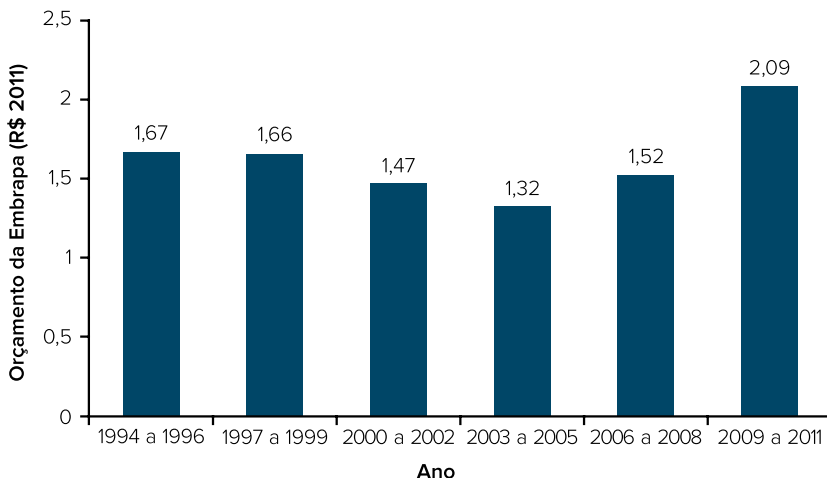
## Inovação

As atividades de inovação tomam muitas formas – tecnologias embarcadas em produtos, treinamentos e prestação de serviços tecnológicos, por exemplo –, e não se restringem apenas às atividades de P&D. Essas, no entanto, são indispensáveis à sustentação das vantagens competitivas ao longo do tempo (PAGÉS, 2009).

Trabalho recente sobre ciência no mundo (UNESCO, 2010) indicou que o Brasil investiu, em 2007, 1,1% do Produto Interno Bruto (PIB) em P&D, diante de níveis próximos a 2%, patamar considerado minimamente adequado pelos países desenvolvidos (ADAMS et al., 2013). Os investimentos em P&D no setor agropecuário nacional têm mostrado comportamento mais favorável, da ordem de 1,5% a 1,8% do PIB setorial, na última década (AGRICULTURAL SCIENCE & TECHNOLOGY INDICATORS, 2012). O Brasil passou a ser um dos grandes atores na geração de ciência e tecnologia em agrárias no Mundo (AGRICULTURAL SCIENCE & TECHNOLOGY INDICATORS, 2012; ALSTON; PARDEY, 2014; BEINTEMA et al., 2012; PARDEY et al., 2012).

Como os investimentos em pesquisa são de longo tempo de maturação e, no País, são predominantemente públicos, esta aposta continuada do Estado brasileiro em P&D agropecuários tem sido fundamental para o fortalecimento do setor privado nacional. A dinâmica orçamentária da Embrapa, que tradicionalmente absorve 50% a 60% dos investimentos totais em pesquisa pública agropecuária, retrata esse fato. Avaliado em termos absolutos, o orçamento da Embrapa foi, em média, de R\$ 1,67 bilhão entre 1994 e 1999; caiu progressivamente até R\$ 1,32 bilhão, na média do triênio 2003–2005; e cresceu novamente nos anos seguintes, atingindo, em média, R\$ 2,09 bilhões no período 2009–2011 (valores em R\$ de 2011) (Figura 2).

Complementarmente, a perspectiva da intensidade de investimento em pesquisa é interessante para fins de comparações, pois

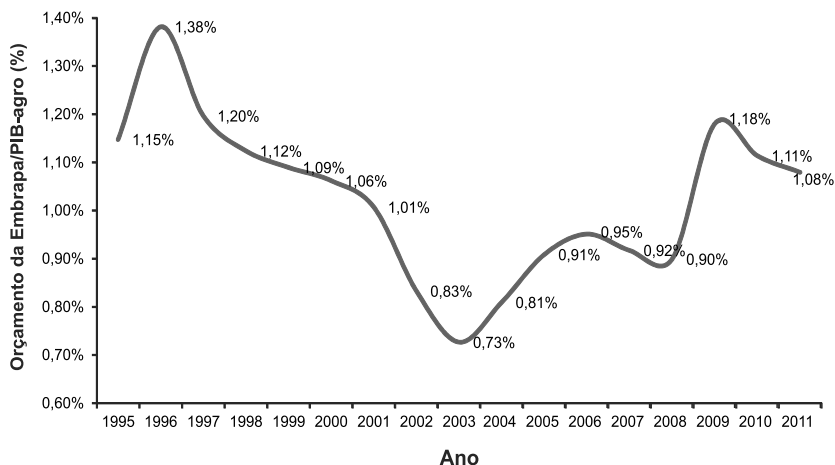


**Figura 2.** Evolução do orçamento da Embrapa, em termos reais, no período de 1994 a 2011. Valores médios do triênio, em bilhões (R\$) de 2011; valores deflacionados pela média anual do IGP-DI/FGV.

Fonte: Embrapa (2013).

pode mostrar variações nos níveis de esforço em pesquisa em relação ao tamanho do PIB setorial. Os investimentos em pesquisa pública têm variado entre 0,90% e 1,80% do PIB agropecuário nas últimas duas décadas. Para o período pós-1995, depois de um pico no orçamento de 1,38% do PIB setorial em 1996, os recursos da Empresa paulatinamente caíram a um piso de 0,73% do PIB em 2003. Nos anos seguintes, observou-se uma recuperação no orçamento da Embrapa, que, após um novo pico de 1,18% do PIB em 2009, caiu para 1,08% do PIB em 2011 (Figura 3).

Nesse processo de inovação agropecuária, foi essencial o protagonismo e a competência do produtor rural, que tornou realidade o desafio de transformar o Brasil num dos maiores produtores mundiais de alimentos, fibras e energias renováveis. Complementarmente a essas mudanças, observou-se o desenvolvimento de vantagens comparativas que acabaram por determinar



**Figura 3.** Evolução do orçamento da Embrapa, expresso como porcentagem do produto interno bruto do setor agropecuário (PIB-agro).

Fonte: Embrapa (2013) e IBGE (2013).

a consolidação de um setor industrial e de serviços agropecuários dinâmicos e globalmente competitivos.

Apesar do sucesso da agropecuária brasileira, em nível agregado, a adoção de tecnologias modernas ainda atinge um contingente limitado do universo de produtores. Uma inclusão produtiva mais abrangente exige maiores investimentos e estratégias inovadoras na criação e na transferência de conhecimentos e de tecnologias para ajudar mais produtores, sobretudo os mais vulneráveis, a participar desse fluxo de crescimento.

Fóruns de diálogo entre o governo e a sociedade, nos âmbitos federal, estadual e municipal, oferecem espaço para mobilizar e fortalecer a integração entre a ciência, o conhecimento tácito e a tomada de decisão dos setores público e privado. A recente criação da Agência Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (Anater), ao fortalecer a ligação entre os fluxos de pesquisa e inovação, e ao fomentar maior sinergismo entre as iniciativas pública e



privada, buscando levar informações qualificadas ao produtor rural, é uma importante iniciativa para ampliar a transferência de tecnologias e promover maior inclusão produtiva no meio rural.

Gerar tecnologias que se traduzam em inovações e em ganhos continuados de produtividade é componente imprescindível para a competitividade da agropecuária, sendo necessário para isso existir isonomia de condições frente aos principais competidores internacionais. Parcerias público-privadas despontam como caminhos para se assegurar a continuidade do fluxo de inovação e, em última análise, a competitividade sustentada e com sustentabilidade da agropecuária brasileira.

## **Aprendendo com o passado**

A perspectiva histórica orienta e molda as decisões correntes e futuras e garantem a continuidade das instituições da sociedade (NORTH, 1990). Todavia, um passado de sucesso não garante desdobramentos positivos no futuro.

A leitura do passado indica o imperativo de os fluxos de inovação abastecerem a geração e adoção de tecnologias do tipo “poupa recursos” (terra e água) e que promovam maior eficiência no uso de insumos. Tal ação busca responder às crescentes preocupações com a pressão da agropecuária sobre a base de recursos naturais e ao comportamento do setor diante das mudanças climáticas, tanto em termos de sua vulnerabilidade, sua capacidade adaptativa, bem como de suas possibilidades de contribuir para mitigar o aquecimento global. Não se pode esquecer o caráter multifacetado da sustentabilidade, apresentando desafios não apenas pela ótica ambiental, mas também pela perspectiva econômica e social.

A mecanização e a automação terão protagonismo nas próximas décadas, entre outros, em resposta ao envelhecimento da

população (IBGE, 2013; UNITED NATIONS POPULATION DIVISION, 2013), à expectativa de continuidade da migração das áreas rurais para as cidades e às limitações de educação no Brasil (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2013), processos que no conjunto contribuem para a escassez de trabalho qualificado no campo. A ampliação da oferta e a adoção dessas tecnologias no meio rural tornam-se fator decisivo para aumentar a produtividade do trabalho no campo (CONTINI et al., 2010).

Os sistemas de pesquisa e inovação deverão estar preparados para responderem a uma agricultura mais multidisciplinar. A característica multifacetada da agropecuária brasileira (segurança alimentar, bioenergia, mudanças climáticas, química verde, desenvolvimento rural, acordos de comércio internacional etc.), com informações se processando de modo mais rápido, com desafios que não respeitam as fronteiras nacionais (pragas, doenças, mudanças climáticas, entre outros), reforça a dependência de conhecimentos, tecnologia e inovações. E ressalta a urgência de um amplo esforço de TT e de extensão rural de modo a permitir maior inclusão das inovações tecnológicas e produtivas no campo.

### **Ampliar o papel e a responsabilidade da comunicação**

A comunicação se concretiza por meio da articulação de diferentes ferramentas capazes de criar, integrar, interagir e fomentar conteúdos destinados a garantir o exercício da cidadania, o acesso aos serviços e ao conhecimento de interesse público, a transparência e a prestação de contas. Nessa perspectiva, a visão de comunicação deve ser ampla e global, de maneira a qualificar o sistema de pesquisa, desenvolvimento e inovação e tornar o desenvolvimento científico e tecnológico agropecuário mais permeável às demandas sociais, às políticas públicas e à participação dos interessados.

Estruturas, estratégias e práticas de comunicação devem auxiliar nos processos de monitoramento, de gestão, na geração de

inovação e na interlocução com a sociedade e seus múltiplos segmentos. As ações de comunicação precisam, cada vez mais, utilizar canais e linguagens adaptados às possibilidades e interesses dos usuários e serem utilizadas para garantir o acesso fácil, o diálogo e a efetiva participação da sociedade em todas as etapas. Para isso, essas ações necessitam estar incorporadas organicamente aos processos de captação de sinais, compreensão das mudanças, geração de demandas, construção de redes, concepção, desenvolvimento e conhecimento público da ciência agropecuária, de maneira a assegurar que os resultados sejam fiéis às necessidades da sociedade e mais rapidamente compreendidos.

Numa economia cada vez mais baseada em informação, interação e objetividade, a qualidade dos processos de comunicação é fundamental no auxílio à inclusão de segmentos importantes para o desenvolvimento do País. Ainda, vê-se a comunicação como um elo inseparável dos macroprocessos de inovação e cujo papel deverá ser ampliado para a manutenção e para a disseminação dos êxitos da agricultura brasileira.

Os estudos apresentados neste documento sugerem a pertinência da ampliação do conjunto de estratégias e atores dedicados ao fortalecimento dos processos comunicacionais nos âmbitos da agropecuária e da ciência. O foco preponderante de um novo trabalho concentra-se na criação e manutenção de canais de duas vias que permitam compartilhamento de experiências, exposição de impactos, apropriação de resultados e maior facilidade na administração de conflitos e riscos. Está se consolidando o conceito de que comunicação não é apenas tarefa de profissionais especializados, mas responsabilidade de todos que atuam no ambiente de inovação. Essa tendência indica que novas competências, saberes e ferramentas favorecerão a maior integração entre o campo e a cidade, a sociedade e a ciência, a agricultura e os segmentos mais relevantes da economia. A comunicação deverá ser parceira em todos esses avanços.

O ciclo virtuoso de pesquisa e inovação na agropecuária, fundamental nos últimos 40 anos, deverá ser intensificado nos próximos 20 anos. Esse esforço, se bem coordenado entre as iniciativas pública e privada, fornecerá bases sólidas para que se encontrem as respostas necessárias, ao setor produtivo e em proposição de políticas, à medida que forem demandadas.

Com foco no futuro, organizações de pesquisa e inovação, cujos produtos são de tempo de maturação longo, precisam continuamente mapear o espectro de possibilidades na sua área de atuação. Não basta, no entanto, simplesmente explorar cenários de futuros possíveis. As agendas das organizações de pesquisa e inovação com a ambição de persistir por um longo período de tempo precisam focar em problemas do mundo real e em resultados de grande envergadura, de acordo com uma estratégia mais ampla de desenvolvimento. Tal abordagem é essencial para dar suporte às agendas de P&D, subsidiar ações de TT e o desenho de políticas, e prover informações para apoiar ciclos virtuosos de desenvolvimento, por meio de fortes encadeamentos nas cadeias produtivas agropecuárias.

Para tornar tais perspectivas uma realidade, é fundamental expandir os investimentos na capacitação de recursos humanos em múltiplos níveis e organizações da sociedade brasileira. Nenhuma organização possui todas as soluções para responder, de forma completa, adequada e rápida, aos desafios e oportunidades que se projetam para o futuro. As organizações de pesquisa e inovação no Brasil devem concretizar parcerias e alianças dentro e além das fronteiras do País, envolvendo entes públicos e privados. Aumentar a cooperação será essencial para fortalecer o caminho da sustentabilidade – em suas dimensões técnico-econômica, ambiental e social – nas cadeias produtivas ligadas à agropecuária brasileira.

As próximas seções deste documento retratam a mais recente iniciativa da Embrapa e de parceiros no esforço de antever sinais relevantes que se apresentam ao setor nas próximas duas décadas. Apresentam, também, os extraordinários avanços científicos que estão se descortinando em diferentes campos do conhecimento com aplicação para as cadeias produtivas agropecuárias. A implementação dessas linhas de ação em P&D e TT oferecerá à agropecuária brasileira inovações que aumentarão a capacidade de compreender e de responder às oportunidades, aos riscos e aos desafios atuais e futuros.





# **Forças motrizes para o sistema agroalimentar e agroindustrial no horizonte 2014–2034**

## **Introdução**

Os fatores naturais ou humanos que, direta ou indiretamente, induzem mudanças nos agroecossistemas são normalmente referenciados como “drivers” ou forças motrizes. Uma força motriz indireta é aquela que opera de maneira mais difusa, alterando pelo menos uma força motriz direta que influencia os processos do ecossistema. As forças motrizes indiretas mais importantes são aquelas de cunho demográfico, econômico, sociopolítico, científico-tecnológico, cultural e religioso. Já as forças motrizes diretas de maior relevância são as mudanças climáticas, as mudanças no uso da terra (como o desmatamento), a eficiência de uso de nutrientes pelas plantas e a incidência de pragas e de doenças (NELSON, 2005).

Essas forças motrizes refletem sinais para os direcionamentos de políticas públicas e para ações dos setores público e privado. Descortinam caminhos para aproveitar oportunidades e, quando for o caso, para enfrentar os desafios que se apresentam às cadeias produtivas agropecuárias. Na pesquisa, transferência de

tecnologia e inovação agropecuária, elas indicam rumos para o estabelecimento de prioridades e estratégias de programas e projetos.

As diversas forças motrizes atuam em escala local, nacional e global (HAZELL; WOOD, 2008). Portanto, as cadeias produtivas agropecuárias brasileiras precisam estar preparadas para esse novo contexto indutor de mudanças nos agroecossistemas.

## **Dimensão demográfica**

### *População e urbanização*

O tamanho da população do planeta em 2012, cerca de 7 bilhões de pessoas, aumentou expressivamente em 4,5 bilhões, em relação ao tamanho da população em 1950, que era de 2,5 bilhões (UNITED NATIONS POPULATION DIVISION, 2013). Essa variação representou um crescimento líquido de 1,68% ao ano no período. Para 2030, considerando a variante média, projeta-se uma população de 8,4 bilhões (UNITED NATIONS POPULATION DIVISION, 2013). Isso representa uma desaceleração na taxa de crescimento da população de 1,68% para 0,97% ao ano no período 2012–2030. A força motriz “população” tem impactos distintos em intensidade (tamanho da população) e duração (inflexão na trajetória de aumento na população) nos diferentes países. Aspectos relacionados ao perfil demográfico (idade, rural ou urbano), adicionalmente, podem alterar os resultados de um dado cenário. Em 2030, cerca de 60% da população mundial estará em zonas urbanas.

A visão desagregada traz uma perspectiva mais aguçada para a tomada de decisão. Especificamente para o Brasil, em 2030 a população se situará na faixa de 216 a 230 milhões, conforme o cenário considerado (IBGE, 2011; SSP DATABASE, 2013). A análise da distribuição da população brasileira em diferentes faixas



etárias, nos anos 2000 e 2010, permite constatar que houve estreitamento da base da pirâmide (as menores idades), resultado da diminuição da fecundidade (IBGE, 2011). A tendência de envelhecimento da população se acentua com o tempo e, em 2030, a população brasileira estará concentrada no estrato de 20 a 49 anos de idade. A partir do início dos anos 2040, a população no Brasil atingirá um pico e começará a diminuir. Na próxima década, o bônus demográfico no País, caracterizado pelas maiores taxas de crescimento da população com idade ativa em relação à população total, se acaba (IBGE, 2011, 2014).

Dos 191 milhões de brasileiros identificados no censo de 2010 (IBGE, 2011), 29,8 milhões, ou 15,6% da população brasileira, estavam no meio rural. No Nordeste, concentrava-se quase metade da população rural do Brasil (IBGE, 2011). Nessa região, a atração das cidades se manifesta, mas a ela se juntam as condições restritivas do meio ambiente, como no caso do semiárido, quando a irrigação não está disponível. Polos promissores, já tocados pela modernização da agricultura, precisam ser fortalecidos para contraporem-se a essas forças ambientais restritivas (ALVES et al., 2011). Em 2030, projeta-se que a população rural no País diminuirá para cerca de 10% da população total (IBGE, 2011; SSP DATABASE, 2013).

Esse cenário demográfico tem efeitos diretos sobre as características da produção, que precisará ser mais automatizada e mecanizada para acomodar o envelhecimento da população e para ampliar a produtividade do trabalho. As estruturas da família e do emprego também se modificarão, e os hábitos alimentares estarão crescentemente ligados à preferência para os itens de rápido e fácil preparo. Esse novo perfil de população demandará atenção especial aos modelos de produção e seus impactos nas dimensões social e ambiental, em adição às questões econômicas e de nutrição.

## *O nexu alimentos-nutrição-saúde: do paradigma da cura para o da prevenção*

A integração dos conceitos de alimentação-nutrição-saúde aparenta ser um caminho inevitável no futuro, em virtude não só do aumento da idade média das populações, mas também da exaustão dos sistemas de saúde e previdência social, inclusive nos países desenvolvidos. As exigências nutricionais deverão alinhar-se a essa nova estrutura etária e ainda refletir a melhoria da renda, do nível de instrução e da qualidade de vida, que adicionalmente pressionarão por uma alimentação de qualidade, capaz de atender às necessidades nutricionais específicas. A gradual migração para um paradigma de prevenção de doenças e males decorrentes de alimentação inadequada demandará que os alimentos se adequem às necessidades dos consumidores (alimentos biofortificados com vitaminas, sais minerais e proteínas de melhor qualidade), às mudanças demográficas (população cada vez mais idosa) e ao desejo de aumento de desempenho em várias funções (como física e intelectual).

## *Escassez do trabalho no campo*

As tendências demográficas, com o envelhecimento da população e a continuidade da migração das áreas rurais para as cidades, apontam que o trabalho na agricultura se tornará cada vez mais escasso. Com a intensificação das mudanças climáticas, as condições de plantio, como temperatura, precipitação, umidade do solo, tornar-se-ão cada vez menos previsíveis, exigindo mais precisão e rapidez na condução das diversas práticas agropecuárias. Essas estratégias de automação e de sistemas de precisão ainda podem ser efetivas para aumentar a produtividade do trabalho nas atividades agropecuárias, com potenciais benefícios sobre a

diminuição dos custos de produção. Frente a essas pressões, os agricultores brasileiros precisarão contar com novas alternativas de mecanização, automação e tecnologias de precisão e manejo sítio-específico, que os ajudarão a superar problemas como o decréscimo na disponibilidade de mão de obra no campo.

## **Conquista de novos mercados**

A agricultura brasileira tem como primeira responsabilidade o abastecimento regular do mercado interno, mas as expectativas crescerão em torno da possibilidade de o País contribuir cada vez mais para a segurança alimentar de países com limitadas capacidades de produção. De fato, o Brasil vem assumindo protagonismo crescente no comércio agrícola mundial. Estudos técnicos e projeções sinalizam para o aumento dessa contribuição do País nos mercados globais, ratificando a posição do Brasil como um dos principais atores para o equilíbrio entre a oferta e a demanda de alimentos em âmbito global e, portanto, para o alívio da fome e para a melhoria da nutrição no mundo.

A influência étnica sobre o consumo de alimentos vem se fortalecendo nos últimos anos. O peso da etnia sobre a alimentação tem sido exacerbado, possivelmente, pela globalização. Ela é responsável pela eliminação das fronteiras e contribui para a migração observada, quer seja dentro de um país, quer seja entre países. A distância das origens e a velocidade imposta pela vida moderna afastam as pessoas de hábitos e/ou de alimentos consumidos durante a infância. Nessas condições, os alimentos representam o retorno às origens e o fortalecimento da identidade, sendo ainda importantes coadjuvantes na redução do estresse.

Os aspectos culturais, territoriais e religiosos são também elementos importantes na definição da composição alimentar da

sociedade. Para as cadeias produtivas agropecuárias brasileiras, a adequação de produtos e processos, compatíveis com as exigências específicas dos diferentes mercados, é etapa essencial para a inserção brasileira em novos mercados.

## **Expansão da renda per capita, escalada da demanda e sofisticação das dietas**

A expansão da renda per capita da classe média mundial e a manutenção da migração rural-urbana, nos próximos 20 anos, indicam grande potencial de crescimento na demanda por produtos agropecuários. Espera-se a alteração no perfil da dieta em direção à sua diversificação, com maior inclusão de produtos de origem animal, frutas, verduras, legumes, além de maior introdução de alimentos processados e, eventualmente, nutracêuticos e funcionais para os que terão maior renda per capita.

Conhecer a variação esperada na população – e as exigências de mercados específicos – é apenas parte dos quesitos para um melhor entendimento de eventuais deslocamentos na curva de demanda por produtos agropecuários. Há necessidade de se conhecer, também, as projeções de renda per capita e de valores de elasticidade-renda dos produtos agropecuários para, conjuntamente com a variação na população, se projetar cenários de mudança na demanda. A explicação é simples: a demanda por produtos agropecuários responde de modo diferente à renda per capita, e é a elasticidade-renda que mede essa resposta em termos de variação no consumo de um dado bem ou serviço frente à elevação na renda per capita.

Os cereais são, comparativamente às carnes e frutas, produtos de elasticidade-renda mais baixa. Isso significa que dado um aumento na renda per capita, o incremento na demanda por cereais

é menor do que os aumentos registrados na demanda por proteína animal<sup>4</sup>, frutas e verduras. Em geral, a população de países/regiões mais pobres gasta parcela maior de seu orçamento com alimentos e é mais responsiva ao aumento no consumo de um dado grupo de alimentos, quer seja cereais, carnes ou frutas, do que a população de países/regiões de renda mais elevada (REGMI; SEALE JUNIOR, 2010).

Com base na expectativa de variação na renda per capita, na população e na elasticidade-renda, e considerando-se preços reais constantes dos produtos, é possível explorar como se dará o aumento da demanda por produtos agropecuários até 2030.<sup>5</sup> A demanda por produtos agropecuários de baixo grau de processamento, em países de renda per capita mais elevada, deve apresentar crescimento limitado, na faixa de 0,5% a 1,5% ao ano no período 2012–2030 (valores de elasticidade-renda na faixa de 0,1 a 0,5). Os países emergentes como o Brasil, a China, a Índia, a Indonésia e a Nigéria, entre outros, têm maior potencial de crescimento na demanda por produtos agropecuários, mesmo aqueles de menor processamento agroindustrial, da ordem de 2% a 4% ao ano no período 2012–2030 (valores de elasticidade-renda na faixa de 0,25 a 0,75).

Esse crescimento de renda per capita em países emergentes nos próximos 20 anos, acompanhado de elevadas taxas de urbanização, com expansão de 2 a 3 bilhões de pessoas na classe média, até 2030, ainda estarão associados com alterações nos padrões de consumo em direção aos produtos de maior elasticidade-renda (GOLDMAN SACHS, 2008; KHARAS; GERTZ, 2010).

---

<sup>4</sup> A maior demanda por proteína animal aumenta a demanda por produtos utilizados em rações. Exemplificando, cada quilograma adicional de frango e de suíno demandam 1,8 kg e 2,8 kg de ração, respectivamente, que, em uma formulação tradicional, apresenta mais de 90% em soja e em milho.

<sup>5</sup> Detalhes apresentados em Martha Junior (2013).

Projeta-se concentração no crescimento da demanda por produtos agropecuários de maior elasticidade-renda e de maior grau de elaboração no horizonte 2012–2030.

Kharas e Gertz (2010) indicaram que grande parte do crescimento da classe média deverá ocorrer em países da Ásia-Pacífico. A classe média dessas regiões deverá elevar sua participação nos gastos (US\$ 2005, PPP) da classe média no mundo de 23%, em 2009, para 59% do total global, em 2030. A classe média na América Latina deverá ter pequena redução na sua participação, passando de 7% para 6% dos gastos mundiais dessa classe. A África e o Oriente Médio representarão, em 2030, 5% do consumo global da classe média. Os países desenvolvidos (América do Norte e Europa), que em 2009 representavam 64% dos gastos mundiais da classe média, deverão ter essa participação reduzida a 30% em 2030.

Parcela majoritária da expansão da população, da renda regional, da renda per capita e da urbanização ocorrerá na região da Ásia-Pacífico. Desse modo, é essencial para as cadeias produtivas agropecuárias brasileiras entenderem as necessidades e as demandas desses consumidores e desenvolverem estratégias específicas para esse grande mercado.

Nesse cenário nada trivial que se projeta, surgem grandes oportunidades para o Brasil aumentar a sua participação no comércio agrícola mundial e para promover ciclos virtuosos de desenvolvimento a partir da agropecuária nos próximos 20 anos. Além disso, cresce em importância a necessidade de desenvolvimento de novos processos e produtos em macrotemas-chave para a agropecuária brasileira. Esse fato surge do imperativo de ampliar a competitividade e o dinamismo do setor agropecuário brasileiro no mercado doméstico e internacional em prazos mais longos.

## Dimensão tecnológica

### *Agricultura pressionada na direção da multifuncionalidade*

Nas próximas duas décadas, o setor agropecuário desempenhará papel paulatinamente mais multifuncional. Vislumbra-se maior dependência em conhecimentos, tecnologias e inovação. Ampliar-se-ão as interfaces entre as ciências agrárias e as outras áreas do conhecimento. A velocidade das mudanças também se acelerará.

O atendimento às múltiplas dimensões da sustentabilidade (técnico-econômica, social e ambiental), na agropecuária brasileira, dependerá crescentemente da capacidade de antecipação dessas oportunidades, riscos e desafios e da coordenação de processos de tomada de decisão e de ações efetivas em vários níveis. As organizações de pesquisa e inovação, cujos produtos são de tempo de maturação longo, precisam continuamente mapear o espectro de possibilidades futuras na sua área de atuação.

A agricultura do futuro deverá estar balizada por conceitos, métodos e aplicabilidades multifuncionais, muito além da visão convencional, da agropecuária dedicada à produção de alimentos, fibras e energia. Os padrões tecnológicos da agropecuária mundial já estão sendo alterados pela introdução de novas tecnologias resultantes de avanços muito recentes do conhecimento científico. Sustentada nesses avanços e sintonizada com a emergente bioeconomia, a agropecuária deverá se nortear por vertentes tecnológicas voltadas para a consolidação de sistemas de produção limpos, com balanço positivo de carbono, que integrem qualitativamente a relação campo-cidade, com cadeias e arranjos calcados na sustentabilidade e na inclusão produtiva, principalmente dos agricultores familiares e pequenos produtores.

## *Agricultura e a emergência da bioeconomia*

A biologia moderna avança à velocidade alucinante e promete, nas próximas décadas, estabelecer uma base científica e tecnológica radicalmente nova, que transcende a atual transgenia aplicada às commodities. Entre as principais rotas que a biotecnologia deve explorar, estão o domínio da biologia sintética e dos processos metabólicos dos organismos (plantas, animais e microrganismos) e seu direcionamento para a produção de materiais e substâncias de alto valor agregado, direcionados para usos não alimentares (usos químicos e bioquímicos, médicos, farmacêuticos, nutricionais, energéticos, etc). Esses avanços irão transformar os mercados do ponto de vista da ampliação do leque de oportunidades.

O sofisticado embasamento técnico e a natureza genérica da biotecnologia moderna irão possibilitar a criação de uma nova bioeconomia, com influências em diversos campos do conhecimento e com possibilidades de desenvolvimento de imensa gama de novos produtos e processos, abrindo possibilidades e interfaces para a agricultura com ramos bioindustriais novos. O Brasil tem condições de alavancar os potenciais econômicos e de sustentabilidade da nova bioindústria, tanto para intensificar a produção de alimentos, fibras e energia limpa, como para desenvolver uma nova e pujante indústria de químicos renováveis, sem competição com a produção de alimentos.

## *Inserção brasileira nos ambientes globais de pesquisa e inovação*

Os processos de sofisticação tecnológica que emergem em diferentes países e organizações líderes exigem que as organizações de pesquisa e inovação brasileiras tenham uma visão aguçada do futuro da inovação agropecuária e construam parcerias e alianças que ultrapassem nossas fronteiras. Essa estratégia é essencial para



manter a eficiência e a competitividade das cadeias agropecuárias brasileiras no futuro. O continuado esforço de envio ao exterior de profissionais para treinamento em áreas estratégicas e o constante envolvimento em ações relevantes de cooperação bilateral e multilateral darão mais experiência e desenvoltura ao sistema de pesquisa e inovação agropecuária do País, na era de intensas mudanças e rupturas que se prenuncia para os próximos 20 anos.

### ***Nexo água-energia-alimentos***

Existem interconexões indissociáveis entre a água, a energia e os alimentos. Nessa perspectiva, a tomada de decisão pelo setor privado e a formulação de políticas exigem uma abordagem sistêmica, construída com ampla participação dos atores da sociedade, de modo a ampliar as sinergias entre os entes envolvidos e minimizar eventuais escolhas conflitantes.

Com o aumento da demanda por bens e serviços dependentes da utilização dos recursos hídricos, conflitos pelo uso da água devem se tornar cada vez mais frequentes em diferentes regiões do mundo. Desse modo, e considerando que a agricultura é a forma majoritária de demanda por água vis-à-vis a demanda dos setores urbanos e industriais, a discussão sobre a gestão dos recursos hídricos, para se evitar, ou ao menos minimizar, problemas de desabastecimento, é uma constante.

Sendo o setor agropecuário o maior usuário do território e dos recursos hídricos do País, o que também ocorre em termos mundiais, é evidente a relevância do desenvolvimento e da gestão territorial da agricultura irrigada, em que o uso da água ocorre de forma mais intensiva. Apesar de ser o setor que mais consome água, a agricultura irrigada tende a crescer no futuro, levando-se em conta as mudanças climáticas, as possibilidades de secas intensas e cada vez mais extensas, o que implica ter controle sobre variáveis que independem do produtor.

Um grande desafio para o futuro será a busca da maior eficiência no uso da água pela agropecuária de forma a reduzir a pressão sobre os recursos hídricos e liberar água para outros fins. Inovações que possibilitem maior eficiência e produtividade no uso da água, evitando ou reduzindo o seu desperdício, serão críticas para se responder à crescente demanda por alimentos, com o mínimo de impactos ambientais, como a degradação dos solos e dos aquíferos e os processos de salinização.

O crescimento e o desenvolvimento, de modo mais amplo, demandam energia. Logo, surgem enormes vantagens às cadeias produtivas agropecuárias, desde que os setores envolvidos sejam capazes de produzir inovações relevantes e de grande impacto, e as políticas forneçam isonomia de condições frente aos nossos principais competidores internacionais. Essa demanda pode atuar favoravelmente sobre um novo ciclo de desenvolvimento do setor sucroenergético nacional em condições de preços do petróleo acima da média histórica. Pode, inclusive, alterar os incentivos à alocação no uso da terra, em favor da expansão da área com cana-de-açúcar.

Entretanto, na ausência de inovações relevantes e de grande impacto, o setor sucroenergético nacional deverá sofrer dificuldades frente ao crescimento de fontes energéticas baratas em outros países, como o gás de xisto nos Estados Unidos. E, se a expansão da oferta energética permitir a redução do custo da energia, a pressão para o desenvolvimento de inovações que reduzam o custo de energias renováveis e de produtos e processos atrelados à cadeia produtiva da cana-de-açúcar será ainda maior.

Ressalte-se que, nesse cenário de preços mais baixos de energia, cai a participação de insumos derivados do petróleo (entre outros, fertilizantes e agroquímicos) no custo de produção agropecuária. Cabe notar, também, que o preço barato da energia estimula as atividades econômicas, especialmente a indústria

(BARROS, 2012). Assim, vislumbram-se prós e contras no horizonte que se projeta para as cadeias produtivas agropecuárias, de modo que o efeito líquido é ainda incerto.

### Uma breve visão sobre possíveis cenários para a energia

O mercado agrícola, nas últimas décadas, tem sido impactado pelo mercado de energia. Essa maior ligação entre esses mercados reflete o crescente uso de biomassa para fins energéticos (efeito de substituição).

A demanda por energia até 2035 deverá aumentar em cerca de 40% em relação a 2013. O acréscimo global na demanda por energia se dará, principalmente, nas economias em desenvolvimento (ao redor de 95% do acréscimo da demanda). O uso de fontes renováveis de energia crescerá a uma taxa maior que o crescimento projetado para o agregado de fontes fósseis e energia nuclear, entretanto políticas são necessárias para que os custos se tornem mais competitivos frente às outras fontes energéticas.<sup>6</sup> O carvão e o gás natural ainda terão maior participação na matriz energética quando comparados ao petróleo, fontes renováveis e energia nuclear (ANNUAL..., 2013).

A eficiência energética melhorará em escala global. Esses ganhos em eficiência energética deverão suprir mais “energia adicional” que a

<sup>6</sup> Acemoglu et al. (2012) apresentaram um modelo teórico sobre como um direcionamento na natureza da mudança tecnológica pode levar a uma transição para energias mais limpas, mesmo que essas não sejam custo-efetiva no curto e no médio prazo. O argumento é que, com políticas adequadas, a mudança para energias alternativas pode ocorrer mesmo com um sobrecusto sobre energias fósseis. Com um determinado *market share* (fatia de mercado), dispara-se um gatilho em que se observam maiores incentivos para que a tecnologia seja endogenamente direcionada para essas energias mais limpas, fato adicionalmente impulsionado pelo processo de aprendizagem. Considerando que os insumos sejam suficientemente substituíveis, incentivos à pesquisa são indicados como chaves para essa transição, com mínimos efeitos sobre distorções de longo prazo. Nesse modelo, a pesquisa contribuiu para evitar o uso excessivo de taxas de carbono.

expansão na exploração de fontes de petróleo até 2035, contribuindo positivamente com objetivos econômicos, de segurança energética e ambiental. Metade da geração elétrica mundial até 2035 virá de fontes renováveis. Fontes variadas – eólica e solar – representarão grande parte desse aumento.

Diversos estudos projetam forte expansão do gás natural (especialmente, de xisto e não convencionais), ressaltando que a velocidade e a intensidade dessa expansão variam entre as projeções de cada estudo (ANNUAL..., 2013; BP ENERGY..., 2014; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2013; SHELL, 2013). Deverá ainda ocorrer evolução dos mercados de gás natural que estimulam o aumento do seu uso para a geração de energia elétrica e transporte, expandido a sua inserção no mercado internacional. O gás natural será a fonte de combustível fóssil que mais crescerá no período, e a maior parte do crescimento da produção virá do xisto. Nesse caso, decorrente especialmente da produção americana. Os Estados Unidos tornar-se-ão exportador líquido de gás natural, e o crescimento na demanda por gás do Oriente Médio até 2035, em termos absolutos, ficará atrás apenas da China. O Oriente Médio, há muito visto como o principal fornecedor de energias fósseis para os mercados mundiais, se tornará um grande consumidor desta. O crescimento no consumo de petróleo no Oriente Médio até 2035 contrabalanceará totalmente a redução no consumo da Europa.

As regulamentações ambientais colocarão maiores pressões sobre o uso do carvão no setor de energia elétrica. No caso da biomassa e energia nuclear, o avanço na participação total do mercado produtor de energia ocorrerá de modo lento. Para um cenário de políticas mais favorável (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2013), o Brasil responderá por aproximadamente 21% do consumo mundial de etanol e por 18% do consumo mundial de biodiesel.

A energia solar também deverá apresentar desenvolvimento nas duas próximas décadas. Para a energia eólica, há ampliação em seu uso, porém, com baixa representação frente às demais fontes de energia.

## *Dependência de insumos importados e/ou derivados de fontes não renováveis*

A agricultura brasileira é bastante diversa quanto às suas características de clima, solo e vegetação. Portanto, nada mais natural que haja, também, pluralidade nos sistemas de produção. Um fato inexorável é que o setor agrícola será de modo crescente pressionado para aumentar a eficiência de uso de fertilizantes e agroquímicos nesses sistemas de produção. Isso significa que é necessário produzir mais, com um dado nível de insumo, ou produzir a mesma quantidade, com um menor nível de uso de insumo.

A tecnologia desempenhará papel cada vez mais relevante, tanto para aumentar a eficiência no uso desses insumos, como para desenvolver alternativas que substituam eficientemente insumos à base de recursos não renováveis. Embora parte das respostas tenha origem no aumento da eficiência de uso de insumos no sistema, ganhos substanciais podem ser adicionalmente obtidos quando sistemas alternativos aos em uso na propriedade são considerados no leque de possibilidades.

Oportunidades surgem para as mais variadas condições. Sistemas de produção agroecológicos e orgânicos podem ser interessantes para determinados nichos de produção, trazendo possíveis encadeamentos positivos nas cadeias agropecuárias associadas. Em outro extremo, têm-se os sistemas com uso mais elevados de insumos e aqueles que operam com maior complexidade, como os sistemas mistos. Estes operam desde situações com quantidades mínimas de insumos até aqueles com quantidades maiores de fertilizantes e agroquímicos.

Ainda é crítico que se busque por fontes alternativas de nutrientes, como de fósforo, via biodisponibilização a partir de minerais autóctones, além da viabilização da fixação biológica de nitrogênio em maior número de espécies, incluindo de gramíneas.

Esses são exemplos de tecnologias críticas que poderão mudar definitivamente a capacidade competitiva da agropecuária nos trópicos e subtropicais.

### *Rupturas nos processos de fabricação e o impacto da automação*

Rupturas tecnológicas como a fabricação aditiva (impressão 3D) e a robótica têm o potencial de mudar padrões de trabalho no futuro. Essas tecnologias, potencialmente, vão melhorar a produtividade, a qualidade e o padrão dos produtos, bem como reduzir o trabalho penoso e insalubre, entre outros benefícios. Essas tecnologias podem gerar exclusão de trabalhadores de mais baixa qualificação, exacerbando a desigualdade e a exclusão. Na agropecuária, as novas tecnologias vão estimular novas vertentes de agregação de valor e de fabricação, com grandes possibilidades de aumento de competitividade do setor agroindustrial.

### *Agricultura na era big data*

O mundo já vive a era *big data*, com a possibilidade de gerar, medir, coletar e armazenar assombrosas quantidades de dados, que são a matéria-prima do conhecimento. Uma gama de tecnologias emergentes ajudam as organizações a extrair valor desses grandes conjuntos de dados, o que torna possível, por exemplo, inferir padrões de comportamento e de consumo e ajustar o design e a logística de entrega de produtos e de serviços para cada indivíduo, com enormes ganhos de eficiência operacional e econômica. Daqui para o futuro, o setor privado vai usar *big data* para multiplicar o acesso a serviços e bens de consumo. O setor público vai usá-lo para suporte à formulação, melhoria e implementação de políticas públicas em áreas sensíveis tais como medicina, saúde pública, produção de alimentos e

meio ambiente. Na agropecuária, a era *big data* ainda irá impactar o melhoramento genético, a previsão de clima, a agricultura de precisão, o entendimento da dinâmica dos mercados, entre outros aspectos.

## **Dimensão política e social**

### ***Agricultura e produção de alimentos em um mundo multipolar***

O mundo paulatinamente se torna mais multipolar. A mudança na distribuição de poder entre as nações pode ser ofuscada por uma mudança ainda mais fundamental na natureza do poder no futuro. As tecnologias da informação e da comunicação (TIC) irão empoderar redes multifacetadas e amorfas, distribuídas para além de limites geográficos, influenciando ações em âmbito global. Essas mudanças terão múltiplas influências sobre os sistemas agroalimentar e agroindustrial no futuro, em especial sobre as nações provedoras de produtos das cadeias produtivas agropecuárias, inseridas nos dinâmicos mercados internacionais, como é o caso do Brasil.

### ***Políticas públicas para a agricultura e a alimentação***

O conhecimento é uma ferramenta poderosa para equacionar os conflitos do desenvolvimento econômico e social. E a sociedade ganha cada vez mais consciência de que as organizações de pesquisa e inovação têm enorme poder de propor ou de aperfeiçoar políticas públicas. As organizações de pesquisa e inovação tendem a ser cada vez mais mobilizadas para esse desafio, assumindo posturas mais propositivas. A discussão de questões de alta complexidade, como propriedade intelectual, transgênicos e código florestal, revelara que existiam, no passado, perturbadora

escassez de dados e evidências que ajudassem os legisladores a conciliar as dissensões ideológicas e a produzir decisões que melhor lidassem com os passivos econômicos, sociais e ambientais. As organizações científicas serão cada vez mais pressionadas a desempenhar, de maneira sistemática, a função de contribuir com informações qualificadas para a melhoria das decisões.

### *Ordenamento territorial e planejamento da expansão sustentável da produção*

O novo código florestal brasileiro aponta para a necessidade de a produção agropecuária orientar-se, progressivamente, de acordo com uma visão moderna e sustentável de expansão da capacidade produtiva do País. Avanços no desenvolvimento do País enfrentarão, inevitavelmente, o desafio de acomodar no espaço geográfico, de forma inteligente, as atividades agrossilvopastoris, as florestas naturais, os recursos hídricos e as cidades, por exemplo. Assim, o Brasil precisará construir um arcabouço de políticas públicas e estratégias inovadoras de ordenamento territorial e de planejamento do uso sustentável da sua rica base de recursos naturais. Tecnologias de monitoramento por satélites, sensoriamento, modelagem, zoneamento de riscos, entre outras, terão papel cada vez mais importante no embasamento desses processos.

### *Fortalecendo o papel da agricultura no processo de desenvolvimento*

O meio rural, daqui a 20 anos, inevitavelmente será muito diferente de hoje. Qualquer que seja a escala de produção ou o perfil do produtor, as mudanças serão profundas, tanto pelo lado da demanda como da oferta.

Na dimensão sociopolítica, o uso crescente e efetivo dos canais de interlocução entre governos e sociedade civil organizada



será determinante para que as esferas governamentais (federal, estaduais e municipais) captem as demandas e construam, de forma coletiva, políticas e programas adequados para promover o desenvolvimento econômico, o bem-estar inclusivo dos diferentes grupos sociais e a conservação dos recursos naturais nos biomas brasileiros. O futuro demandará profissionais qualificados para ações de transferência de tecnologia, intercâmbio e construção coletiva do conhecimento, considerando a diversidade e a heterogeneidade da agricultura brasileira e o papel da inovação nas estratégias de desenvolvimento.

### *Nexo sociopolítico*

Nas últimas três décadas, particularmente a partir da aprovação da Constituição Federal em 1988, a democratização e a descentralização tornaram-se vetores determinantes do processo de formulação de políticas e tomadas de decisões do setor público e privado, com profundos impactos sobre o desenvolvimento da agricultura brasileira. A criação de fóruns nacionais, estaduais, territoriais e municipais, com a participação dos diferentes setores da sociedade civil na formulação de políticas públicas, estabeleceu canais de interlocução entre o governo e a sociedade. Aliado a isso houve crescimento acentuado no capital social decorrente da organização dos diferentes setores da sociedade civil em instituições que vêm desempenhando papel de assegurar a relevância, legitimidade e credibilidade nos processos de tomada de decisões nos fóruns estabelecidos em âmbito federal, estadual e municipal.

Existem evidências de que, quanto mais propensa uma comunidade é à associação, mais acelerado é o seu desenvolvimento de longo prazo (PUTNAN, 2000). Assim, quanto mais desenvolvida for a cultura associativista de uma determinada região, mais

rapidamente ela deve se desenvolver. Isso ocorre porque nessa situação as informações fluem por meio das relações sociais e, quase sempre, com alto grau de credibilidade, o que, como consequência, dá a elas mais eficiência.

Ademais, um dos fatores considerados como nuclear e fortalecedor de *clusters* e/ou cadeias produtivas de sucesso é oriundo das relações institucionais e, principalmente, pessoais que se formam a partir das interações e das atividades inter-relacionadas. Desse modo, é importante compreender e fortalecer a consolidação da divisão estruturada de trabalho no interior desses arranjos, o que reforça o grau de interdependência entre os agentes e fortalece as práticas baseadas na confiança e na coordenação cooperativa (EUCLIDES FILHO, 2006).

Não se pode deixar de reconhecer a importância de fatores não tecnológicos, como a qualificação de pessoal, que deve preparar os diferentes atores da cadeia produtiva aos desafios e oportunidades do futuro. À medida que se move o foco da geração e da comunicação de uma tecnologia de forma isolada para um contexto de cadeia produtiva, cresce a demanda pela habilidade de trabalhos em rede e aumenta a necessidade de uma visão mais abrangente por parte dos profissionais envolvidos. Esses requisitos são fundamentais para os diversos atores, desde a pesquisa até quem recebe a tecnologia pronta, passando pelo comunicador e pelo multiplicador (EUCLIDES FILHO, 2006).

### Desafios para a transferência de tecnologia e extensão rural<sup>7</sup>

Há um problema sério de difusão de tecnologia na agricultura brasileira, sendo necessário focalizar os excluídos da modernização da agricultura, visando dar-lhes acesso a essa tecnologia. Dos cerca de 4,4 milhões de estabelecimentos que informaram produção e área explorada, no Censo Agropecuário de 2006, 500 mil – 11,4% do total – produziram 86,6% do valor da produção em 2006. No grupo de 500 mil estabelecimentos, há 27.306 que, sozinhos, geraram 51,2% do valor da produção de 2006. Os restantes 3,9 milhões de estabelecimentos (88,6% do total) geraram somente 13,4% do valor da produção. E neste grupo há 2,9 milhões de estabelecimentos (66,0% do total) que contribuíram apenas com 3,3% do valor da produção de 2006. Esses dados indicam que muitos produziram muito pouco e que poucos produziram muito, ou seja, a produção está muito concentrada (ALVES et al., 2012).

Tanto no crescimento da produção como na sua dispersão, a tecnologia tem papel dominante. Como a solução agrícola do problema de pobreza implica, necessariamente, o aumento do valor da produção de cada estabelecimento, e esse aumento é muito dependente da tecnologia, a difusão é estratégia essencial para incluir aqueles que hoje estão à margem da modernização.

Há a tendência de igualar o problema de difusão de tecnologia ao problema de extensão rural. É óbvio que é necessário ampliar e aprimorar a extensão rural pública nas várias vertentes. Também a extensão particular precisa ter seu papel ampliado no que se refere à agricultura familiar. Entretanto, é equivocado igualarem-se os dois problemas.

O papel do entorno ao estabelecimento na adoção de tecnologia<sup>8</sup> é essencial. O entorno define a lucratividade da tecnologia,

<sup>7</sup> Elaborado com base em Alves e Souza (2014).

<sup>8</sup> O entorno pode determinar as restrições que a pequena produção enfrenta depois da porteira do estabelecimento e escapam à sua capacidade de removê-la, por si mesma. Redundam numa relação desfavorável de preço de produto para insumo.

e, sem essa lucratividade, não há adoção. O entorno favorável dá igualdade de oportunidades à pequena e à grande produção. Quando existe essa igualdade de oportunidade, a extensão rural tem condições de ser bem sucedida com a agricultura de pequena escala. Num ambiente de sucesso, a extensão rural tem incentivos para ser ainda melhor. Quando esse sucesso inexistente por um longo tempo, o foco em difusão de tecnologia é mudado e o pessimismo domina. Há, assim, forte interação entre o entorno e a qualidade da extensão rural. Num entorno desfavorável, se a extensão limitar sua ação ao estabelecimento, certamente não será bem sucedida.

Outra forma de se referir ao mesmo assunto é tratar das imperfeições de mercado.<sup>9</sup> A igualdade de oportunidade entre a pequena e a grande produção traduz-se em serem pequenas as diferenças de preços na venda de produtos, compra de insumos, taxas de juros e condições de empréstimo. Também em serem semelhantes a qualidade dos serviços da extensão rural público vis-à-vis privado, o acesso aos instrumentos da política agrícola, a existência e qualidade da eletricidade e dos serviços públicos em geral.

Enfim, a disponibilidade e o acesso ao conhecimento coletivo não discrimina a pequena produção da grande. A grande produção tem acesso ao conhecimento coletivo em âmbito local, regional, nacional e internacional. No Sul e Sudeste, entre esses dois grupos, o diferencial de acesso não é tão grande. E não é por outra razão que os pequenos produtores do Sul e Sudeste estão deixando para trás o atraso. Há, também, alguns polos de sucesso nas outras três regiões (Norte, Nordeste e Centro-Oeste), e neles as desigualdades de oportunidades entre pequenos e grandes não são grandes.

---

<sup>9</sup> Alves e Silva (2013) mostraram que a pequena produção subsistirá, porque parte importante dela foi capaz de remunerar todos os fatores de produção, não sendo, nesse aspecto, muito diferente da grande.

### *As redes sociais e a era da transparência radical*

As TIC emergem como uma força poderosa e provedora de interfaces em torno das quais identidades coletivas coalescem na forma de redes sociais de múltiplas naturezas e alcances. A revolução da informação cria expectativas e demandas, impulsionando melhorias e, ao mesmo tempo, acirrando a crítica às estruturas de controle social estabelecidas. As redes sociais vão, cada vez mais, permitir que todos participem e influenciem diretamente o debate público sobre temas como agropecuária, alimentos, biotecnologia e outros, na velocidade da web. As organizações serão, cada vez mais, pressionadas a sofisticar as suas relações com a sociedade em uma época de transparência radical.

### **Uso racional da base de recursos naturais e a realidade de mudança climática**

As pressões nacionais e internacionais sobre a conservação de recursos naturais e as novas exigências quanto à redução do desmatamento, entre outros, para minimizar os efeitos dos gases de efeito estufa são uma realidade. Assim, os aumentos na nossa produção agropecuária deverão ser obtidos, prioritariamente, pela intensificação do uso de áreas já abertas para a produção e pelo aumento da produtividade. Ainda, a agropecuária brasileira continuará a exigir da pesquisa avanços em diversificação, agregação de valor, produtividade, segurança e qualidade, com velocidade e eficiência superiores àquelas alcançadas no passado recente.

As mudanças e incertezas climáticas presentes e futuras são uma das vertentes de caráter transversal às cadeias produtivas agropecuárias. Os governos federal e estadual e seus diversos órgãos e agências, além do setor privado, estão engajados em ações de mitigação e de adaptação. Para se garantir a sustentabilidade

futura da agropecuária frente às mudanças climáticas e à intensificação de estresses bióticos e abióticos previstos para as próximas décadas, serão necessários substanciais avanços em diversos campos do conhecimento científico e tecnológico. O aumento da demanda por alimentos, fibras e bioenergia exigirá sofisticação tecnológica que permita o uso mais eficiente dos recursos naturais (água, solo, biodiversidade, etc.), e dos serviços ambientais (reciclagem de resíduos, suprimento de água, qualidade da atmosfera, etc.) necessários à produção agropecuária e florestal.

### *Mudanças na ocupação e no uso da terra*

As pressões para a expansão na produção de alimentos e, consequentemente, sobre a ocupação e o uso da terra devem persistir pelas próximas duas décadas. A perspectiva de arrefecimento na demanda por alimentos depois de 2030 possivelmente minimizará as pressões para a expansão de área com agricultura.

Em um cenário alternativo, porém, as cadeias produtivas agropecuárias brasileiras continuam a descobrir e a reafirmar oportunidades, criando novas junções, como nas cadeias da bioenergia e química verde (BARROS, 2012). Esses movimentos podem atuar sobre a demanda de ocupação e de uso da terra em sentido contrário, isto é, pressionando para a ocupação com culturas (biomassa) de interesse. Sob essa perspectiva, o presumível aumento no custo de oportunidade da terra em regiões dinâmicas ampliará o deslocamento de alternativas de uso do solo menos competitivas, o que deverá abastecer um novo ciclo de debates sobre o uso direto e indireto da terra.

As decisões sobre a alocação de recursos, como o uso da terra para a produção agropecuária e florestal, normalmente respondem às forças de mercado que, em situações competitivas, são reguladas pelas leis de oferta e de demanda. Como a

alocação para os diferentes usos da terra é feita, em geral, por produtores e empresas rurais, a expectativa é que esses agentes – agindo como maximizadores de lucro – escolherão o tipo de terra potencialmente mais rentável (AZAR; LARSON, 2000). Há espaço para políticas públicas serem colocadas à disposição do produtor, alterando sua trajetória de escolha. As tecnologias estimuladas por essas políticas terão que passar no teste do mercado. Uma vez percebidas como estratégias a serem perseguidas por períodos prolongados de tempo, serão utilizadas em larga escala, mesmo com a descontinuidade dos incentivos.

### ***Aspectos ambientais***

Combinar o uso eficiente da terra para a produção agrícola com a conservação da biodiversidade é um grande desafio para as paisagens tropicais. Em paralelo à crescente demanda produtiva que se projeta para as décadas futuras, a União Europeia declarou o período de 2011 a 2020 como a Década da Biodiversidade, com o objetivo de deter a erosão de espécies e ecossistemas nativos e a degradação dos serviços dos ecossistemas (EUROPEAN COMMISSION, 2010).

Em algumas análises, a demanda por maior produção de alimentos vem sendo colocada de maneira a segregar áreas produtivas de áreas voltadas à conservação dos recursos naturais. Estudos recentes têm demonstrado que as trocas entre os diferentes usos da terra encontrados na paisagem são determinantes da conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (ALVES et al., 2013; DUCAN et al., 2008; IGUATEMY, 2012; UZÊDA et al. 2011). Diante dessa perspectiva, a estratégia de partilhar um mesmo espaço ou paisagem para abrigar diferentes fins (*land-sharing*) passou a ser considerada em trabalhos voltados aos serviços ambientais e no apoio às políticas públicas que

auxiliem no manejo voltado à multifuncionalidade da paisagem (TSCHARNTKE et al., 2012). Essa abordagem, em determinadas situações, se mostra agregadora de aspectos socialmente relevantes e processos ecológicos vitais. Ainda permite não só a manutenção da produtividade longa, como a conservação da biodiversidade e dos processos ecossistêmicos fundamentais no provisão dos serviços ambientais.

### *Mudanças climáticas*

O último relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), que engloba a linha mestre de ciências do clima, aponta como inequívoco o aquecimento do sistema climático (STOCKER et al., 2013). De acordo com esse relatório, a sensibilidade climática de equilíbrio (quanto mais quente a Terra ficará) deverá se situar na faixa de 1,5 °C a 4,5 °C até 2100. Maiores temperaturas de equilíbrio podem indicar a necessidade de grandes esforços para ações de mitigação e adaptação. Uma menor sensibilidade climática de equilíbrio enfatizaria as estratégias de adaptação.

O governo federal e o setor privado estão engajados em ampliar o uso de tecnologias capazes de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e de ampliar a capacidade de adaptação dos sistemas de produção. A principal ação centra no Plano Agricultura de Baixo Carbono (ABC), que conta com linha de crédito específica para apoiar essas ações. O Plano ABC considera que a adoção de tecnologias de baixa emissão de carbono, no horizonte 2010–2020, promoverá a redução de 133 a 166 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>-equivalente. As principais tecnologias relacionadas são a recuperação de pastagens degradadas, a ampliação da área com integração lavoura-pecuária-floresta, com reflorestamento e com plantio direto de qualidade, e a expansão das áreas



que fazem uso da fixação biológica de nitrogênio e das iniciativas para aproveitamento dos resíduos sólidos.

No caso da implementação do plantio direto de qualidade, da recuperação de pastagens e da maior adoção de sistemas mistos, observam-se aumentos consistentes nos teores de matéria orgânica do solo. Isso equivale à captura do CO<sub>2</sub> da atmosfera e estocagem desse carbono no solo, contribuindo positivamente para a redução de gases de efeito estufa na atmosfera.

Muitos relatos nacionais e internacionais têm ignorado a contribuição das pastagens para a mitigação de gases de efeito estufa, ou seja, há indicação de emissões pelo sistema sem considerações quanto ao potencial de esses sistemas capturarem o carbono da atmosfera. Sem esses efeitos líquidos de emissões devidamente quantificados e incorporados às estimativas, apresenta-se à sociedade um quadro substancialmente pior do que o esperado, com base em análises críticas e mais bem fundamentadas. O aumento de carbono do solo, no Brasil, geralmente varia de 0,5 tonelada de carbono ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (LIMA et al., 2006), no plantio direto, a 1,0 tonelada de carbono ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, em pastagens (SALTON et al., 2011). Casos de acúmulo da ordem de 1,7 tonelada de carbono ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, na rotação de lavouras anuais-pastagens, têm sido observados em trabalhos de longa duração (SOUSA et al., 1997).

Outra fonte de emissão de CO<sub>2</sub> nas atividades agropecuárias é observada nas operações mecanizadas e na produção dos insumos modernos, como fertilizantes e agroquímicos (LAL, 2004). Nesse contexto, o plantio direto possibilita maior eficiência nas operações mecanizadas, permitindo economia de combustível, entre outros, o que contribui para a redução das emissões de CO<sub>2</sub>.

Estima-se que 1% do nitrogênio aplicado como fertilizante, ou mineralizado de resíduos deixados após cada ciclo das culturas

no solo, é emitido como óxido nitroso (INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006). Desse modo, a maior adoção da fixação biológica de nitrogênio pode contribuir para a economia de fertilizantes nitrogenados nos sistemas de produção e para a redução das emissões de gases de efeito estufa nos sistemas de produção agropecuários.

A intensidade das emissões resultantes das atividades agropecuárias merece olhar especial, em particular aquelas associadas ao uso direto e indireto da terra e à produção de metano pelos ruminantes. Os resultados efetivos de redução das taxas de desmatamento na Amazônia Legal e no Cerrado (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2014; LAPOLA et al., 2013; PROJETO..., 2014) são fortes evidências de que efeitos indiretos no uso da terra parecem não ser relevantes no País, pelo menos até o momento. Efeitos diretos perdem força, em razão dos expressivos avanços na produtividade do setor e na governança em âmbito municipal, estadual e federal.

Quatro grandes desafios surgem na questão das métricas (PRODUCT..., 2012): 1) a proliferação de diferentes métodos; 2) a escolha (e incerteza) dos dados; 3) a representação inadequada dos países em desenvolvimento no processo de determinação das métricas-referência; e 4) o custo elevado e os desafios técnicos na geração dessas medidas. Esses fatos não podem ser entraves a um intenso esforço no País para se avançar no estudo de métricas e indicadores de qualidade dos sistemas agropecuários e florestais no seu sentido amplo, em particular com foco em condições tropicais e subtropicais.

A capacidade adaptativa da agropecuária tropical às variações climáticas presentes e futuras vem cercada de incertezas das informações sobre esse fenômeno em escala local e regional. Com foco em desdobramentos futuros, será necessário mudar a

escala para reduzir a incerteza nas vulnerabilidades. É necessário modelizar processos climáticos na escala regional, local e de paisagem, e não apenas em escala global. Deve-se avançar na avaliação dos impactos positivos e negativos para agropecuária (cenários) em escalas temporais e espaciais adequadas e por biomas, bem como dos custos e dos benefícios para a agropecuária dos processos, das tecnologias e das ações (mitigação/ remediação/ adaptação) propostas.

Ampliar as ações com foco na adaptação demandará grande esforço. Não existe tecnologia que funcione sempre e em qualquer condição. Existem alternativas tecnológicas capazes de aumentar a sustentabilidade da produção frente às variações do clima. Essas tecnologias precisam ser aperfeiçoadas e melhor ajustadas em suas aplicações aos sistemas de produção nos diferentes recortes regionais.

Diversas tecnologias se destacam nesse contexto, como a prospecção de genes tolerantes aos estresses bióticos. No âmbito dos sistemas de produção, o aumento nos teores de matéria orgânica, em particular nos intemperizados solos tropicais, ampliará a resiliência e a capacidade de adaptação, pelo maior armazenamento e pela maior eficiência no uso de água e de nutrientes. Expandir o uso da irrigação, da eletrificação, da mecanização rural, da armazenagem nas fazendas, da logística e do seguro rural seria estratégia adicional para produzir frente às incertezas climáticas. Portanto, o conhecimento científico e as ações focadas em vertentes não tecnológicas, como infraestrutura, precisam avançar, possibilitando uma melhor adaptabilidade e menor vulnerabilidade dos diversos sistemas de produção às variações climáticas.

## Segurança biológica e defesa agropecuária

Um dos desafios críticos para agropecuária mundial é o movimento de organismos ou espécies invasoras exóticas de uma região para outra, em função do comércio, transporte, trânsito e turismo. Mudanças climáticas levarão, também, à intensificação de estresses bióticos, em especial no cinturão tropical do globo. À medida que o Brasil avança como grande produtor de alimentos e competidor mundial, barreiras técnicas aos produtos nacionais serão colocadas, de forma muitas vezes não explícita, para dificultar ou impedir importações. Assim, forte ênfase em inovação tecnológica é fator crítico para o atendimento à diversidade de demandas de países importadores e alinhamento aos rígidos padrões de conformidade que se consolidam em âmbito internacional. A chave para a abertura, a conquista e a manutenção de novos mercados é a competitividade, sustentada em ambiente sanitário coerente com padrões do comércio internacional de produtos agropecuários.

## Dimensão da oferta

As potencialidades para a expansão da oferta nas cadeias produtivas agropecuárias brasileiras são enormes. Fatores-chave são a redução no custo de produção e o aumento na oferta de tecnologias, ambos dependentes da geração e da adoção de tecnologias.

A geração de tecnologias é, em grande medida, um problema da pesquisa. Essa tem a responsabilidade de ofertar novos meios de se produzir com mais eficiência, tanto na forma de novos produtos como de novos sistemas de produção e processos. No longo prazo, a possibilidade de incorporação de inovações tecnológicas ao sistema de produção, ao viabilizar ganhos em produtividade e potencialmente reduzir o custo médio de produção, figura como estratégia principal para garantir a maior oferta

de alimentos, fibras e biomassa e condições econômicas viáveis aos produtores rurais.

As tecnologias devem ser capazes de atender aos mais variados critérios, sejam eles econômicos, sociais ou ambientais. Novas tecnologias serão adotadas, dadas as restrições socioambientais específicas, nas situações em que forem competitivas economicamente com as alternativas existentes e os preços relativos forem favoráveis.

De modo crescente, as quantidades e os preços de produtos agropecuários do Brasil, para a exportação ou como parte da cesta básica, afetam e são afetados pelos mercados agrícolas globais (DELFIN NETTO, 2008). Mesmo no prazo multianual, o aumento na produção (MARQUES; AGUIAR, 1993) e na produtividade (LOBELL et al., 2009) agropecuária tende a ser menor do que proporcional ao incremento nos preços. Assim, a possibilidade de se aumentar a intensidade de cultivos no País, por meio da safrinha, e, em algumas regiões, até por meio de uma terceira safra, oferece interessante tamponamento à produção agropecuária (VILELA et al., 2011). Teoricamente, a maior intensidade de cultivo pode ampliar as elasticidades de oferta e de produtividade da terra.

Complementarmente, o driver político também pode ser fator importante para estimular a adoção de novas tecnologias, de maior competitividade nos mercados, e/ou mais interessantes por um prisma da sociedade. O papel que a tecnologia pode vir a desempenhar faz-se presente, também, na demanda por insumos.

Tecnologias do tipo “poupa-terra” e que promovam maior eficiência no uso de recursos devem ser estimuladas. Em duas décadas, o potencial do Brasil na produção de grãos pode ser semelhante ao observado hoje nos Estados Unidos e na China, da ordem de 400 a 500 milhões de toneladas. Com os devidos avanços tecnológicos e não tecnológicos – em adição à geração de

tecnologias para as lavouras, a intensificação da produção animal em pastejo, com conseqüente liberação de áreas de pastagens para os cultivos, ações de transferência de tecnologia e políticas públicas –, esse extraordinário patamar de produção seria observado com a manutenção de cerca de 60% do território nacional preservado (MARTHA JUNIOR, 2013).



## **Grandes desdobramentos tecnológicos nas cadeias produtivas agropecuárias**

### **Introdução**

Nas últimas décadas se consolidaram transformações estruturais e funcionais na agricultura brasileira. Essa passou a depender mais do conhecimento gerado em outras áreas e assumiu um caráter mais multifuncional. Há 40 anos, essa multifuncionalidade era restrita e concentrava-se na produção de alimentos e fibras. Hoje, além dessas importantes vertentes, adiciona-se o papel da agricultura como fonte consolidada de produção de biocombustíveis e energia, e de matérias-primas para alavancar uma nova era de desenvolvimento pautada na tecnologia de processamento e uso da biomassa/biodiversidade e na química verde. As cadeias produtivas da agropecuária brasileira emergem como potenciais provedoras de nutrição e saúde<sup>10</sup>, de serviços ambientais e de bem-estar animal.

---

<sup>10</sup> Forte viés em ações preventivas ao invés de curativas. Ademais, ampliam-se as oportunidades para explorar, por exemplo, as potencialidades das biofábricas, em que moléculas de interesse agropecuário, farmacêutico e industrial são sintetizadas em plantas.

Nesse contexto, cresce a dependência em conhecimentos, tecnologias e inovação e a importância de se ampliar as interfaces entre as ciências agrárias e as outras áreas de conhecimento. A velocidade de mudanças também se acelera. Complicando o quadro, esses sinais que cristalizam potenciais oportunidades, desafios e riscos passam a ser mais difusos, haja vista sua particularidade multirregional, multissetorial e multitemática (por exemplo, levando a pressões bióticas e abióticas, volatilidade dos mercados, anseios da sociedade).

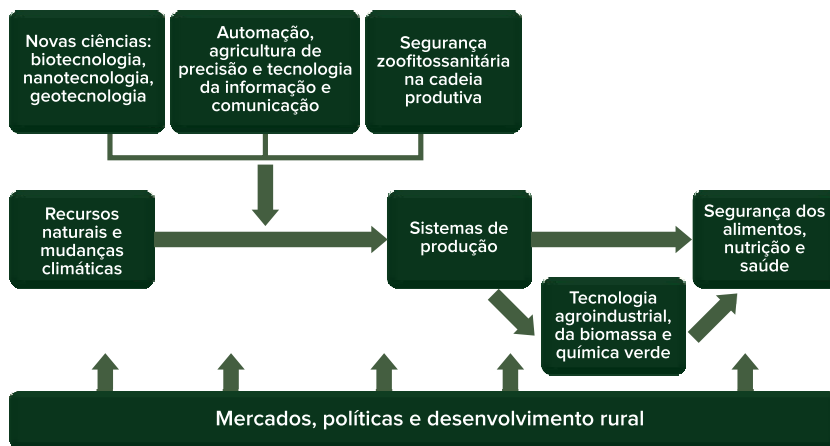
Nesse cenário, igualmente crítica será a capacidade de as organizações de pesquisa e inovação filtrarem e interpretarem adequadamente esses sinais de modo ágil, antecipando possíveis cursos de ação para a resolução de problemas do mundo real. O Brasil precisa investir mais nos processos de inteligência para a agropecuária. A consolidação de sistemas de inteligência estratégica torna-se fator indispensável em uma era de rápidas mudanças e constantes quebras de paradigmas, determinando que a tomada de decisão ocorra, também, de maneira mais ágil.

Para lidar com tal complexidade, a Embrapa estabeleceu, em 2012, seu Sistema de Inteligência Estratégica (Agropensa) e organizou seus estudos prospectivos em macrotemas orientados por uma perspectiva de cadeia produtiva<sup>11</sup> (Figura 4). Por um lado, essa lógica dos macrotemas fornece base comum para analisar os grandes desafios tecnológicos nas diferentes cadeias produtivas agropecuárias. Por outro, os macrotemas funcionam como eficien-

---

<sup>11</sup> As cadeias produtivas agropecuárias englobam os fornecedores de insumos e de bens de produção (pré-porteira), a produção agropecuária (dentro da porteira), a (agro)indústria de processamento (pós-porteira) e a distribuição de produtos e de itens produzidos com eles transporteira. Esse conceito de cadeia ainda abarca os serviços de apoio, incluindo, entre outros, a pesquisa e a assistência técnica/extensão rural em apoio à produção agropecuária e (agro)industrial, os diferentes serviços bancários, de logística, de armazenamento e de marketing.





**Figura 4.** Macrotemas-chave para pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), segundo a lógica de cadeia produtiva agropecuária.

tes filtros de sinais, dando foco à coleta, organização e análise da informação, além de conferirem mais agilidade na qualificação e posterior difusão de conhecimentos relevantes para a estratégia de PD&I da Embrapa e parceiros.

A organização dessa estrutura de análise considera a necessidade de se facilitar – e fortalecer – o ambiente para a ampliação de sinergias na Rede de Conhecimento<sup>12</sup>, com foco na geração de impactos de grande envergadura. Neste trabalho, exploram-se os potenciais desdobramentos tecnológicos para a agropecuária brasileira nas próximas duas décadas, concorde essa lógica dos macrotemas.

Essa forma de organização dos estudos prospectivos aplica-se às diferentes cadeias produtivas, sendo necessário, para

<sup>12</sup> A Rede de Conhecimento é composta pelas Unidades descentralizadas e centrais da Embrapa, pelas Unidades mistas de pesquisa e laboratórios multiusuários, pelos Labex e escritórios da Empresa no exterior, e pelos parceiros das iniciativas pública e privada.

tanto, analisar criticamente os sinais e promover os recortes apropriados. Grãos, algodão, frutas, hortaliças, pecuária e silvicultura podem ser analisados sob essa perspectiva de cadeia produtiva, nas diferentes escalas de produção e nas diferentes regiões. As cadeias produtivas devem evitar o tratamento isolado, como se ocorresse em um vazio econômico. Não é esse o mundo real e, em particular, aquele que se projeta para o futuro. Para melhor orientar as tomadas de decisão do setor produtivo, da geração e da adoção de tecnologias e eventuais políticas públicas, deve-se considerar uma dada cadeia produtiva vis-à-vis a outras alternativas econômicas em contextos territoriais característicos.

Exemplificando, a disponibilidade de recursos naturais e o clima determinam o zoneamento ecológico-econômico para as lavouras e as regiões de maior potencial produtivo para as diferentes pecuárias. Determina, também, as oportunidades para manejo florestal e as áreas para conservação e para a recuperação dos recursos. As mudanças climáticas, se amplificadas, afetarão de modo amplo e generalizado as relações nesses agroecossistemas, sinalizando para a necessidade de a pesquisa avançar a passos mais largos na direção de alternativas tecnológicas capazes de minimizar os efeitos adversos, e em alguns casos até eliminar os impactos negativos.

As novas ciências afetam as cadeias produtivas agropecuárias tanto na geração de novos produtos (biotecnologia e nanotecnologia) quanto na orientação territorial e no apoio às práticas e políticas agrícolas. Fornecem elementos para a tomada de decisão tanto do setor público como do privado. O avanço da automação e da agricultura de precisão é tendência inexorável, cujos desdobramentos tecnológicos precisam estar aderidos às diferentes realidades, como topografia, escala de produção e rastreabilidade.

As tecnologias da informação e comunicação (TIC) suportam relacionamentos profissionais e plataformas para apoiar a tomada de decisão em diferentes níveis, possibilitando o desenho de novas formas de encadeamentos produtivos na economia. As TIC, por meio de tecnologias associadas à realidade aumentada, inteligência artificial, *big data*, computação nas nuvens, hardware interativo, sistemas integrados de alto risco, entre outros, contribuirão para o sucesso e a eficiência da agropecuária do futuro.

A questão da fitossanidade e da sanidade animal é estratégica para o País, tanto para manter a eficiência produtiva, como a renda do produtor rural e a ampliação das exportações. Há necessidade de se prover respostas rápidas aos problemas de curto prazo, mas é importante avançar no melhoramento preventivo, nos planos de gestão territorial para o monitoramento, na detecção precoce, na redução de riscos e na gestão e no contingenciamento de crises, e nas medidas resultantes de ações eficientes e coordenadas entre os setores público e privado, nos diferentes níveis.

O sucesso dessa abordagem depende dos diferentes sistemas de produção, que envolvem a combinação de insumos e conhecimento, em seu sentido amplo, para se obterem produtos e resultados desejados. A adoção de um ou outro sistema de produção depende da região, do perfil e dos objetivos delineados pelo tomador de decisão. Esses sistemas apresentam forte interface com as diferentes etapas do fluxo do conhecimento, desde a identificação dos problemas, passando pela elaboração e execução da pesquisa e pela divulgação dos resultados, até a eventual adoção pelo setor produtivo. A ponta consumidora, de modo crescente, busca influenciar as práticas adotadas.

A indústria de processamento – a agroindústria de produtos mais tradicionais e a emergente indústria da biomassa e da química verde – oferece oportunidades crescentes para a agregação

de valor nas cadeias produtivas agropecuárias. Assim, valendo-se de uma gama de produtos e de suas combinações, essa indústria mostra-se como alternativa ao desenho de diferentes estratégias de desenvolvimento regional. Em última análise, o aferidor do processo é a demanda primária, aquela do consumidor, que afeta todas as demais. Com maior renda e educação, aumentam-se as exigências, não apenas quanto aos produtos, mas quanto aos processos e recursos exigidos para a produção.

De maneira envolvente a esse quadro, há o mercado, as políticas e as estratégias de desenvolvimento rural. Em economias de mercado, como a brasileira, a adoção das tecnologias depende do comportamento dos preços relativos entre insumos e produtos. As políticas podem induzir mudanças de rumos, ao ampliarem a oferta de bens públicos, ao imporem limites ao uso dos recursos e ao promoverem alterações nos equilíbrios de custos e benefícios privados e sociais. Derivam-se desses cenários as estratégias para o desenvolvimento rural, planejadas e efetivamente implementadas, cujo sucesso não depende apenas de fatores tecnológicos, mas também de outros de natureza não tecnológica, como a logística, a educação, o saneamento, entre outros.

## Macrotemas

### *Recursos naturais e mudanças climáticas*

Os ativos de capital natural não são criados pela atividade humana; contudo, sua qualidade e capacidade de gerar bens e serviços – e, portanto, seu valor como insumo produtivo para a agricultura – são afetadas pelo homem. O capital natural é a base que dá origem às outras formas de capital. Os recursos naturais, renováveis e não renováveis, e os serviços ecossistêmicos são, assim, parte da riqueza das nações (ORGANISATION

FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2011). Em última análise, eles determinam a capacidade das nações em responder aos desafios futuros para expandir a produção agropecuária e florestal de modo sustentável.

Os recursos naturais renováveis, como os solos, os recursos hídricos e as florestas, podem ser regenerados por processos naturais (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2008). Quando a taxa de extração respeita os limites de capacidade de regeneração, e boas práticas de manejo são adicionalmente utilizadas, o capital natural renovável pode fornecer um fluxo de bens e serviços por períodos muito longos de tempo. Portanto, entender a resiliência desses recursos naturais renováveis, sob diferentes alternativas de manejo, perspectivas regionais e demandas da sociedade é crucial.

O Brasil, reconhecidamente, é uma potência pela ótica dos recursos naturais renováveis. Detém 13,5% das terras aráveis do mundo (BOT et al., 2000) e 15,2% dos recursos hídricos renováveis (WORLD RESOURCE INSTITUTE, 2008). Mantém uma significativa cobertura vegetal remanescente, abrangendo área equivalente a cerca de 60% do território nacional (aproximadamente 5,3 milhões de km<sup>2</sup>) (LEVANTAMENTO..., 2013; PROJETO..., 2014). Tem, ainda, uma ampla diversidade biológica.<sup>13</sup> Por exemplo, entre as 250 mil espécies de plantas superiores, cerca de 60 mil são nativas do Brasil (LOPES, 2012).

Tal estoque de biodiversidade, obviamente, não abrange apenas plantas, mas também animais e microrganismos. Instituições de

---

<sup>13</sup> Interessante notar que a aplicação da teoria da inovação induzida (HAYAMI; RUTTAN, 1988) a uma perspectiva de legislação vigente restritiva à expansão de área, aliada à forte pressão nacional e internacional para evitar o avanço da fronteira agrícola (desmatamento zero), sinaliza para um quadro de escassez relativa de terra e de outros recursos naturais. Isso reforça a necessidade de geração e difusão de tecnologias poupa-terra e poupa-recursos naturais.

elevada qualidade no presente, com planejamento para o futuro, podem transformar os recursos da biodiversidade nativa em oportunidades (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2011). Exemplificando, considere as possibilidades de expansão do conhecimento organizado e da capacidade para se explorar o potencial tecnológico dessa rica biodiversidade brasileira, ampliando a oferta de produtos na alimentação e bioindústria e os encadeamentos produtivos associados, determinando novas formas de desenvolvimento regional nas próximas décadas. Para se observar esses desdobramentos positivos, há pela frente o desafio de coleta, caracterização e avaliação dessa biodiversidade. O potencial para se explorar a biodiversidade de microrganismos tem amplas possibilidades de avanço nas décadas à frente.

A tecnologia adequada pode ajudar não somente a evitar a degradação da qualidade do solo e dos recursos hídricos (SCARIOT, 2013), mas também a melhorar sua fertilidade e qualidade. A qualidade do solo descreve sua capacidade de exercer funções de produção biológica, qualidade do ambiente e promover a saúde das plantas e dos animais. É o vínculo mais importante entre o sistema de produção e a sustentabilidade da agricultura. Se o solo degrada, mais recursos (tempo, dinheiro, energia e insumos) serão necessários à produção agrícola, sob o risco de objetivos da sustentabilidade não serem alcançados (SANTANA; BAHIA FILHO, 1998). A tecnologia tem aportado ganhos de fertilidade e sustentabilidade aos solos brasileiros. Nas áreas com práticas adequadas de manejo, como o plantio direto, está se transmitindo para as futuras gerações terras em melhores condições do que aquelas que foram recebidas das gerações anteriores.

No caso da água, embora a quantidade total no mundo permaneça de forma mais ou menos constante em prazo muito

longo (milhões de anos; aproximadamente 1.386 milhões de km<sup>3</sup>), as quantidades estocadas de água, nos diferentes reservatórios, variam substancialmente ao longo do tempo (SHIKLOMANOV, 1998). Com o aumento da demanda por bens e serviços dependentes da utilização dos recursos hídricos, conflitos pelo uso da água devem se tornar cada vez mais frequentes em diferentes regiões do mundo. Desse modo, e considerando que a agricultura é a forma majoritária de demanda por água *vis-à-vis* a demanda dos setores urbanos e industriais (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2012), a discussão acerca da gestão dos recursos hídricos para se evitar, ou ao menos minimizar, problemas de desabastecimento é uma constante (LIMA, 2001).

### O desenvolvimento agropecuário e os recursos hídricos<sup>14</sup>

É difícil imaginar alguma atividade econômica que não dependa do uso da água. Em termos sociais, além da geração de bens e riquezas, os recursos hídricos são fundamentais para a manutenção da vida e estão totalmente relacionados com a saúde da população. Quando se analisa esse recurso sob a ótica ambiental e cultural, deve-se ressaltar que os ciclos naturais da água e de nutrientes pelas diferentes regiões e bacias hidrográficas representam o resultado de um equilíbrio alcançado de forma paulatina ao longo dos tempos.

A Lei das Águas do Brasil (Lei nº 9433/97) (BRASIL, 1997) traz diretrizes e instrumentos que buscam melhorar a gestão desse recurso no território brasileiro, entre os quais se destacam: a água como bem comum e dotado de valor econômico; a necessidade de gestão integrada do uso do território e dos recursos hídricos; a procura pelo uso múltiplo das águas; a outorga como instrumento

<sup>14</sup> Detalhes em Lima (2013).

de controle e ordenamento da demanda pelo uso da água; a cobrança como sinalizador do valor econômico dos recursos hídricos e motivador do uso responsável da água; e o enquadramento dos corpos hídricos, que define a qualidade que a água dos rios, lagos e reservatórios deve ter para atender aos usos preponderantes desse recurso nas diferentes bacias hidrográficas brasileiras. A referida lei também prega a gestão descentralizada e compartilhada dos recursos hídricos no Brasil, do que decorre a necessidade de participação de governos, usuários da água e sociedade civil organizada nas diferentes esferas de decisão relacionadas ao uso da água, sejam em comitês de bacias hidrográficas ou em conselhos estaduais, distritais ou federais de recursos hídricos.

Sendo o setor agropecuário o maior usuário do território e dos recursos hídricos do País, o que também ocorre em termos mundiais, é evidente a forte relação entre a Lei nº 9433/97 e os rumos da agricultura brasileira, principalmente no que concerne ao desenvolvimento e à gestão territorial da agricultura irrigada, em que o uso da água ocorre de forma mais intensiva.

A demanda da sociedade por informações, tecnologias e ações do setor agropecuário brasileiro em relação aos recursos hídricos aumentou consideravelmente nos últimos anos. Questões relativas à real demanda de água do setor para o desenvolvimento de suas atividades em diferentes regiões e bacias hidrográficas, à existência e à aplicação de tecnologias que aumentem a eficiência do uso da água na produção agropecuária e à existência e à aplicação de tecnologias que minimizem o risco de contaminação dos recursos hídricos por sedimentos, agroquímicos ou dejetos animais são exemplos dessa realidade. Essas informações, associadas ao conhecimento acerca da disponibilidade de recursos hídricos nas diferentes bacias hidrográficas do País, são ferramentas fundamentais para a gestão territorial do uso da água em áreas rurais e para o planejamento dos rumos da agricultura brasileira.



Com relação às florestas como recursos nativos renováveis, há necessidade de se desenvolver um novo paradigma do manejo florestal, com foco em novas possibilidades de manejo para agregar renda às comunidades que exploram esse recurso em intensidades compatíveis com sua capacidade de resiliência. Pesquisas para aprofundar o conhecimento sobre intensidades, diâmetros e ciclos de corte determinados para cada espécie (ou grupos similares) são imprescindíveis para descontinuar a adoção de normas genéricas aplicáveis para todas as espécies. O uso extrativista das florestas não se limita à exploração madeireira. Contudo, anos de estudos ecológicos e econômicos sobre o extrativismo vegetal, mesmo para substâncias medicamentosas ou de perfumaria de alto valor comercial, mostram os limites, as dificuldades e até a impossibilidade de sua exploração em níveis comerciais, como no caso do pau-rosa e do jaborandi na Amazônia, por exemplo. Há necessidade de plantios comerciais organizados para fazer frente a essa demanda (HOMMA, 2012).

Existem outras ações para a pesquisa com foco na área florestal visando à recuperação de áreas de preservação permanente (APP), áreas de reserva legal (RL) e áreas de uso restrito (AUR), atendendo a demandas estabelecidas pelo novo Código Florestal Brasileiro. Essas variam desde estudos sobre características de sementes e mudas, passando pela determinação da época e da duração dos eventos fenológicos (manejo e coleta de sementes) e das exigências de manejo quanto a insumos modernos, como a adubação, até aspectos relacionados com tecnologia de madeira e processos industriais.

No que tange aos recursos não renováveis, que incluem combustíveis fósseis e reservas minerais, estes não se regeneram a uma taxa compatível com sua taxa de extração. Portanto, a extração de recursos não renováveis é necessariamente finita (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2008).

Com foco em demandas desafiadoras para a pesquisa agropecuária, melhorar a eficiência de uso desses recursos e de insumos associados (fertilizantes, agroquímicos, combustíveis e lubrificantes) pode postergar uma situação mais crítica de escassez de recursos.

Complementarmente, engendrar esforços para descobrir e conhecer novas fontes de insumos potenciais para a agropecuária, com potencial de uso como fertilizantes, pode ampliar a competitividade e a resiliência da agropecuária brasileira frente à oscilação de rumos e volatilidade de mercados internacionais. Tecnologias capazes de atender a essa demanda nas próximas décadas, ainda que parcialmente, como bioinsumos, devem ser estimuladas e analisadas pela ótica técnico-econômica, social e ambiental. Essas potenciais tecnologias para o futuro, no entanto, não devem suprimir as necessárias ações de curto e médio prazos focadas em pesquisa e inovações (tecnologias poupa-terra), estimuladas pelo ideário da revolução verde, do tipo biológicas (melhoramento genético de plantas e animais) e químicas (fertilizantes, agroquímicos).

As mudanças climáticas são relevantes às cadeias produtivas agropecuárias nos seus diferentes elos. Cenários de maiores sensibilidades climáticas de equilíbrio<sup>15</sup>, com a elevação na temperatura acima de 3 °C, sinalizariam que a agropecuária seria sensivelmente afetada. Os impactos sobre a agropecuária brasileira seriam traduzidos em longo prazo por uma complexa dinâmica

---

<sup>15</sup> Existe um debate sobre os níveis de sensibilidade climática. Modelos de circulação global, como aqueles usados pelo IPCC, trabalham com uma abordagem *bottom-up* que simula o modo como o clima trabalha no longo prazo, sem considerar observações mais recentes, como aquelas da última década, que mostram o atingimento de um platô nos incrementos de temperatura. Modelos de balanço de energia são mais simples, trabalham com abordagem *top-down* e podem incorporar variações recentes de oscilação na temperatura, mas são incapazes de descrever as complexidades do clima. Esses modelos de balanço de energia indicam uma sensibilidade climática de equilíbrio menor, de cerca de 2° C (CLIMATE..., 2013).

espacial de redução e ampliação de áreas agricultáveis, e, em função do uso de tecnologias, de um decréscimo ou acréscimo de produtividade das culturas. Esses cenários evocam uma maior variabilidade de produção, havendo, porém, contrastes regionais importantes. O Semiárido brasileiro seria a região mais negativamente afetada (PINTO; ASSAD, 2008).

Tal perspectiva reforça que o progresso tecnológico deve avançar, no mínimo, a taxas equivalentes ao ritmo com que essas mudanças se estabelecem no ambiente de produção, de modo a evitar desdobramentos negativos ou pelo menos mantê-los em patamares aceitáveis. A Embrapa tem indicado elevada prioridade para adaptar e desenvolver produtos (como cultivares)<sup>16</sup> e práticas (conservação do solo, melhorias na fixação biológica de nitrogênio, etc.)<sup>17</sup> que auxiliem na mitigação e que apresentem elevado benefício de adaptação às mudanças climáticas.

Em adição aos impactos negativos sobre a composição, a resiliência e a produtividade de ecossistemas e agroecossistemas, certos cenários de mudanças climáticas podem levar a potenciais impactos negativos sobre as dimensões socioeconômicas, e sobre a saúde e bem-estar da população. Ainda que potenciais ganhos tecnológicos no setor agropecuário e florestal nas próximas décadas, que atenuariam esses efeitos da mudança do clima, não tenham sido adequadamente capturados nos modelos climáticos

---

<sup>16</sup> É estratégico identificar características relevantes dentro de uma estratégia de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, como tolerância ao calor e resistência à seca/elevada eficiência no uso da água. Pesquisas para a prospecção, a conservação e a caracterização de germoplasma tornam-se, portanto, importantes para uma estratégia nacional.

<sup>17</sup> Exemplo interessante nesse sentido é o contínuo desenvolvimento e aperfeiçoamento de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e de alternativas de recuperação de áreas de baixa produtividade. Práticas que possibilitem aumento na eficiência de uso de insumos, como fertilizantes, agroquímicos e combustíveis, também fazem parte dessa estratégia.

(MALETTA; MALETTA, 2011), é factível presumir algum aumento na variabilidade da produção agropecuária como inevitável.

Em particular para aqueles produtos inelásticos a preços, a maior variabilidade na oferta resultaria em volatilidade acentuada dos preços (maior risco de produção e econômico), com impactos deletérios sobre a segurança alimentar e pobreza.<sup>18</sup> Os estados mais pobres e que têm menor acesso às inovações e tecnologias seriam os mais afetados, havendo comprometimento econômico do setor agrícola e estímulo à intensificação de fluxos migratórios para as cidades.<sup>19</sup> O estudo apresentado por Margulis e Dubeux (2010), entre outros resultados, identificou que as regiões mais vulneráveis às mudanças do clima no Brasil seriam a Amazônia e o Nordeste.

O governo brasileiro, nos últimos anos, tem elaborado políticas públicas e programas de incentivos que apoiem medidas de adaptação e de mitigação às mudanças climáticas. O setor privado tem respondido a contento a esses estímulos e adotado as tecnologias para a produção agropecuária indicadas pela pesquisa. O foco em tecnologias do tipo poupa-terra é particularmente importante, pois projeta-se que a redução do desmatamento responderá por cerca de 65% do total da redução de emissão de gases de efeito estufa em relação ao cenário tendencial (BRASIL, 2011).

A Tabela 1 apresenta os potenciais desdobramentos tecnológicos que deverão ocorrer nas próximas décadas, no que tange às questões relacionadas ao macrotema Recursos naturais e mudanças climáticas.

---

<sup>18</sup> Determinados cenários de impacto das mudanças do clima podem determinar aumento da pobreza e perdas econômicas de até R\$ 3,6 trilhões nas próximas quatro décadas (MARGULIS; DUBEUX, 2010); detalhes dos impactos econômicos foram apresentados por Haddad et al. (2010).

<sup>19</sup> Tendências semelhantes, para avaliações em nível regional, também envolvendo modelos aplicados de equilíbrio geral, foram observadas por Moraes e Ferreira Filho (2010) e por Ferreira Filho e Horridge (2010).

**Tabela 1.** Desdobramentos tecnológicos para o macrotema Recursos naturais e mudanças climáticas.

Coleta, caracterização e conservação e uso de recursos naturais
Organização e disponibilização de base de dados de recursos naturais
Conhecimentos e tecnologias para uso sustentável dos recursos naturais (para a intensificação da produção, a recuperação de passivos ambientais e a diversificação dos sistemas de produção nos biomas)
Agregação de valor aos produtos da biodiversidade
Indicadores de impactos nos estoques e nos fluxos de bens e serviços dos recursos naturais
Integração de tecnologias e conhecimentos sobre recursos naturais (uso, conservação, etc.) para apoiar as estratégias e a formulação de políticas e a tomada de decisão para os setores produtivos
Uso de inteligência analítica e modelagem para o estabelecimento de sistemas de produção mais eficientes
Acesso, organização, análise e promoção do uso de dados climáticos e identificação de padrões e tendências espaço-temporais das variações climáticas e seus impactos na agropecuária
Avaliação da resiliência, da plasticidade e da adaptação dos ecossistemas nativos e dos sistemas de produção agropecuários atuais, face às incertezas climáticas presentes e futuras e de seus impactos
Avaliação de custos e benefícios privados e sociais das inovações, processos e ações propostos para mitigação, remediação e adaptação aos processos de mudança de clima, com monitoramento dos seus efeitos

### *Novas ciências: biotecnologia, nanotecnologia e geotecnologia*

A prospecção, caracterização, conservação e desenvolvimento (e/ou adaptação) de cultivares e variedades de plantas, e raças e linhagens de animais, mais produtivos e melhor adaptados aos diferentes ambientes do País, representaram importante contribuição da pesquisa nacional para a agropecuária brasileira nos

últimos 40 anos. Tais aspectos são especialmente relevantes frente aos desafios que se projetam para o futuro, seja em razão de pressões econômicas, de novos anseios da sociedade ou de desafios impostos pelas mudanças climáticas. Programas diversificados e abrangentes de pesquisa em recursos biológicos, melhoramento vegetal e animal e biotecnologia assegurarão que a agropecuária brasileira se mantenha competitiva, com autonomia para perseguir estratégias nacionais importantes e capazes de rapidamente responder aos desafios da bioeconomia do futuro.

Um amplo e dinâmico desenvolvimento da pesquisa e inovação em ciências biológicas dependerá da expansão em tecnologias emergentes, como a genômica, proteômica, metabolômica e metagenômica, as quais sistematizadas por meio da bioinformática (determinante para disponibilizar o acesso a bancos de dados) constituem o fundamento estrutural e funcional para o efetivo uso da biologia sintética para a engenharia de sistemas biológicos (RECH, 2012; RECH; ARBER, 2013; RECH; LOPES, 2012). Entre as principais rotas que a biotecnologia deverá perseguir estão o domínio de processos metabólicos de organismos (plantas, animais e microrganismos) e seu foco em materiais e substâncias de elevado valor, ampliando suas metas para usos não alimentares, por exemplo, com aplicações na química, bioquímica, medicina, enfermagem, nutrição e energia.

A moderna biotecnologia pode estabelecer novidades científicas e tecnológicas radicais. Com isso, aumentam-se as possibilidades para ganhos na produtividade de plantas e animais domésticos e redução dos danos causados por pragas, doenças e invasoras nos sistemas de produção agropecuários. Efeitos positivos são esperados na melhoria da qualidade e na composição nutricional dos produtos e na eficiência de uso dos recursos. Espera-se, também, forte protagonismo da biotecnologia na atenuação de estresses bióticos e abióticos, produtos

alimentares desenhados para atender às necessidades alimentares específicas, combustíveis líquidos produzidos diretamente a partir de gás carbônico (CO<sub>2</sub>), plásticos biodegradáveis, e de biomassa, e biossensores para monitoramento em tempo real das plantações e ambiente. Cada vez mais, os cientistas estão empenhados em intensificar a pesquisa biológica com abordagens multidisciplinares, para soluções dos mais exigentes desafios científicos e sociais, que deverão afetar profundamente o futuro, estendendo suas aplicações, de modo crescente, para o campo da indústria e saúde, com efeitos positivos na agregação de valor e monitoramento/remediação em diferentes cadeias produtivas agropecuárias (BRASILEIRO, 2013).

A sofisticada base tecnológica e a natureza mais geral da moderna biotecnologia viabilizam a criação de uma nova bioeconomia. Surgem oportunidades para se transformarem os mercados e expandirem as possibilidades em diversos campos do conhecimento, pelo desenvolvimento de novos produtos e processos. Por exemplo, processos químicos-bio-catalíticos levam ao desenvolvimento e uso de catalisadores microbianos para converter diretamente matérias-primas em vasta gama de produtos de alto valor agregado e intermediários químicos, com posterior conversão a novos produtos potencialmente inovadores (RECH, 2012; RECH; ARBER, 2013; RECH; LOPES, 2012).

Propor e dar suporte a políticas públicas que suportem o desenvolvimento e a utilização responsável para promover ambiente favorável à descoberta, prospecção, inovação e comercialização assume um caráter de elevada relevância (RECH, 2012; RECH; ARBER, 2013; RECH; LOPES, 2012). Complementarmente, devem ser fomentados estudos de cenários referentes às exigências e a possíveis caminhos institucionais para viabilizar a atuação do Brasil nos mercados globais. Incluam-se nessas discussões questões

como o patenteamento de sequências e o desenvolvimento de ferramentas biotecnológicas (BRASILEIRO, 2013).

Não menos importante, há urgência na promoção de sistemas abertos de inovação, preenchendo lacunas tecnológicas por meio da interação com parceiros nacionais e internacionais. Há, também, a necessidade de se fomentar uma ampla interação com a indústria, permitindo a rápida decodificação das descobertas básicas em novos processos e produtos (RECH, 2012; RECH; ARBER, 2013; RECH; LOPES, 2012).

Outra nova ciência com forte potencial de impactos positivos no setor agropecuário é a nanotecnologia, com inovações na escala do bilionésimo, e com a capacidade de permear diferentes áreas do conhecimento. Ela deve revolucionar o desenvolvimento de uma enormidade de produtos, processos e instrumentos relevantes. O projeto *Project on emerging nanotechnologies* (PEN), da Woodrow Wilson, nos Estados Unidos, reportou 54 produtos com conteúdo de nanotecnologia em 2005. Seguindo um vertiginoso crescimento de 89% ao ano no quinquênio seguinte, 1.317 produtos com nanotecnologia foram relacionados em 2010. Mais da metade desses produtos (56%) destinam-se à nutrição e saúde, sendo que 70% têm origem nos Estados Unidos e na Europa.

Na agropecuária, a nanotecnologia desempenhará papel decisivo nos anos futuros. Cabe destacar o papel decisivo do investimento público e de parcerias público-privadas em PD&I na geração de conhecimento e tecnologias básicas em linhas de pesquisa da nanotecnologia que são de grande importância ou representam lacunas, desafios e oportunidades para as cadeias produtivas agropecuárias (ASSIS, 2013).

Há expectativa de aumento de produtos principalmente para a indústria alimentícia, em particular nas áreas de aditivos para textura, aromas e sabor. Apesar do impacto de produtos



em alimentos, nessa área o desenvolvimento em embalagens é significativamente mais importante. Três setores são identificados nos mercados, correspondendo a novas embalagens com menor permeabilidade a vapores; embalagens sanitizantes; e embalagens com sistemas de rastreamento ou identificação visual (SCIENTIFIC..., 2008).

Nessa interface com os consumidores, embalagens ativas e inteligentes devem efetivamente contribuir para a redução de perdas quantitativas e qualitativas durante a armazenagem, o transporte e a distribuição. Tais avanços podem ser decisivos para uma substancial ampliação do alcance a mercados (doméstico e internacional) e do tempo de prateleira de frutas e hortaliças de qualidade.

Destaque-se o potencial uso da nanotecnologia em insumos, com o desenvolvimento e aplicação de nanopartículas e nanoencapsulação no auxílio à liberação controlada de fertilizantes e agroquímicos, permitindo uma absorção mais eficiente desses componentes no sistema solo-planta. Na medicina veterinária, verificam-se, também, esses potenciais benefícios da liberação controlada. Sensores avançados (nanossensores) contribuem para a melhoria do monitoramento de diferentes dimensões dos sistemas de produção. A nanotecnologia ainda contribuirá com ganhos de precisão nas medições, além, é claro, de novos processos para o desenvolvimento de máquinas e equipamentos mais eficientes, de maior acuracidade e durabilidade. Nanossensores e dispositivos eletrônicos inteligentes devem ser adotados na agricultura, pecuária e silvicultura de precisão de modo crescente.

Se por um lado a profissionalização do setor (com a expansão da agroindústria) deve facilitar a inclusão de novas tecnologias e fomentar novos desenvolvimentos (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2009), por outro há

necessidade de se avançar na área normativa e de políticas. Por exemplo, há dificuldade normativa na indústria alimentícia, o que faz com que vários produtos sejam anunciados, porém não lançados (WILKINSON, 2010). Outro desafio é que os nanomateriais vêm perdendo o status de materiais de alto valor agregado e assumem com certa rapidez comportamentos de commodities, indicando oportunidades mais limitadas para pequenos empreendedores (DALCOMUNNI, 2009).

Dentro de novas ciências está colocada também uma vertente que se dedica ao estudo das diferentes áreas e recursos naturais com potencialidade de uso nas atividades agropecuárias, a geotecnologia. As dimensões continentais do Brasil, a diversidade de biomas, ecossistemas e sistemas de produção e as potencialidades em termos de dinâmica espacial e variabilidade temporal no uso e na cobertura do solo criam um cenário complexo. Essas realidades e seus processos têm nas geotecnologias um instrumento complementar de pesquisa e desenvolvimento. Com efeito, o desenvolvimento de sistemas de monitoramento e gestão territorial com base em geotecnologias é fundamental para identificar, qualificar, quantificar e monitorar as diferentes áreas e os recursos naturais com aptidão ou restrição para a expansão e a intensificação da atividade agropecuária (BATISTELLA; BOLFE, 2012).

O Brasil apresentou substanciais progressos no desenvolvimento e uso dessas geotecnologias para a gestão territorial nas décadas passadas, consolidando experiências e resultados na temática agrária, agrícola e rural (MIRANDA et al., 2008). Em parte, tais progressos refletiram o número crescente de satélites e sensores, a maior precisão e disponibilidade de dados, a diminuição dos custos associados e o desenvolvimento do mercado, com oferta de algoritmos robustos para o processamento de imagens e tratamento de dados geoespaciais (BOLFE et al., 2012).

Tais tecnologias tornam-se ainda mais importantes para explorar possíveis futuros da expansão da produção agrícola brasileira de acordo com as possibilidades regionais. Por essa lógica, a geotecnologia desempenhará importante papel no desenho de ordenamento de uso da terra de acordo com as dinâmicas peculiaridades regionais e expectativas econômicas de ganhos de produtividade. As geotecnologias desempenharão papel complementar essencial nos agroecossistemas, pelo monitoramento da área plantada e colhida, qualidade de manejo (como falhas de plantio ou de aplicação de agroquímicos), com o auxílio de veículos aéreos não tripulados e tecnologia laser, coleta de dados para a previsão de safras, detecção de degradação ambiental das áreas agrícolas e uso potencial de áreas convertidas e com atividades agropecuárias. Além disso, as geotecnologias auxiliarão no desenho de estratégias para minimizar o impacto negativo das atividades econômicas sobre o ambiente e para propor soluções para o melhor uso potencial dos recursos naturais em diferentes horizontes temporais.

Essas três novas ciências terão forte desenvolvimento nas próximas décadas. As tecnologias desenvolvidas no âmbito das questões exploradas acima, bem como suas aplicações, terão forte impacto nas atividades agropecuárias. Potenciais desdobramentos tecnológicos para biotecnologia, nanotecnologia e geotecnologia estão colocados na Tabela 2.

### ***Automação, agricultura de precisão e tecnologias da informação e comunicação (TIC)***

As tendências demográficas apontam para o aumento relativo da população idosa e a redução da jovem (IBGE, 2011; UNITED NATIONS POPULATION DIVISION, 2013). Ademais, com a contínua migração das áreas rurais para as cidades nas próximas

**Tabela 2.** Desdobramentos tecnológicos para o macrotema Novas ciências: biotecnologia, nanotecnologia e geotecnologia.

Aplicação de novas ciências, métodos e processos na prospecção de funções e novos usos de recursos biológicos, com ênfase na geração de novos ativos de inovação
Análise integrativa da crescente base de dados da biologia avançada (em especial no campo da interação entre genes, proteína e metabolismo), fortalecendo a biologia de sistemas com foco na promoção da produtividade e da sustentabilidade nos setores agroalimentar e agroindustrial
Viabilização de plantas, animais e microrganismos como biofábricas de moléculas de interesse agropecuário, farmacêutico e industrial
Identificação, caracterização estrutural e funcional de novas moléculas para ampliação da capacidade de produção de produtos de base biológica de baixo impacto ambiental
Prospecção, identificação, desenvolvimento e aplicação de genes e funções biológicas que promovam tolerância a estresses abióticos e bióticos e eliminação de contaminantes em alimentos
Acesso, adaptação e desenvolvimento de aplicações computacionais em apoio à biologia sintética, biossimulação, bioprospecção e fabricação avançada baseada em conhecimentos de base biológica
Domínio de processos de engenharia da função gênica e de seu uso na modificação e modulação de sistemas biológicos
Prospecção de nanomateriais a partir de produtos agropecuários e florestais e de resíduos da agroindústria e domínio de sua aplicação em benefício dos setores agroalimentar e agroindustrial
Acesso, adaptação e desenvolvimento de aplicações nanotecnológicas para liberação controlada de insumos e medicamentos
Acesso, adaptação e desenvolvimento de inovações nanotecnológicas para o desenvolvimento de novos insumos, sensores, dispositivos e sistemas, incluindo a melhoria de processo de produção agropecuária, florestal, de energia e ambiental
Desenvolvimento e aplicação do sensoriamento remoto, geoprocessamento e modelos de gestão e inteligência territorial para caracterização integrada dos quadros natural, agrário, agropecuário, florestal, socioeconômico e de infraestrutura dos diversos biomas e territórios rurais
Estruturação em bases geográficas e territoriais, dos bancos de dados sobre os recursos naturais, agrícolas e socioeconômicos, ampliando as escalas e a diversidade das informações geocodificadas, para apoiar as estratégias e a formulação de políticas de fortalecimento da produtividade e da sustentabilidade da agricultura

décadas – em particular em regiões mais pobres e em desenvolvimento –, espera-se que o trabalho na agricultura se torne cada vez mais escasso.

No Brasil, o Censo Populacional do IBGE, de 2010, apontou que 86% dos quase 200 milhões de brasileiros vivem nas cidades (IBGE, 2011). As projeções de população do IBGE, para 2030, indicam que essa participação deve se elevar para mais de 90%. Ademais, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), de 2013, revelou que a educação no Brasil tem sido o principal entrave nos últimos 20 anos para uma melhora mais vigorosa no índice (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2013). A baixa escolaridade e as limitações em treinamentos técnicos restringem os trabalhadores no campo no que tange à capacidade de lidar com tecnologias mais complexas, fator que agrava a escassez de trabalho qualificado.

A esperada intensificação nos efeitos resultantes das mudanças climáticas, ao determinarem ambientes de produção menos previsíveis, demanda maior precisão e velocidade nas operações mecanizadas, irrigação inclusive. Práticas de pecuária de precisão, traduzidas, por exemplo, por melhorias nas instalações e operações de manejo dos animais, são uma importante parte do leque de boas práticas de manejo para o futuro e terão papel-chave para impulsionar os níveis e a qualidade da produção. Manter o foco na automação e agricultura de precisão, sentido amplo, permitirá aos produtores rurais manejar de modo mais adequado as variabilidades espaciais e temporais em suas propriedades e, assim, as pressões de custos, por exemplo, com relação à água, fertilizantes, sementes, energia, etc.

Desse modo, os fazendeiros brasileiros demandarão novas alternativas de mecanização, automação, robótica, instrumentação avançada, rastreabilidade, sensoriamento remoto e

geotecnologias. Formas alternativas automatizadas de manejo da irrigação, de manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas e de defensivos agrícolas deverão ser buscadas (BERNARDI; IANAMASSU, 2013).

Tecnologias de precisão aplicadas a condições específicas de manejo nas propriedades rurais devem ainda contribuir para reduzir as perdas e aumentar a eficiência global no processo de produção, adicionalmente contribuindo para a competitividade da agricultura brasileira. Há, assim, a necessidade de desenvolvimento, adaptação e validação de máquinas, equipamentos, sensores, métodos e procedimentos (práticas agrícolas), como também uma maior e melhor capacitação de prestadores de serviço e usuários (BERNARDI; IANAMASSU, 2013). Muito importante é contemplar o desenvolvimento de máquinas e equipamentos de menor escala que melhor se adequem às características das pequenas e médias propriedades.

Complementarmente, com foco no sucesso em larga escala da automação e agricultura de precisão, é prioritário buscar convergência de tecnologias como instrumentação, sistema de informação geográfica (incluindo a geoestatística), sensoriamento remoto, tecnologia da imagem e da informação, robótica e automação, tratamento massivo de informação e sistema de gestão das culturas (BERNARDI; IANAMASSU, 2013). Inovações no campo das TIC, de modo importante, se consolidam como práticas comuns para a agropecuária do futuro. Ferramentas e processos associados viabilizarão o uso mais inteligente da base de recursos naturais, assegurando mais produtividade, eficiência e sustentabilidade aos sistemas de produção.

As TIC têm contribuído, há décadas, para as diversas áreas de conhecimento, permitindo o armazenamento e processamento de grandes volumes de dados, a automatização de processos e

o intercâmbio de informações e de conhecimento (MASSRUHA, 2013). Com foco no futuro, as TIC terão amplo efeito transversal aos demais macrotemas, o que confere grande potencial para agregar valor e benefício às cadeias produtivas agropecuárias.

Na investigação científica, as TIC permitirão construir e simular modelos de fenômenos complexos, por exemplo, relacionados às mudanças climáticas e pressões bióticas e abióticas, que não poderiam ser replicados em laboratórios. Conferem, também, grande flexibilidade à modelagem econômica e às análises logísticas (otimização de armazenamento, distribuição de produtos, modais de transporte, etc.).

A transferência de tecnologia e os serviços de extensão rural, cruciais para a adoção de sistemas de produção modernos e mais sustentáveis, de modo crescente dependerão dos avanços em TIC. A sofisticação das redes de comunicação e de armazenagem de dados e a possibilidade de transmissão de grandes volumes de informações abrem boas perspectivas para novas formas de integração entre a sociedade e os atores e agentes das cadeias agropecuárias, que precisam estar adequadamente informados, treinados e inseridos para assegurar competitividade e sustentabilidade ao negócio.

As tecnologias da informação e comunicação têm potencial para aumentar a eficiência de produção e de comércio, com custos de transação e financeiros decrescentes. A maior capacidade para coletar, processar e analisar diferentes comportamentos e preferências do consumidor abre portas para modelos inovadores de gestão.

As TIC, portanto, abrem possibilidades gigantescas para inovações nos processos mercadológicos e nas relações com os consumidores de produtos das cadeias produtivas agropecuárias, viabilizando a customização e especialização de produtos e uma relação mais próxima em nível de indivíduo. Muito do valor

adicionado aos produtos agropecuários no futuro, direta ou indiretamente, terão relação com as TIC. Aliando a conectividade dos equipamentos aos recursos da internet com sensores, cada produto vegetal ou animal pode ser identificado e caracterizado; vislumbram-se aplicações não só de controle de estoque e distribuição controlada de produtos, mas sobretudo aquelas relacionadas às funções biológicas do organismo (cor, dor, textura, crescimento, entre outras). Além disso, será possível acompanhar os produtos nas diversas etapas de distribuição e, no caso de algum tipo de contaminação, eles poderão ser rastreados para verificar sua origem, contribuindo dessa forma para a segurança dos alimentos, nutrição e saúde.

Ressalte-se, também, a emergência de plataformas sociais, tornando os softwares mais colaborativos e inteligentes. Tais ferramentas suportarão relacionamentos profissionais, interpessoais e transacionais em um mesmo lugar como se fosse uma rede social misturada gerando novos modelos de produção e financiamento para as empresas, como, por exemplo, *crowdsourcing* e *crowdfunding*. A mobilidade e a consolidação da computação em nuvem, bem como os avanços esperados em sistemas cognitivos (computadores com capacidades sensoriais), serão importantes pilares para a inovação das empresas (MASSRUHA, 2013).

No conjunto, a automação, agricultura de precisão e TIC, aliadas às possibilidades das novas ciências, são estratégias a serem perseguidas para melhor manejar a escassez de trabalho no meio rural e a pressão de custos e salários, com contribuição positiva sobre o crescimento da produtividade do trabalho e bem-estar da sociedade. Além disso, tais ações geram forte potencial de encadeamentos produtivos na economia, eventualmente estabelecendo oportunidades para a criação de emprego e renda em diferentes cadeias produtivas agropecuárias (Tabela 3).



**Tabela 3.** Desdobramentos tecnológicos para o macrotema Automação, agricultura de precisão e tecnologias da informação e comunicação (TIC).

Ampliação de alternativas tecnológicas para cultivos protegidos e automatizados, com foco em regularidade de fornecimento de alimentos e ampliação de alternativas para a agricultura periurbana e urbana
Fortalecimento do fluxo de inovações para automação e controle de processos agroindustriais para diferentes escalas e graus de sofisticação da indústria de transformação e agregação de valor
Desenvolvimento de máquinas, equipamentos e processos de automação para empreendimentos de pequena escala, com especial ênfase em aumento de eficiência no uso de mão de obra, energia, água e insumos
Definição e validação de protocolos para adoção e uso da agricultura de precisão: identificação da variabilidade, análise e interpretação, tomada de decisão e aplicação prática em cadeias de valor econômico e social (agricultura, pecuária e floresta)
Acesso, adaptação e desenvolvimento de inovações que ampliem a oferta de máquinas, equipamentos, controladores, atuadores e sensores em sistemas agrícolas, florestais e pecuários
Acesso, adaptação e desenvolvimento de inovações que ampliem a oferta de métodos e sistemas para auxílio aos processos de aplicação de insumos em taxa variada e em tempo real
Acesso, adaptação e desenvolvimento de inovações que viabilizem a aplicação dos conceitos e soluções da agricultura de precisão para intensificação da produção sustentável, priorizando sistemas integrados (agricultura, pecuária e florestas)
Acesso, adaptação e desenvolvimento de inovações baseadas na Tecnologia da Informação (TI) para desenvolvimento de sistemas mais amigáveis de automação, mecanização e agricultura de precisão
Desenvolvimento de sistemas de informação e de apoio à tomada de decisão, para planejamento, monitoramento e predição de riscos na produção agrícola, pecuária e florestal
Desenvolvimento de sistemas de rastreabilidade e de certificação de produtos
Modelagem, simulação e otimização de sistemas complexos em especial no âmbito da intensificação sustentável
Acesso, adaptação e desenvolvimento de inovações para gestão da informação e do conhecimento (redes colaborativas, ontologias, web social, web semântica, linguagem natural, transmídias e segurança da informação)

Continua...

**Tabela 3.** Continuação.

Acesso, adaptação e desenvolvimento de inovações para gestão de grandes volumes de dados, processamento, armazenamento de alto desempenho e segurança da informação (dados experimentais, dados de fenotipagem, recursos naturais, georreferenciados, multimídia, econômicos e sociais; Big Data analytics, computação em nuvem)
Adaptação, desenvolvimento e validação de plataformas integradas para suporte à decisão, com ênfase em sistemas baseados em conhecimento, lógica nebulosa, redes neurais, algoritmos genéticos, mineração de dados e textos; reconhecimento de padrões, reconhecimento e síntese de voz; convergência com a ciência cognitiva, realidade aumentada, dentre outros
Utilização de técnicas de processamento de imagens e visão computacional (detecção de doença por análise foliar, automação de plataforma de fenotipagem, análise de tempo real de imagens adquiridas por veículos autônomos)
Adaptação, desenvolvimento e validação de inovações que dinamizem a organização de bases de dados complexas e a qualificação de informações que alimentem os processos de PD&I e transferência de tecnologias
Adaptação, desenvolvimento e utilização de dispositivos móveis, aplicativos e serviços para informação, apoio ao diagnóstico e à tomada de decisão de diferentes públicos

### Tecnologias convergentes<sup>20</sup>

Neste início do século 21, um esforço concentrado para unificar o impacto de quatro temas de fronteiras, quais sejam nanotecnologia, biotecnologia, tecnologia da informação e ciência cognitiva (NBIC), deverá ser empreendido e impactará decisivamente o desenvolvimento da humanidade (ROCCO; BAINBRIDGE, 2002). O termo tecnologias convergentes refere-se à combinação sinérgica dos quatro campos principais dos NBIC, os quais atualmente se encontram em rápido desenvolvimento: a) nanociência e nanotecnologia, b) biotecnologia e biomedicina, incluindo engenharia genética, c) tecnologia da informação, incluindo computação avançada e

<sup>20</sup> MARTIN NETO, L. **Tecnologias convergentes**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. No prelo. Relatório Interno, Sistema Embrapa de Inteligência Estratégica.

comunicações, e d) ciência cognitiva, incluindo neurociência cognitiva. A expectativa é de alterações relevantes em várias áreas da atuação humana, como comércio, indústria, saúde, agricultura, meio ambiente e outras.

Para agricultura, são vários os desafios e as expectativas de diferentes tipos de impactos com os NBIC. Dentro da porteira, sensores inteligentes, eletrônica embarcada, máquinas e equipamentos automatizados, várias novas ferramentas com interface em TI estão trazendo uma revolução nos campos. Vale destacar a chamada agricultura de precisão, a qual permite manejar solos e culturas levando em conta as variabilidades espaciais e temporais de solos e impactos de clima e pragas nas culturas, obter mapas de colheitas georreferenciados, entre outros avanços de impacto (BERNARDI; IANAMASSU, 2013). O uso intensivo de ferramentas avançadas propiciará automação de processos, minimizando os impactos da disponibilidade de mão de obra no campo, simultaneamente permitindo um manejo com maior qualidade e precisão.

Nas atividades fora da porteira, abrem-se oportunidades inéditas para novas formulações de insumos e defensivos agrícolas, inclusive na forma de nanopartículas, buscando maior eficiência e menor impacto ambiental. Note-se que isso poderá levar à criação de uma nova indústria de insumos, beneficiando a competitividade do setor. Uma agenda integrada de CT&I e de empreendimentos privados poderia gerar uma nova e competitiva rede de atividades e negócios com grande agregação de valor associadas às cadeias produtivas agropecuárias. A agenda específica da nanociência conta com um amplo espectro de oportunidades que estão impactando a sociedade de modo geral, e os impactos sobre a agricultura seguirão tendências semelhantes. Exemplificando, algumas das tecnologias com potencial de gerar amplos impactos positivos são: produção de nanofibras, com propriedades especiais; nanoformulações com aplicações inéditas na medicina veterinária; desenvolvimento de

novos sensores e dispositivos para análises de alimentos e bebidas, entre muitas outras possibilidades.

Os avanços da biotecnologia, os quais já impactaram decisivamente o mercado de sementes transgênicas, com elevada adoção nas principais commodities, produzirão novas funcionalidades, além de resistência a agroquímicos e pragas, mas também tolerância a fatores abióticos, como seca, inserção de fatores nutricionais de interesse, entre outros. No campo animal, as possibilidades de uso das ferramentas da biotecnologia são inúmeras, mas ainda em grande medida represadas por fatores éticos, de aceitação e ausência de regulação nos mercados, mas possuem potencial para mudanças disruptivas no setor. No campo da ciência cognitiva, o conhecimento gerado sobre funcionamento do cérebro humano e possibilidades de uso, aliado às inúmeras possibilidades de TI para estabelecimentos de redes sociais, está influenciando decisivamente os costumes e decisões dos seres humanos com clara conexão com a atuação na agropecuária, seus aspectos positivos e desafios de sustentabilidade.

A biotecnologia e as possibilidades de novas conexões com nanotecnologia, bioinformática, ciências cognitivas e outros mantêm-se também como fator relevante para gerar nova revolução nas atividades e nos impactos relacionados às atividades da agropecuária. Os avanços da nanobiotecnologia, bioinformática, biologia sintética abrem novas frentes em que as cadeias produtivas agropecuárias estarão produzindo muito mais que alimentos, fibras e energia renovável, mas também medicamentos e novos materiais de largo interesse e valor agregado.

E os avanços da ciência, aparentemente, não mostraram seus limites. Observe-se o potencial impacto que se desdobra com a tecnologia de impressão 3-D, entre outros, na produção de insumos, ferramentas e, como anunciado recentemente, alimentos.

## *Segurança zoofitossanitária das cadeias produtivas*

Diversas macrotendências e variáveis diretrizes moldam a temática fitossanitária para os próximos anos, sendo algumas consolidadas e outras decorrentes da dinâmica recente do agronegócio. Três fundamentos atuam sobre a sanidade vegetal: a produtividade, a severidade da incidência de pragas e a efetividade de implementação de medidas fitossanitárias.

O incremento da produtividade depende da ampliação contínua do potencial genético e da neutralização dos estresses, inclusive aqueles bióticos causados por pragas. A severidade das pragas segue um modelo exponencial em função da simplicidade (ou complexidade) do agroecossistema. Sistemas mais simples tendem a apresentar maior severidade do problema. Medidas fitossanitárias auxiliam a controlar ou minimizar os danos causados pelas diferentes formas de pressão biótica. Porém, devem ser analisadas quanto às dimensões econômica, ambiental e social (GAZZONI, 2013).

As incidências de pragas, doenças e de plantas daninhas impõem perdas diretas de produção, com forte pressão de custos em razão da prevenção e do tratamento. Lopes (2013) apontou que o custo da não utilização do manejo integrado de pragas no Brasil, necessário para um melhor equacionamento dessas questões zoofitossanitárias, pode atingir R\$ 40 bilhões.

Um dos desafios críticos para a agricultura brasileira é o movimento de espécies com potencial de causar efeitos negativos de uma região para outra, como resultado do comércio, da crescente mobilidade de pessoas e do turismo. A globalização de pestes implica na mobilização de organismos de uma região para outras, com aumentos significativos de riscos econômicos, ambientais e, eventualmente, sociais. Obviamente, tais considerações aplicam-se, também, à sanidade animal.

Frente a tal realidade, tem-se observado a intensificação no controle de prática e trânsito de produtos, e, em determinadas situações,

esses fatos servem de justificativa para medidas protecionistas no comércio internacional. À medida que o Brasil avança como uma das superpotências agrícolas no mundo, barreiras técnicas podem ter impactos particularmente severos sobre as exportações nacionais com consequências indesejáveis nos preços de equilíbrio no mercado doméstico. Portanto, um elemento-chave para alcançar e manter a competitividade em novos mercados é o desenvolvimento de padrões sanitários, de acordo com padrões aceitos na arena internacional.

Avançar nessas vertentes implica investir fortemente na tríade de inovação tecnológica-transferência de tecnologia-treinamento. Ademais, é urgente ampliar as possibilidades e parcerias do País em mecanismos de inteligência zoofitossanitária, para acompanhamento, em tempo real, da alteração do status sanitário nas diferentes regiões do globo, posta a probabilidade sempre presente de introdução de novas pragas e doenças, tanto as tradicionais quanto as emergentes ou novas.<sup>21</sup> Esse segmento, que inclui o apoio à análise de risco, a inspeção de ingresso, as barreiras quarentenárias e a detecção precoce, constitui uma larga avenida de atuação (GAZZONI, 2013).

Foco adicional relativo à questão das pragas é o controle biológico, definido como o “o uso de organismos vivos para suprimir a população de uma praga específica, tornando-a menos abundante ou menos danosa” (PONTES et al., 2013). Constitui uma importante estratégia para reduzir o consumo de agroquímicos no País. O consumo anual de agroquímicos no Brasil tem sido superior a 300 mil toneladas de produtos comerciais, o que corresponde a cerca de

---

<sup>21</sup> Alston et al. (1998) mostraram que nem toda a pesquisa aplicada visa elevar a produtividade para patamares maiores que os atuais. No caso dos Estados Unidos, os autores indicaram que investimentos significativos, em particular na segurança zoofitossanitária, são necessários para manter os patamares correntes de produtividade. Naquele país, cerca de 50% dos gastos de pesquisa são devotados à manutenção de ganhos passados da pesquisa. No Brasil, tal tendência deve ganhar envergadura de modo acelerado.

130 mil toneladas de ingrediente-ativo (AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA, 2013).<sup>22</sup> Boas práticas de produção são necessárias para evitar problemas à saúde dos consumidores e dos agricultores e impactos negativos ao meio ambiente.

O mercado de produtos de controle biológico, em grande parte representado por pequenas e médias empresas especializadas, foi de aproximadamente US\$ 70 milhões em 2010, equivalente a 2% da venda do mercado de agrotóxicos sintéticos. Estima-se que a área tratada com agentes de controle biológico no Brasil seja ligeiramente inferior a 8 milhões de hectares por ano. Embora elevada em termos absolutos, essa participação percentual é tímida nas culturas para as quais há alternativas biológicas disponíveis (PONTES et al., 2013).

Avanços consistentes nesse segmento tecnológico passam por um amplo esforço de transferência de tecnologia e comunicação, quebrando paradigmas quanto à utilização do controle biológico. Muito importante, também, é proporcionar agilidade para a exploração dos agentes de controle biológico, em desenvolvimento ou na forma do potencial de suas coleções, no âmbito da pesquisa. Ganhos de eficiência nos trâmites legais e burocráticos são chaves nesse contexto (PONTES et al., 2013).

Ponto também importante é a questão das zoonoses. Relatório recente sobre ameaça de epidemias emergentes (UNITED STATES AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT, 2014) indicou que mais de 75% das doenças humanas emergentes do último século foram de origem animal, ou zoonoses. Esse relatório ainda apontou a região Amazônica como um dos principais locais onde novas doenças emergiram no passado, salientando a região como um dos

---

<sup>22</sup> O consumo médio de agroquímicos entre 2005 e 2011 passou de pouco mais de 7 kg ha<sup>-1</sup> para 10,1 kg ha<sup>-1</sup>, representando um aumento de 43,2%. O maior crescimento das vendas ocorreu com fungicidas. Entre 2006 e 2011, o uso anual desses produtos na agricultura brasileira passou de 56 mil para 174 mil toneladas (PONTES et al., 2013).

futuros *hot spots* potenciais de zoonoses. Portanto, doenças ou zoonoses emergentes ou reemergentes devem ser consideradas prioridades estratégicas na pesquisa em saúde animal no Brasil.

De fato, por uma perspectiva do consumidor, a segurança dos alimentos está recebendo crescente atenção, bem como o risco associado ao potencial zoonótico. Estratégias para minimizar tais pressões bióticas incluem investimentos pesados em infraestrutura para apoiar ações de monitoramento e controle em defesa sanitária e em treinamento apropriado. Ações abrangentes de monitoramento e um olhar atento a novas oportunidades tecnológicas são obviamente relevantes. Nesse sentido, temas portadores de futuro incluem a prevenção e o controle massivo de doenças, alternativas de controle e prevenção biológicos (controle biológico, fitoterápicos, microrganismos alternativos, entre outros), tecnologias de engenharia genética avançada, como vacinas marcadoras, DNA mutantes, biologia sintética aplicada, diagnóstico por sensores físico-químicos e biossensores.

Estratégias que enfatizem a inovação tecnológica são essenciais para validar e atender às variadas demandas de países importadores e para alinhar os sistemas de produção às normas internacionalmente consolidadas. Em última análise, trata-se de oportunidades na prospecção de ativos da biodiversidade com foco em agentes fitoterápicos, a identificação e caracterização de agentes de doenças de animais aquáticos e do patrimônio microbiológico (e seus riscos no caso de disseminação), e modelos inovadores de gestão de contaminantes microbiológicos e de estratégias de prevenção e controle regionalizados (ZANELLA, 2013).

O futuro da segurança zoofitossanitária das cadeias produtivas aponta desdobramentos tecnológicos de forte potencial. Na Tabela 4, são apresentados os de maior destaque. Esses, em boa medida, estarão alinhados com os desdobramentos elencados no macrotema Novas ciências.



**Tabela 4.** Desdobramentos tecnológicos para o macrotema Segurança zoofitossanitária das cadeias produtivas.

Fortalecimento de plataformas integradas (em sintonia com a Secretaria de Defesa Agropecuária/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – SDA/Mapa) para monitoração do status de pragas e doenças de importância econômica para o Brasil, no país e no exterior
Avaliação sistemática do impacto das mudanças climáticas e de alterações nos sistemas de produção, sobre a biologia, ecologia, hábitos, frequência, abundância e hospedeiros de pragas e doenças
Desenvolvimento, aprimoramento e promoção do acesso a sistemas de manejo de pragas
Ampliação de programas de melhoramento genético preventivo, antecipando busca de variabilidade genética para controle de pragas quarentenárias que possam adentrar o território nacional no futuro
Desenvolvimento de métodos, técnicas e equipamentos de aplicação de defensivos com alta eficiência e baixo impacto adverso
Desenvolvimento de métodos alternativos de controle de pragas
Desenvolvimento e aprimoramento de sistemas de inteligência quarentenária para o fortalecimento do aparato de defesa zoofitossanitária do País
Ampliação dos estudos epidemiológicos e implementação de sistemas de monitoramento e alerta de pragas e doenças
Desenvolvimento de tecnologias disruptivas de controle biológico e processos de criação massal e disseminação de agentes de controle biológico
Desenvolvimento de métodos de avaliação de impacto ambiental na liberação de agentes de controle biológico
Adaptação, desenvolvimento e validação de inovações da biologia avançada (genômica, proteômica, metagenômica, metabolômica), da nanotecnologia e das TIC para diagnóstico, prevenção e controle de riscos zoofitossanitários
Desenvolvimento de tecnologias para a redução/eliminação de riscos sanitários na produção e no processamento dos produtos oriundos da agricultura familiar, comunidades tradicionais e indígenas
Fortalecimento das ações de transferência de tecnologia, comunicação e capacitação para garantir a saúde animal e a segurança do consumidor

Continua...

**Tabela 4.** Continuação.

Adaptação, desenvolvimento e validação de inovações tecnológicas aplicadas à biossegurança das cadeias produtivas animais e vegetais
Adaptação, desenvolvimento e validação de inovações tecnológicas aplicadas à detecção, controle e/ou prevenção de doenças emergentes, reemergentes, zoonoses e patógenos transmissíveis por alimentos
Intensificação de programas de cooperação internacional voltados para o fortalecimento de serviços de defesa sanitária animal fronteiriços e de sistemas para monitoramento de riscos em âmbito nacional e internacional
Adaptação, desenvolvimento e validação de inovações tecnológicas aplicadas à análise, detecção e eliminação de resíduos contaminantes de alimentos
Intensificação do desenvolvimento de insumos biológicos (DNA, imunógenos, genes, entre outros) aplicados e alternativos ao diagnóstico, prevenção e controle massivo de patógenos
Intensificação do desenvolvimento de ações e inovações para ampliação do bem-estar na produção animal

### *Sistemas de produção*

A agricultura brasileira experimentou um tremendo sucesso nas décadas passadas. Boa parte desse desempenho pode ser explicada pela adoção das tecnologias da Revolução Verde e de automação pelos produtores de vanguarda, possibilitando a modernização dos diferentes sistemas de produção adotados na agropecuária brasileira. Entretanto, Alves et al. (2012) mostraram, com base nos dados do último Censo Agropecuário, que cerca de 27 mil propriedades, em um universo de 4,8 milhões, responderam por cerca de metade da receita gerada pelo setor. Estratégias para ampliar a adoção dessas tecnologias para milhares de fazendas é um substantivo desafio para o serviço de extensão rural, público e privado, do Brasil. O sucesso dessa iniciativa tem

potencial para transformar de modo profundo e estrutural as áreas rurais do País.

Apesar das tecnologias geradas ao longo das últimas décadas, é imperativo a incorporação de novos desenvolvimentos da pesquisa à medida que eles se tornam disponíveis para serem transferidos. Ações nesse sentido são essenciais para assegurar a competitividade da agropecuária nacional nos anos futuros.

As ações da pesquisa e inovação, para os grandes motores da agricultura brasileira (grãos, algodão, frutas, hortaliças, pecuária, silvicultura), têm identificadas e traçadas suas prioridades, cristalizadas nas agendas das organizações de pesquisa e inovação. No caso da Embrapa, por exemplo, diversos programas de pesquisa focalizam as relações entre as interfaces solo-planta e solo-planta-animal, aplicáveis às diferentes cadeias produtivas e em diferentes regiões. Tais ações, obviamente, são parte dos estudos prospectivos focalizados por esse macrotema, Sistemas de produção. A seguir, apresentam-se de forma agregada potenciais desdobramentos tecnológicos, tomando como base os portfólios já estabelecidos no âmbito da Embrapa, que se somam às prioridades de pesquisa e inovação da empresa em grãos, algodão, frutas, hortaliças, pecuária e silvicultura.

A agropecuária brasileira é bastante diversa quanto às suas características de clima, solo e vegetação. Portanto, nada mais natural que haja, também, pluralidade nos sistemas de produção. Oportunidades surgem para as mais variadas condições. Sistemas de produção de base ecológica podem ser interessantes para determinados nichos de produção, trazendo possíveis encadeamentos positivos nas cadeias produtivas agropecuárias associadas. Em outro extremo, há os sistemas com uso mais elevado de insumos e aqueles que operam com maior complexidade, como os sistemas mistos. Estes operam desde situações com

quantidades mínimas de insumos até aqueles com níveis maiores de fertilizantes e agroquímicos.

A maior complexidade do sistema agrega desafios que precisam ser trabalhados pela pesquisa. Nos sistemas mistos com baixo uso de insumos, estratégias inovadoras para se trabalhar com interações ecológicas entre os diversos componentes do agroecossistema, em diferentes contextos regionais (pressões bióticas e abióticas), e a construção e validação de métodos para a análise integrada são fundamentais.

Com maior nível de uso de insumos há os sistemas integrados de lavoura e pecuária, podendo, além disso, contemplar a inclusão do componente florestal. Esses sistemas têm se mostrado como alternativa interessante para a recuperação de pastagens de baixa produtividade, a rotação de culturas e a diversificação da matriz produtiva. Para retornos econômicos compatíveis com a realidade imposta pelos mercados, devem operar com patamares elevados de produtividade, inclusive para proporcionar a estabilidade dos componentes do sistema ao longo do desenvolvimento das culturas.

Esses sistemas mistos têm apresentado uma série de benefícios, como a melhor convivência com insetos-praga, doenças e plantas daninhas, a melhora na qualidade e na conservação do solo e da água, a melhoria na eficiência do uso e na ciclagem de nutrientes e a redução no risco de produção, pela diversificação das atividades na fazenda (KLUCTHCOUSKI et al., 2003; MACEDO, 2009; VILELA et al., 2011).

As decisões de manejo com foco na diversificação (sistemas mistos) vis-à-vis sistemas especializados de produção respondem fortemente aos preços relativos. Ademais, a tomada de decisão em fazendas multiprodutos é mais complexa do que nas propriedades com maior grau de especialização. Nesse contexto,

se na percepção dos fazendeiros essa maior complexidade de sistemas mistos for traduzida em perdas potenciais nos ganhos (menor efeito de economia de escopo e mínimo efeito sobre a redução do risco pela diversificação, em razão de problemas na implantação e manejo desses sistemas), os fazendeiros podem optar por sistemas mais especializados (MARTHA JUNIOR et al., 2011).

A maior adoção desses sistemas deve considerar dois pontos-chaves: a) a acurada mensuração das interações entre os componentes lavouras e animal (pastagem), para permitir tomadas de decisão melhores e menos sujeitas a vieses; b) amplo esforço coordenado para o treinamento de um eficiente sistema de transferência da tecnologia, para orientar os fazendeiros sobre as melhores formas de condução desses sistemas e, eventualmente, para minimizar percepções de risco pouco fundamentadas (MARTHA JUNIOR et al., 2011).

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) é um processo realizado por alguns grupos de microrganismos que apresentam a enzima nitrogenase funcional e que são capazes de transformar dinitrogênio em amônia. Esta será posteriormente utilizada como fonte de nitrogênio (N) para a nutrição das plantas. No Brasil, o caso de maior êxito da contribuição da FBN é representado pela cultura da soja. Com a seleção de variedades de soja que não exigem fertilizantes nitrogenados (DOBEREINER, 1997), produtividades de até  $6 \text{ t ha}^{-1}$ , apenas com fixação biológica de nitrogênio e adubação balanceada com outros nutrientes, já foram registradas. Na prática, a economia de fertilizantes nitrogenados possibilitada pela tecnologia, apenas na cultura da soja, economiza cerca de US\$ 5 bilhões ao ano para a agricultura brasileira.

Além da contribuição direta da FBN, os microrganismos também podem proporcionar maior eficiência do uso do

N-fertilizante, por exemplo, pela promoção de crescimento de raízes. A introdução de leguminosas, como adubos verdes em rotações, sucessões ou consórcios de culturas, além de proporcionar aumento na produtividade das culturas e pastagens, resulta, potencialmente, em maiores quantidades de resíduos que retornam ao solo e, assim, em maiores quantidades de carbono sequestrado.

No caso de não leguminosas, há evidências de que é possível obter até 50 kg de N por hectare por ano por meio da FBN em pastagens de gramíneas tropicais (*Brachiaria* spp. e *Panicum maximum*), mas ainda é necessário avaliar tais contribuições em situações de pastejo (BODDEY et al., 1997). Resultados positivos e promissores para a FBN em plantas como o arroz (BALDANI; BALDANI, 2005) e a cana-de-açúcar (DOBEREINER; BALDANI, 2000) têm sido observados.

O setor agrícola será de modo crescente pressionado para aumentar a eficiência de uso de fertilizantes e agroquímicos nos sistemas de produção. Isso significa que é necessário produzir mais, com um dado nível de insumo, ou produzir a mesma quantidade, com um menor nível de uso de insumo. A tecnologia desempenhará papel cada vez mais relevante, tanto para aumentar a eficiência no uso desses insumos, como para desenvolver alternativas que substituam eficientemente insumos à base de recursos não renováveis. Embora parte das respostas tenha origem no aumento da eficiência de uso de insumos no sistema, ganhos substanciais podem ser adicionalmente obtidos quando sistemas alternativos àqueles em uso na propriedade são considerados no leque de possibilidades.

Outras estratégias relacionadas ao uso de fertilizantes podem ser efetivas para a ampliação do suprimento de nutrientes às culturas. Destaquem-se a implementação de boas práticas de manejo

do sistema produtivo e de uso correto de fertilizantes, a identificação de fontes alternativas de nutrientes (minerais e orgânicas) e o desenvolvimento de novas tecnologias para a produção de fertilizantes de maior eficiência ou de menor custo de produção. O uso de resíduos orgânicos e o enriquecimento em substâncias bioativas derivadas desses resíduos mostram interessante potencial (BENITES, 2013).

Como desdobramentos dessas necessidades de maior eficiência no manejo do solo, trabalhos recentes de pesquisa sobre aplicações da nanotecnologia em nutrição vegetal vêm surgindo, principalmente nas áreas de produção de sistemas de liberação controlada, como nanocápsulas para proteção de princípios ativos como nutrientes, moléculas ativas, entre outros (CORRADINI et al., 2010); nanocompósitos carregados com nutrientes (BORTOLIN et al., 2013) e materiais nanonizados, em que o pequeno tamanho de partícula pode potencializar a solubilidade do material (OLIVEIRA, 2013).

Essas novas tecnologias têm grande potencial para aumentar a eficiência da aplicação de moléculas fertilizantes e de habilitar outros produtos ainda em estudo – como materiais óxidos, sólidos inorgânicos e, eventualmente, agrominerais. O uso de microrganismos na produção de fertilizantes e o desenvolvimento de fertilizantes que contenham microrganismos na sua formulação é outro importante avanço tecnológico.

A irrigação nos sistemas de produção agrícolas é também questão fundamental. O Brasil detém cerca de 15% dos recursos hídricos renováveis do mundo (WORLD RESOURCE INSTITUTE, 2008). Apesar dessa vantagem comparativa, menos de 10% da área ocupada pelas lavouras e menos de 20% da área irrigável potencial, de aproximadamente 30 milhões de hectares, estão

sob irrigação no País (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2012).<sup>23</sup> A análise dos dados do último Censo Agropecuário do IBGE, de 2006, revela que a área irrigada concentra-se em estabelecimentos de médio e grande porte, sendo menos de 20% da área irrigada observada em estabelecimentos com menos de 15 ha. Agrava o cenário de baixo uso de irrigação, entre outros fatores: a baixa capacidade do agricultor em gerenciar sistemas de produção irrigados (em boa parte um reflexo de quase metade não receber orientação técnica regular) e a competição pelo uso da água entre as diferentes demandas rurais e urbanas. Outro fator é a oferta de energia e o seu custo (tarifa de energia elétrica) (PENSA, 2010).

Deve-se observar que a área sob irrigação tem aumentado de modo vigoroso no País a partir de meados da década de 1990, e, nas próximas décadas, a área irrigada deve crescer por uma série de razões. As mudanças climáticas aumentam o risco de secas e as incertezas com relação à produtividade agrícola, pressionando os fazendeiros a adotarem tecnologias que promovam maior controle sobre as incertezas climáticas, como a irrigação. Um grande desafio a ser perseguido é o aumento na eficiência de uso da água na agricultura, com redução das perdas e com a geração de impactos negativos mínimos sobre o ambiente (comprometimento de aquíferos, salinização e outros processos que restringem o uso mais eficiente dos recursos).

Diversas tecnologias, desde variedades/cultivares mais eficientes no uso da água a sistemas de irrigação mais eficientes

---

<sup>23</sup> Com base em dados atualizados para 2010, a maior vazão de retirada no Brasil é para fins de irrigação ( $1.270 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ), o que corresponde a 54% do total, seguido do uso para fins de abastecimento humano urbano ( $522 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ). Com relação à vazão efetivamente consumida, que representa 51% da vazão de retirada, 72% correspondem à demanda de irrigação, seguida de dessedentação animal (11%), abastecimento urbano (9%), abastecimento industrial (7%) e abastecimento rural (1%) (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2012).



(irrigação de precisão), serão desenvolvidos e adotados de modo crescente. Tais produtos e processos são necessários para ampliar a produção agropecuária com menor pressão sobre os recursos hídricos, liberando uma maior parcela para uso nas cidades, com fins urbanos e industriais. A ampliação do uso de irrigação na agricultura ainda deve se beneficiar da parceria com a indústria de equipamentos de irrigação. Esse esforço conjunto é essencial para um uso mais apropriado das ferramentas para o manejo de irrigação pelos produtores, em particular para aqueles de pequeno e médio porte, e ainda possibilita condição propícia à realização da pesquisa participativa (BASSOI et al., 2013).

Quanto ao reuso de água e uso de água residual e subterrânea, atualmente pouco utilizados na agricultura irrigada brasileira, espera-se que em médio e longo prazos possam também permitir um uso de água na agricultura com maior eficiência. A difusão e transferência de tecnologia e a capacitação de multiplicadores, por meio de estratégias específicas para a agricultura irrigada, permitirão o alcance de um desdobramento amplo, que pode ser traduzido como uma maior otimização e racionalização do uso da água, e uma maior produtividade da água, definido aqui como não somente a biomassa, mas também o benefício e a rentabilidade obtidos por unidade de volume de água por unidade de área agrícola (BASSOI et al., 2013).

Apesar dos invejáveis recursos hídricos e da extensa costa marítima, o Brasil ocupa uma posição discreta no mercado mundial de pescados. Os sistemas de produção na aquicultura apresentam bastante espaço para a evolução tecnológica. Ainda são recorrentes problemas de manejo, de gestão inadequada da atividade e de falta de qualificação da mão de obra. A indústria do pescado é fragmentada, composta por agentes de pequeno e médio porte. Contudo, a escala é fator determinante para essa indústria (SIDONIO et al., 2011).

A falta de conhecimento e a ausência de assistência técnica levam a problemas de manejo, com a inexistência de rações espécie-específicas no mercado, baixa capacidade de prevenção, diagnóstico e tratamento de doenças e baixa qualidade dos produtos, por vezes levando à baixa aceitação pelo consumidor. Nesse sentido, dentre os fatores que podem restringir a aquicultura num futuro próximo, pode-se citar a sanidade e a nutrição. O desenvolvimento de inovações tecnológicas de grande impacto é fundamental para essa cadeia produtiva e sua inserção competitiva nos mercados nacional e internacional.

A dimensão ambiental da sustentabilidade, na aquicultura, fica comprometida com manejo e práticas inadequadas. O desafio de intensificar a produção aquícola gerando o mínimo de impactos sobre o meio ambiente vai orientar fortemente as demandas de inovação do setor (ROUTLEDGE et al., 2013).

Essas questões postas, o futuro dos sistemas de produção implica em desenvolver tecnologias para o aproveitamento das oportunidades e mitigação das ameaças que serão colocados ao longo das próximas décadas (Tabela 5).

### ***Tecnologia agroindustrial, da biomassa e química verde***

O setor agropecuário representou 6,4% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro em 2011. Considerando-se toda a cadeia de valor agropecuária, essa participação multiplica-se por 3,5, alcançando 22,2% do PIB do País (CENTRO DE ESTUDOS EM ECONOMIA APLICADA, 2013). As lavouras responderam por 70% do PIB setorial e apresentaram um multiplicador cadeia de valor/“dentro da porteira” de 4,2 vezes. A pecuária, responsável pelos 30% restantes do PIB do setor, teve um multiplicador cadeia de valor/“dentro da porteira” de 2,5 vezes. Tomando a agricultura americana para comparação, em que o multiplicador

**Tabela 5.** Desdobramentos tecnológicos para o macrotema Sistemas de produção.

Ampliação da compreensão das interações bióticas e abióticas nos sistemas de produção para subsídio a estratégias mais eficientes de manejo, uso seguro e eficiente de insumos e programas de melhoramento genético
Desenvolvimento, validação e promoção do acesso a tecnologias inovadoras de manejo de sistemas de produção e recomendações para o aumento da produtividade, maior eficiência no uso de insumos e dos fatores de produção, para diferentes regiões e grupos sociais
Geração de indicadores de desempenho econômico, social e ambiental e desenvolvimento de ferramentas em diferentes áreas do conhecimento para apoiar políticas e tomada de decisão dos setores produtivos em diferentes contextos regionais
Desenvolvimento e promoção do acesso a boas práticas de produção para os diferentes grupos sociais visando ao aumento da produção e produtividade agropecuária e florestal por meio da conservação dos estoques de recursos naturais nos biomas brasileiros
Desenvolvimento, ampliação da eficiência e promoção do acesso aos processos biológicos na agricultura (fixação biológica de nitrogênio, promoção de crescimento, fungos micorrízicos arbusculares), incluindo ações de prospecção de microrganismos, veículos, formulação, formas de aplicação e compatibilização de outros insumos
Desenvolvimento de métodos e protocolos para avaliar e melhorar a eficiência da simbiose, objetivando a obtenção de material genético vegetal altamente responsivo à interação simbiótica
Desenvolvimento, validação e promoção do acesso às tecnologias convencionais e não convencionais de uso de fertilizantes e novas formulações e fontes, resíduos, dejetos e corretivos para assegurar a sustentabilidade nos sistemas de produção
Desenvolvimento, validação e promoção do acesso às tecnologias de irrigação, e processos automatizados, para assegurar a sustentabilidade nos sistemas de produção
Desenvolvimento de sistemas e processos automatizados de produção e de industrialização de produtos, coprodutos e resíduos do pescado que ampliem a agregação de valor e a competitividade do setor aquícola
Ampliar a compreensão das exigências nutricionais e das interações nos sistemas de produção aquícolas, nos biomas, e desenvolver estratégias mais eficientes de manejo, uso de insumos e programas de melhoramento em especial para espécies nativas
Desenvolvimento de máquinas e equipamentos para maior eficiência nos vários elos da cadeia produtiva aquícola

cadeia de valor/“dentro da porteira” é da ordem de 6 vezes, verifica-se que existe enorme potencial para a geração de valor na agroindústria e no setor de serviços ligados às cadeias produtivas agropecuárias no Brasil. Em outras palavras, focar apenas no “dentro da porteira” é insuficiente para expressar as oportunidades e os desafios que se apresentam às cadeias produtivas agropecuárias. Ações mais amplas e efetivas de desenvolvimento regional precisam dar atenção crescente aos potenciais encadeamentos no setor industrial e de serviços.

Relevante para essa discussão é a necessidade de desenvolvimento de novos produtos e processos, compatíveis com as mudanças no consumo e restrições (custos, políticas, etc.) previstas para as próximas duas décadas. A incorporação de tecnologias de ponta, como a biotecnologia e a nanotecnologia, em novos produtos e ferramentas que atendam a mercados dinâmicos, como nutrição e saúde, são estratégias a serem perseguidas e consolidadas. Em acordo com essa visão, os processos, nas cadeias produtivas, devem ser paulatinamente mais eficientes em custos e na eficiência de uso de energia, fatores essenciais para consolidar o Brasil como liderança nos mercados mundiais e aumentar a produtividade do trabalho no setor.

Igualmente relevante é aproveitar potenciais oportunidades e as vantagens comparativas do País na bioeconomia.<sup>24</sup> Nesse aspecto, tanto vale a busca por maior eficiência em encadeamentos produtivos, em dimensões setoriais já conhecidas, como ousar e buscar um melhor aproveitamento da biodiversidade, com novos produtos e processos, com vistas

---

<sup>24</sup> Swinnen e Riera (2013) apresentaram uma interessante discussão sobre bioeconomia e suas definições e possibilidades. Para aprofundamento nesse tópico, a leitura de National... (2012), European Commission (2012) e Bioeconomia... (2013) é bastante oportuna.

a gerar empregos de elevada qualidade e produtividade, melhorar a renda do trabalhador e promover de modo mais amplo o desenvolvimento regional. Criar as condições necessárias para ampliar as pesquisas para a prospecção, conservação e caracterização de germoplasma torna-se importante para uma estratégia nacional.

Um ciclo virtuoso para as atividades comerciais pautadas em produtos da diversidade biológica demandarão, inevitavelmente, maior conhecimento sobre as exigências dos sistemas de produção. Avançar no conhecimento de como a cadeia produtiva desses produtos da biodiversidade se comporta, e como responde, nos seus diferentes elos, às mudanças nos preços relativos, por exemplo, é etapa essencial com vistas a ações de grande impacto e com potencial de sustentação no tempo.

No período pós-1970, o setor sucroenergético nacional teve dois grandes impulsos, um primeiro, na década de 1970, com o Proálcool, e um segundo, no início dos anos 2000, com o advento dos carros flex. Com a crise financeira de 2007/2008, o setor passou por dificuldades, agravadas por problemas climáticos. À parte essas dificuldades, o modelo virtuoso de desenvolvimento do setor nessas últimas quatro décadas, com desdobramentos vigorosos de ciência, tecnologia e inovação, no campo e na agroindústria, permite inferir que tão logo os incentivos, de mercado e políticas, se mostrem mais firmes, rapidamente o setor responderá com robustez com um novo surto de dinamismo. Diversas possibilidades tecnológicas reforçam tal argumento.

Com foco na parte agrícola, esforços voltados ao lançamento de novas cultivares, à geração e implementação de boas práticas agrícolas de manejo e à inovação quanto ao uso de resíduos e novos insumos devem ser perseguidos (DURÃES, 2013). Na

agroindústria, existem amplas possibilidades de o País promover um forte ciclo de expansão, pelo desenvolvimento da indústria associada de bens de capital, serviços de engenharia e suprimento em toda a cadeia produtiva, que paulatinamente podem vir a abarcar parcela crescente de produtos hoje feitos com combustíveis fósseis.

As possibilidades e a necessidade de avanços tecnológicos não se concentram apenas no setor sucroenergético. A pluralidade na oferta de fontes de biomassa no Brasil, como o sorgo sacarino, as forrageiras tropicais, as palmáceas, os coprodutos, como o sebo, entre outros, oferece sólidas oportunidades para o desenvolvimento de cadeias produtivas com base em materiais e substâncias de elevado valor agregado, direcionados para usos não alimentares (usos químicos e bioquímicos, médicos, farmacêuticos, nutricionais, energéticos).

A Tabela 6 apresenta potenciais desdobramentos tecnológicos relacionados ao macrotema Tecnologia agroindustrial, da

**Tabela 6.** Desdobramentos tecnológicos para o macrotema Tecnologia agroindustrial, da biomassa e química verde.

Desenvolver material genético de alto potencial produtivo de biomassa
Desenvolver tecnologias para eliminação de fatores restritivos à expressão do potencial produtivo da biomassa para fins energéticos e industriais
Desenvolver ou adaptar sistemas de produção de biomassa e processos agroindustriais sustentáveis para a obtenção de energia e bioprodutos
Desenvolver alternativas de aproveitamento integral da biomassa, incluindo resíduos e coprodutos, para geração de energia ou produção de bioprodutos de alto valor agregado, no conceito de biorrefinaria
Prospectar a biodiversidade para aprimorar o aproveitamento da biomassa para fins energéticos e obtenção de bioprodutos

biomassa e química verde. Visualiza-se que esses desdobramentos têm possibilidades relevantes de se concretizarem nas próximas décadas.

### *Segurança dos alimentos, nutrição e saúde*

A disponibilidade de alimentos com qualidade nutricional adequada para a manutenção da saúde é aspecto fundamental do conceito de segurança alimentar. A intensificação das pesquisas sobre a relação entre alimentação e saúde, nas últimas décadas, gerou evidências inequívocas de que, além dos macro e micronutrientes essenciais, a ingestão de alimentos contendo compostos biologicamente ativos, como carotenoides, flavonoides, glicosinolatos e fibras prebióticas, entre outros, tem papel relevante na manutenção da saúde e bem-estar. Somam-se a esses benefícios outros, como a redução do risco de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), a melhoria do desempenho mental e físico, o fortalecimento do sistema imunológico, em decorrência do consumo de alimentos ricos em compostos bioativos (OLBRICH, 2013).

A integração dos conceitos alimentos, nutrição e saúde, dessa forma, é trajetória irreversível para o futuro. Tal sinalização reflete, por um lado, a persistência de carências nutricionais, de modo particularmente expressivo, mas não exclusivo, às regiões mais pobres. Por outro, reflete mudanças demográficas (envelhecimento da população), que, para aliviar a pressão sobre os sistemas nacionais de saúde, demanda de modo crescente uma alimentação diferenciada e envolvendo, por exemplo, alimentos biofortificados com vitaminas, minerais e proteínas.

Reforçando esse quadro há a mudança de paradigmas em direção à prevenção de doenças por meio de alimentação apropriada e diferenciada. Além disso, o binômio nutrição e saúde ganha força com foco em alimentação direcionada para diversas

funções específicas (física, intelectual, etc.). Consistente com esse cenário, a elasticidade-renda da demanda para esse grupo de alimentos – da ordem de 1,2 – revela destacado aumento na demanda em resposta à maior renda.

Pela ótica da pesquisa, existem muitas possibilidades a serem perseguidas. Um foco a ser destacado será na melhoria genética dos alimentos, centrando em necessidades específicas e enfatizando a vertente em alimentos e matérias-primas de elevada densidade nutricional e funcional. A elucidação dos mecanismos de ação de compostos bioativos e de sua complexa interação com o organismo humano constitui uma das fronteiras da pesquisa na área de nutrição e saúde. O conhecimento gerado pelas ciências ômicas – proteômica, transcriptômica, metabolômica, metagenômica – e suas ferramentas serão fundamentais para a obtenção de avanços nessa direção. Esforços nesse sentido ainda ampliarão o conhecimento sobre as rotas de biossíntese de compostos de interesse nutricional e funcional por microrganismos, vegetais e animais, possibilitando intervenções genômicas visando ao aumento do teor desses compostos em alimentos (OLBRICH, 2013).

Tal estratégia, para ter êxito e ser suficientemente abrangente aos diferentes estratos da população, precisa apresentar elevada eficiência na cadeia produtiva, contar com perdas reduzidas, pautar-se por padrões elevados de qualidade e em baixos custos. Desse modo, há necessidade de se combinar, além da rápida distribuição, conveniência (concorde demandas dos consumidores) e elevado tempo de vida na prateleira.

Foram mapeados alguns desdobramentos tecnológicos a respeito de tais questões, os quais deverão se concretizar como resultados de investimentos em pesquisa na trajetória 2014–2034. Esses desdobramentos estão apresentados na Tabela 7.



**Tabela 7.** Desdobramentos tecnológicos para o macrotema Segurança dos alimentos, nutrição e saúde.

Caracterização, seleção e melhoramento de matérias-primas alimentares com características e propriedades de interesse nutricional e funcional para consumo in natura e industrialização
Desenvolvimento de processos agroindustriais para obtenção de produtos que contemplem aspectos nutricionais, funcionais e sensoriais, de interesse ou preferência do consumidor
Prover as bases tecnológicas para garantia de segurança, rastreabilidade e certificação, na oferta e no consumo de alimentos
Desenvolvimento de tecnologias e ingredientes que preservem ou alterem o teor de compostos com efeitos benéficos para a saúde e o bem-estar, a partir de alimentos processados
Desenvolvimento de componentes e embalagens inovadoras, que preservem qualidade, inocuidade e ampliem a vida útil de alimentos
Ampliar a identificação e a avaliação de compostos bioativos com potencial para nutrição e saúde, sua incorporação em alimentos e sua biodisponibilidade
Compreensão de mecanismos de ação de compostos e microrganismos bioativos e sua interação com o organismo humano
Desenvolvimento de metodologias e instrumentos para prospecção e avaliação in vitro e in vivo da segurança e de propriedades benéficas de alimentos e seus componentes à saúde
Desenvolver métodos, processos e práticas de controle e monitoramento de propriedades de alimentos e seus componentes para aumento da saudabilidade
Desenvolver tecnologias e estratégias para a agregação de valor aos produtos da agricultura familiar, orgânica e agroecológica pela agroindústria

## *Mercados, políticas e desenvolvimento rural*

Por um prisma socioeconômico, as demandas por estudos mais abrangentes do que as usuais estimativas dos custos de produção das tecnologias, absolutamente necessárias por sinal, são cada vez mais evidentes. Ampliar as análises para custos e benefícios privados e sociais é, assim, imprescindível, bem como trazer uma perspectiva mais aguçada sobre os custos ambientais associados à adoção (ou não adoção) das tecnologias recomendadas.

Com uma visão de futuro, parece irreversível o diagnóstico de que a produção com foco no mercado doméstico e nas exportações será analisada por uma ótica socioambiental paulatinamente mais exigente. Pelo menos em parte, as ações governamentais devem responder a esses anseios da sociedade. O Brasil avança nesse sentido.

O governo desempenha papel essencial na implementação de políticas que assegurem uma contribuição de longo prazo dos recursos naturais para o desenvolvimento econômico das nações, não limitado apenas à geração de renda e emprego em prazos mais curtos. Tal fato, no entanto, não é tarefa trivial. A disponibilidade de políticas públicas que afetam as cadeias produtivas agropecuárias no Brasil é numerosa, de natureza diversa e, por vezes, conflitantes em alguns pontos.

Ademais, a capacidade de as tecnologias impulsionarem a competitividade das cadeias produtivas agropecuárias é limitada não apenas pelo avanço do conhecimento científico, mas, também, por fatores não tecnológicos. Desse modo, gargalos logísticos e de infraestrutura de armazenamento e transporte, disponibilidade e custo da energia, entre outros fatores, podem anular, ainda que parcialmente, os avanços propiciados pelas tecnologias.

Ressalte-se que existem oportunidades para alcançar níveis mais elevados de agregação de valor nas cadeias produtivas agropecuárias, processo que promove emprego e renda. As organizações de pesquisa e inovação podem contribuir para a agregação de valor aos produtos e processos agropecuários de diversas maneiras. Alguns exemplos são a melhoria da qualidade dos produtos, como uniformidade, maior valor nutricional e para a saúde, maior durabilidade e menor utilização de produtos químicos, como defensivos, e o processamento dos produtos primários, tornando-os de maior praticidade no consumo, como o desenvolvimento de variedades de frutas sem sementes.

Atrelados a esse processo de agregação de valor, há as ações em melhoramento genético, na indicação de sistemas de produção com maior produtividade e sustentabilidade, na identificação de formas mais eficientes de processamento dos produtos primários e em análises que identifiquem oportunidades e gargalos para o aumento da renda dos produtores rurais e dos atores nos demais elos das cadeias produtivas. A transferência de tecnologia e conhecimentos desempenha um papel decisivo nesse processo.

Na dimensão internacional, é necessária atenção para o fato de que um mercado internacional mais competitivo é favorável à colocação de barreiras não tarifárias e de subsídios. Tais medidas podem restringir as exportações brasileiras e podem promover a produção doméstica e o desenvolvimento tecnológico dos nossos competidores no exterior. Tal constatação reforça o papel da pesquisa brasileira em analisar e, eventualmente, desenvolver e propor métricas adequadas para produtos e processos que amparem o País em debates internacionais.

Para essas e outras questões-chaves, análises complementares de risco podem propiciar um melhor entendimento dos

fatores que levam certas tecnologias e políticas a não retornarem os resultados esperados. No caso das mudanças climáticas, em particular, deve-se atentar para o risco da inação, que pode levar a despesas exorbitantes no futuro e, em algumas situações, pode impor danos irreversíveis aos sistemas de produção e ao fluxo de bens e serviços a eles associados (STERN, 2013).

Desse modo, um campo para a disciplina econômica que se projeta para o futuro é a crescente inclusão de modelagem econômica para apoiar a tomada de decisão. É imperativo o uso mais amplo de modelos econométricos e de equilíbrio parcial e geral, conforme a demanda dos problemas apresentados, para permitir simulações de políticas (eventualmente capturando outros efeitos na economia) e, eventualmente, viabilizar o desenho de estratégias relevantes para as cadeias produtivas agropecuárias de maneira proativa (Tabela 8).

**Tabela 8.** Desdobramentos tecnológicos para o macrotema Mercados, políticas e desenvolvimento rural.

Desenvolver estratégias para a diversificação da renda no campo, fortalecendo as bases para a oferta de outros serviços (ecoturismo, turismo gastronômico, entre outros) no meio rural
Ampliar o uso de inteligência territorial antecipatória para apoiar a tomada de decisão com relação aos impactos socioeconômicos de tecnologias e políticas
Desenvolver estratégias para ampliar a sinergia entre as ciências cognitivas, sociais e econômicas para tratar questões da dimensão humana e das relações da sociedade com o mundo rural
Ampliar o uso de ciência, validada à luz dos diferentes contextos das cadeias produtivas agropecuárias, com foco na inovação e em amplos encadeamentos produtivos, para apoiar a formulação de políticas públicas mais bem informadas e aderidas às necessidades do presente e do futuro

## A perspectiva econômica e a dimensão ambiental

Considerando uma perspectiva político-econômica, cabe lembrar que a proteção do ambiente e as ações com foco nas mudanças climáticas não são isentas de custo. Ambas têm um custo de oportunidade, uma vez que os recursos escassos usados para a proteção do ambiente ou para as ações de mitigação/adaptação às mudanças climáticas poderiam ser utilizados de outras maneiras. Essa questão do custo de oportunidade está ligada ao fato de a economia fundamentalmente explorar prós e contras dos impactos socioeconômicos e ambientais das escolhas feitas. Pode haver potencial para situações ganha-ganha. Quando tais situações não são alternativa viável, o foco deve se voltar para estratégias que retornem pequenas perdas-grandes ganhos.

Complementarmente, é fato que muitos bens provenientes de recursos naturais são comercializados em mercados formais. Entretanto, outros bens consumidos localmente não entram no mercado formal e ainda há aqueles que nem são comercializados (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2008, 2011). Esses recursos naturais direta ou indiretamente contribuem para a arrecadação fiscal, para a geração de renda e redução da pobreza além de proverem fonte de emprego e bem-estar em comunidades mais pobres (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2011). Alguns exemplos incluem: serviços de purificação e filtragem da água, regulação dos ciclos hidrológicos pelas bacias hídricas, etc. (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2008). Tais aspectos precisam ser paulatinamente incorporados às análises.<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> Reforçar a percepção econômica a respeito do impacto efetivo da renda da floresta em pé sobre a geração de emprego e renda (efeitos para frente e para trás) nas economias regionais desponta como outro tópico que precisa ser trabalhado mais aprofundadamente. Sem tais embasamentos, os riscos associados a uma estratégia pautada em produtos da biodiversidade aumentam e podem se tornar dependentes de incentivos ao longo da cadeia produtiva para sua viabilidade.

Especificamente no caso das mudanças climáticas, um determinado estado de equilíbrio eventualmente levaria séculos para ser observado. Portanto, mesmo com elevados níveis de sensibilidade climática de equilíbrio, os efeitos econômicos esperados seriam pequenos sob qualquer taxa de desconto plausível, em razão desse prazo tão longo. Tal perspectiva temporal é muito distante para a maioria dos tomadores de decisão no ambiente político, tornando difícil acessar quais poderiam ser as consequências políticas (Economist, 2013). Um fator complicador adicional é a baixa exatidão dos modelos econômicos para mudanças climáticas, o que agrega risco à tomada de decisão (PINDYCK, 2013).

## Temas transversais

### *Agricultura Familiar, produção orgânica e agroecológica*

A Agricultura Familiar compreende 4,3 milhões de unidades produtivas (84% do total de unidades) e 14 milhões de pessoas ocupadas, o que representa em torno de 74% das ocupações no campo. Ocupa, ainda, 80,25 milhões de hectares, e contribui de modo marcante para a produção de alimentos essenciais da dieta básica do brasileiro, além de ter papel preponderante na geração de emprego rural no Brasil (IBGE, 2006).

A importância da Agricultura Familiar sustenta-se nos seguintes aspectos: a) está intrinsecamente vinculada à segurança alimentar e nutricional; b) preserva os alimentos tradicionais, além de contribuir para uma alimentação balanceada e salvaguardar a agrobiodiversidade e o uso sustentável dos recursos naturais; c) representa uma oportunidade para impulsionar as economias locais, especialmente quando combinada com políticas específicas destinadas a promover a autonomia do agricultor, reafirmando

sua identidade, a proteção social e o bem-estar das comunidades e o desenvolvimento rural sustentável; e d) demonstra o potencial para geração de postos de ocupação econômica.

O quadro que se apresenta é de diferentes agriculturas familiares que são também retratos das diferenças de acesso às políticas públicas, mercados e tecnologias. Ao classificar os estabelecimentos agropecuários de acordo com o tipo de agricultura, Del Grossi (2013) identificou os seguintes grupos de agricultores familiares (AF), utilizando-se, entre outras possíveis, de uma categorização baseada em classes de renda: AF sem receita, AF de baixa renda com receita, AF em transição e AF dinâmica. Os dados mostram expressivo contraste: somente 3,9% dos agricultores familiares têm receita maior ou igual a 10 salários mínimos por mês – os chamados dinâmicos –, ao passo que 25,3% não possuem receita, e 34,6% têm receita menor ou igual a 1 salário mínimo por mês.

A diversidade da Agricultura Familiar vai além das diferenças de renda. Esse grupo engloba quilombolas (comunidades remanescentes), indígenas, assentados de reforma agrária, extrativistas/ribeirinhos. Dada a sua representatividade para a geração de riquezas, segurança alimentar do País, geração de postos de ocupação econômica (importância social), a Agricultura Familiar tem papel expressivo como agente do desenvolvimento equitativo e sustentável. Constitui, em várias dimensões, um setor estratégico e, nessa perspectiva, precisa ser concebido e tratado no âmbito das políticas públicas.

Nesse contexto, a proposta de construção de uma agenda com visão de futuro implica o compromisso de que se apoie o desenvolvimento rural sustentável, enfatizando o segmento da Agricultura Familiar, fortalecendo e ampliando a sua atuação. Nesse sentido, há necessidade de se fortalecerem os espaços institucionais de articulação dos agentes ligados à Agricultura

Familiar, e os espaços para articular pessoas e organizações que atuam com e para a Agricultura Familiar. A construção dessa agenda e a criação desses espaços poderão oferecer subsídios para distintas instâncias e setores sociais, incentivando e dinamizando objetivos e atuações em apoio à Agricultura Familiar.

Dessa forma, os desdobramentos tecnológicos, que deverão se concretizar nas próximas décadas, relacionados à Agricultura Familiar, produção orgânica e agroecológica, estão apresentados na Tabela 9.

**Tabela 9.** Desdobramentos tecnológicos relacionados especificamente à questão da Agricultura Familiar, produção orgânica e agroecológica.

Fortalecer o manejo sustentável dos recursos da agrobiodiversidade, visando ao desenvolvimento e à validação de sistemas de produção
Desenvolver métodos adequados para prospecção, avaliação e validação de tecnologias para a Agricultura Familiar, incluindo produção orgânica e agroecológica
Desenvolver modelos de soluções viáveis para agroindústrias familiares, priorizando as cadeias curtas de comercialização
Desenvolver e promover o acesso de máquinas e equipamentos adequados para a Agricultura Familiar
Desenvolver e validar sistemas de produção agroecológico e orgânico
Desenvolver metodologias para potencializar o uso de recursos genéticos próprios, especialmente as sementes (convencionais e crioulas), visando à segurança alimentar e nutricional
Desenvolver e validar tecnologias sociais para e com a Agricultura Familiar e produção orgânica e agroecológica

### *Inovações gerenciais nas cadeias produtivas agropecuárias*

Inovações gerenciais serão necessárias para manejar com eficiência e eficácia os processos cada vez mais complexos que acompanharão a agropecuária que se descortina para o futuro.



A migração de sistemas de produção com poucas atividades para aqueles mais complexos, como a integração lavoura-pecuária ou a integração lavoura-pecuária-floresta, será particularmente demandante de aprimoramento na gestão. Da mesma forma, o avanço dos sistemas de precisão ou de manejo sítio-específico demandará inovações gerenciais sofisticadas, muito intensivas em TIC.

A sofisticação de redes de comunicação e de transmissão de dados abrem imensas perspectivas para novas formas de integração de atores e de cadeias produtivas e, em última análise, para a implementação de inovações gerenciais. A maior capacidade de coleta, processamento e análise passa a ser decisiva para a incorporação de modelos inovadores de gestão ao longo de toda a cadeia produtiva. Trará impactos sensíveis sobre os processos de comercialização e de relacionamento com os consumidores de produtos dessas cadeias produtivas agropecuárias. Grande parte da agregação de valor dos produtos no futuro virá de inovações derivadas dessas possibilidades.

### *Comunicação e a busca de um novo olhar sobre a agricultura*

As cadeias produtivas agropecuárias oferecem uma histórica – e ainda pouco percebida – janela de oportunidades para os brasileiros, sejam eles do campo, ou das cidades. A plataforma científica que emerge, neste início de século, permite que a agropecuária exprima o conjunto de valores contemporâneos exigidos pela sociedade. E estes apontam para a sustentabilidade em seu sentido mais amplo, que articula compromissos ambientais, econômicos e de inclusão social. Compromissos como a produção de alimentos mais nutritivos e saudáveis, produzidos em maior quantidade e com maior eficiência de uso dos recursos naturais.

É, portanto, necessário construir um canal de comunicação entre o campo e a cidade, para que a cadeia produtiva agropecuária seja percebida por seu destacado significado para o presente e para o futuro dos brasileiros. É preciso convergir na aferição e na ampla comunicação do real peso social e econômico do setor. A comunicação para a busca de um novo olhar sobre a agropecuária dependerá de elementos mensuráveis e esclarecedores, capazes de orientar a sociedade na eleição de suas prioridades.

## A lógica da visão que evolui

Cabem três qualificações. Uma primeira é a necessidade de que essas avaliações de tecnologias e políticas sejam feitas sob a lógica da visão que evolui com a mudança de contexto, abrigando a flexibilidade necessária para um progressivo aprimoramento. As discussões apresentadas neste documento, *Visão 2014-2034*, sinalizam que o meio rural, em 20 anos, inevitavelmente será sobremaneira diferente de hoje. Portanto, qualquer que seja a escala de produção ou o perfil do produtor, deve-se reconhecer que as mudanças serão profundas, tanto pelo lado da demanda como da oferta.

Um segundo aspecto é a importância de se fomentar o envolvimento de múltiplos atores nesse debate, bem como a intensa interação entre eles, de modo a explicitar de maneira ampla e adequada as principais diretrizes de PD&I que resultem em grandes impactos. A lógica dos macrotemas é interessante para esse propósito.

Uma última ponderação centra em gargalos não tecnológicos à inserção produtiva de produtores mais vulneráveis, e estes apresentam grandes contrastes entre regiões. Aspectos como saúde, nível educacional e condição de infraestrutura devem ser considerados nessas análises.



## **Agropecuária brasileira na trajetória 2014–2034: tecnologia e inovação como estratégia para o desenvolvimento e para a geração de grandes impactos**

### **A agricultura brasileira em 2034**

A perspectiva apresentada na seção *Grandes desdobramentos tecnológicos nas cadeias produtivas agropecuárias* delinea um futuro promissor para as cadeias produtivas agropecuárias brasileiras em decorrência da geração e da eventual adoção de tecnologias. Identifica-se uma série de inovações potenciais nos distintos macrotemas. Essas inovações são cruciais para a competitividade e a sustentabilidade do setor. Representam um interessante ponto de partida para reflexões sobre a capacidade tecnológica da agropecuária brasileira do futuro para aproveitar oportunidades, enfrentar desafios e minimizar riscos bióticos, abióticos e de mercado. Sinalizam, também, que a agricultura, em razão das possibilidades que acompanham a bioeconomia, paulatinamente passará a ser de grande interesse para outras áreas produtivas com foco em produtos não alimentícios e serviços associados.

A análise mais aprofundada dessas questões requer duas qualificações adicionais. A primeira deve indagar como pode ser o futuro, considerando que os desdobramentos tecnológicos por macrotema tenham pleno êxito de se tornarem realidade. Essa visão para 2034 é apresentada nas Tabelas 10 a 17. Nessas tabelas, o objetivo não foi apresentar uma lista completa, o que obviamente é impossível. Buscou-se, ao contrário, indicar uma primeira aproximação de visões relevantes, concorde à lógica dos macrotemas e, assim, das cadeias produtivas agropecuárias, tendo o país como nível de agregação. A segunda qualificação é que, quando especificidades regionais, e mesmo temporais, forem consideradas, essa lista pode e deve ser flexibilizada e, em última análise, alterada para melhor refletir esse novo recorte.

Alguns pontos são comuns a todos os macrotemas, como a necessidade de maior comunicação e coordenação entre as vertentes de inovação e o desenvolvimento de políticas públicas e de formação de novos talentos para os desafios e as oportunidades que virão. Por seu caráter transversal aos macrotemas, é recomendável priorizar sistemas e soluções adequados às diferentes escalas de produção, focando-se atentamente os produtores de menor escala.

As visões apresentadas precisam estar alinhadas com indicadores de relevo para a sociedade. Portanto, há necessidade de que essas visões sejam traduzidas em impactos de grande envergadura para o País, considerando diferentes horizontes temporais.

**Tabela 10.** Visão 2034 para o macrotema Recursos naturais e mudanças climáticas.

Macrotema	Visão para 2034
Recursos naturais e mudanças climáticas	Ações de coleta, caracterização e uso de recursos genéticos (plantas, animais e microrganismos), associadas a um marco legal favorável a ciclos virtuosos de inovação, abastecem uma robusta e dinâmica bioeconomia nacional com amplos efeitos sobre a geração de emprego e renda
	Conservação, uso e manejo dos recursos (solo, água e vegetação) em estágio de elevado desenvolvimento, nas dimensões ambiental, econômica e social
	Novos recursos minerais com potencial de utilização na agricultura desempenham papel importante como insumos agrícolas alternativos, considerando sua disponibilidade e economicidade
	Brasil é referência em inteligência territorial, oferecendo cenários possíveis de desenvolvimento regional pela integração de componentes de recursos (solo, água, vegetação, clima) e infraestrutura no planejamento
	Brasil torna-se referência no desenvolvimento e aplicação de métricas e indicadores de sustentabilidade para valoração de serviços ambientais em sistemas de produção nos trópicos e subtrópicos
	Ampla base de dados, organizada, suporta a tomada de decisão do setor público e privado para a utilização de recursos naturais e avaliação dos riscos das mudanças climáticas sobre os diferentes biomas brasileiros
	Excelência na geração e disponibilização de tecnologias com elevados efeitos positivos na mitigação e adaptação às mudanças climáticas dos sistemas de produção
	Ampliação da inovação tecnológica aumenta os benefícios econômicos e sociais do uso dos recursos naturais e incentiva a conservação dos biomas brasileiros

**Tabela 11.** Visão 2034 para o macrotema Novas ciências.

Macrotema	Visão para 2034
Novas ciências	<p>Insumos agropecuários nanotecnológicos tornam-se parte importante para ganhos de eficiência no sistema, tendo ampla utilização em agroquímicos e fármacos utilizados nos diferentes sistemas de produção, assim como a geração de nanocelulose, compósitos e novos usos de subprodutos e resíduos agrícolas</p>
	<p>Indústria de embalagens ativas e inteligentes é referência mundial e apresenta elevada vantagem comparativa e competitividade com outros pares no exterior</p>
	<p>Avanços amplos no conhecimento, uso da biologia sintética e engenharia metabólica, bem como de suas vertentes, possibilitam encadeamentos vigorosos em diferentes cadeias da bioeconomia, entre outros, na área de agrárias, nutrição e saúde e química fina</p>
	<p>Estágio avançado do conhecimento em ciências ômicas possibilita amplas possibilidades na engenharia genética e na sistematização e manipulação de vias metabólicas de organismos, gerando substâncias de elevado valor agregado, para usos alimentares e não alimentares</p>
	<p>Ampla oferta de materiais genéticos permite mitigar ou conviver com diferentes estresses bióticos e abióticos nos diferentes biomas</p>
	<p>Bioinformática em estágio avançado de desenvolvimento e uso, possibilitando ampla vantagem comparativa para a economia brasileira e seus parceiros na geração de conhecimento útil ao desenvolvimento de novos produtos e processos</p>

**Tabela 12.** Visão 2034 para o macrotema Automação, agricultura de precisão e tecnologia da informação e comunicação (TIC).

Macrotema	Visão para 2034
Automação, agricultura de precisão e TIC	Irrigação de precisão se torna referência para sistemas de produção
	Uso generalizado de kits de rápido diagnóstico para detecção de pragas e doenças (inteligência zoofitossanitária)
	A produtividade do trabalho no campo aumenta significativamente e a penosidade é reduzida por meio do uso inteligente dos recursos de automação, robótica, inteligência artificial, mecatrônica, impressão 3D, VANTs e veículos autônômicos, entre outros
	Ampla oferta de máquinas, equipamentos e inovações para pequenas, médias e grandes propriedades e para diferentes tipos de relevo
	A ampla oferta de máquinas, equipamentos, inovações e programas de qualificação para seu uso para propriedades de pequena e média escala, amparadas por desenhos adequados de políticas, eleva a competitividade e resiliência dos agricultores familiares
	Construção e simulação de modelos de fenômenos complexos, devidamente calibrados e validados, são amplamente utilizadas pelas organizações de CT&I
	Uso generalizado de TIC em tecnologias convergentes, como automação, geotecnologia, agricultura de precisão, biotecnologia, nanotecnologia e ciências cognitivas
	Plataformas de comunicação e de apoio à tomada de decisão têm uso generalizado, possibilitando a mais ampla adoção de boas práticas de produção agropecuária
	Sistemas de apoio à decisão que permitam o empoderamento institucional e produtivo através da construção de diversas inteligências: estratégica, organizacional, competitiva e zoofitossanitária
	Tecnologias de identificação baseadas em reconhecimento de padrões, processamento de sinais, gestão do conhecimento e engenharia de sistemas complexos têm uso ampliado para diferentes bens e serviços de interesse às cadeias produtivas agropecuárias. Rastreabilidade e padrões de qualidade são referência internacional

**Tabela 13.** Visão 2034 para o macrotema Segurança zoofitossanitária na cadeia produtiva.

Macrotema	Visão para 2034
Segurança zoofitossanitária na cadeia produtiva	Brasil é referência na tecnologia de manejo da resistência de pragas a agroquímicos, estando na vanguarda de novos produtos e processos
	O manejo fitossanitário das culturas é efetuado com base em tecnologias de manejo integrado de pragas
	Brasil é referência no monitoramento do status zoofitossanitário dos seus principais sistemas de produção, em quarentenamento e em infraestrutura de laboratórios associados
	Mecanismos de inteligência zoofitossanitária transfronteiriços consolidados e disponibilizados, incluindo estratégias e processos de melhoramento preventivo para enfrentar pragas exóticas
	Novos produtos derivados da biodiversidade proporcionam maior efetividade de controle dos parasitos e agentes infecciosos com menores custos de produção
	Conhecimentos na área de sanidade animal são disseminados de forma eficiente e rápida a todas as cadeias de produção animal e ao consumidor
	Existe conhecimento e tecnologias disponíveis para o controle e prevenção de agentes das principais doenças em diferentes sistemas de produção, minimizando as perdas econômicas do setor
	Ampla base de dados de agentes de controle biológico em ambientes agrícolas e naturais consolidada
	A tecnologia de produção de agentes de controle biológico permite ampla adoção pelo sistema de produção
	Regulação e políticas públicas dão amplo suporte ao desenvolvimento e utilização do controle biológico, promovendo ambiente favorável à descoberta, prospecção, inovação e comercialização de agentes de controle biológico



**Tabela 14.** Visão 2034 para o macrotema Sistemas de produção.

Macrotema	Visão para 2034
Sistemas de produção	Forte ampliação da área sob irrigação, com elevada eficiência de uso da água e outros recursos dos sistemas, consolida o País como uma das superpotências agrícolas do mundo, e a irrigação de precisão se torna referência para sistemas de produção
	Avanço no conhecimento nas diferentes interfaces dos componentes solo-planta-animal-microrganismo-floresta gera ampla oferta de soluções tecnológicas, proporcionando melhorias no desempenho social, ambiental e econômico, para os diferentes biomas e grupos sociais
	Pesquisas amplas sinalizam benefícios na economia de recursos naturais e insumos, e na redução do risco do negócio, ampliando a adoção de sistemas mistos e a aplicação adequada de boas práticas de produção agropecuária
	Avanço na geração e adoção de tecnologias para a melhoria de processos de produção e industrialização do pescado amplia a competitividade e possibilita a expansão da aquicultura nos diferentes biomas brasileiros
	Os programas de melhoramento de plantas e animais ampliam a disponibilidade de novos materiais genéticos, promovendo a melhoria da qualidade nutricional dos produtos, o aumento na eficiência de uso dos recursos e insumos químicos e biológicos e a maior resistência a estresses bióticos e abióticos

**Tabela 15.** Visão 2034 para o macrotema Tecnologia agroindustrial, da biomassa e química verde.

Macrotema	Visão para 2034
Tecnologia agroindustrial, da biomassa e química verde	Pluralidade de oferta de biomassa, lastreada em sistemas de produção sustentáveis, consolidando sólidas cadeias produtivas com base em materiais e substâncias de elevado valor agregado, direcionados para usos alimentares e não alimentares
	As cadeias produtivas nucleadas em biorrefinarias substituem de modo eficiente parcela da indústria baseada em insumos fósseis e tornam-se referência mundial
	As cadeias produtivas agropecuárias utilizam com elevada eficiência – social, ambiental e econômica – as possibilidades oferecidas pela agroindústria associada e pelas inovações tecnológicas nas diferentes áreas de conhecimento

**Tabela 16.** Visão 2034 para o macrotema Segurança dos alimentos, nutrição e saúde.

Macrotema	Visão para 2034
Segurança dos alimentos, nutrição e saúde	A demanda de alimentos funcionais é atendida em virtude da disponibilidade de diversas matérias-primas, caracterizadas em função de propriedades de interesse nutricional e funcional, para consumo in natura e para industrialização
	Elucidação da ação de compostos bioativos, associados ao avanço do conhecimento gerado pelas ciências ômicas, torna o Brasil referência mundial em rotas de biossíntese de compostos de interesse nutricional e funcional
	Mudança de paradigma na alimentação com características funcionais e de redução de riscos de doenças torna o sistema de saúde do País referência mundial, com melhor gestão de programas e custos

**Tabela 17.** Visão 2034 para o macrotema Mercados, políticas e desenvolvimento rural.

Macrotema	Visão para 2034
Mercados, políticas e desenvolvimento rural	Uso generalizado de análises de risco, benefícios e custos sociais e privados quanto à adoção de tecnologias agropecuárias
	Impactos tecnológicos são avaliados por meio de modelagem avançada, apoiando a tomada de decisão pública e privada
	Uso da inteligência territorial antecipatória para análise de impactos socioeconômicos de tecnologias e políticas
	Sinergia entre as ciências cognitivas, sociais e econômicas para tratar questões da dimensão humana e das relações da sociedade com o mundo rural
	Brasil se torna referência em inovações e estratégias de desenvolvimento com base na bioeconomia e em políticas para a melhoria do padrão alimentar das populações
	O sistema de pesquisa e inovação atua com credibilidade, legitimidade e relevância na interlocução com os diferentes segmentos da sociedade para o desenvolvimento das cadeias produtivas agropecuárias

Há 40 anos, grandes eixos deram rumo às ações das organizações de pesquisa e inovação agropecuária no País. Um eixo de impacto central foi ampliar significativamente a produção agropecuária para assegurar o abastecimento nas cidades, possibilitar a queda consistente nos preços reais dos alimentos e gerar excedentes para a exportação, melhorando o saldo da balança comercial do País. Houve grande sucesso nessas ações. Outros eixos de grandes impactos centraram-se no aumento da renda do produtor rural e na redução da pobreza no campo. Foram atendidos parcialmente, com assimetrias entre as regiões, sendo que, de modo geral, beneficiaram parcela pequena do universo de produtores brasileiros.

Ao perseguir esses grandes eixos de elevado impacto, os esforços da pesquisa e da inovação agropecuária resultaram em grandes benefícios para a sociedade. A Embrapa, por exemplo, apresentou uma relação benefício/custo para a sociedade na faixa de 8 a 12 para 1, ou seja, cada real investido na Empresa retornou à sociedade entre 8 a 12 vezes mais. A importância da Embrapa para o Brasil ainda pode ser percebida pelo estudo de Gasques et al. (2010), que mostrou que o aumento de 1% nos seus gastos com pesquisa elevou em 0,2 pontos percentuais o índice de produtividade total dos fatores na agropecuária.

As organizações de pesquisa e inovação devem ter a preocupação crescente de gerar resultados, em especial aqueles com grande potencial de impacto para a sociedade. Note que esses impactos não são necessariamente medidos pela abrangência territorial, mas sim pelas possibilidades de mudanças positivas criadas pelo desenvolvimento tecnológico, alterando realidades, do local ao nacional, nas dimensões múltiplas da sustentabilidade.

Portanto, uma questão central que se apresenta para as organizações de pesquisa e inovação é definir quais serão os grandes eixos de impactos que nortearão as ações de PD&I agropecuária para as próximas duas décadas. Nos debates e análises que acompanharam a construção deste documento *Visão 2014–2034*, encontrou-se convergência para quatro grandes eixos de elevado impacto:

- **Eixo I:** avançar na busca pela sustentabilidade, em todas as suas dimensões (técnico-econômica, social, ambiental).
- **Eixo II:** promover a pesquisa e a inovação para a inserção estratégica e competitiva do Brasil na nascente bioeconomia.
- **Eixo III:** contribuir com o arcabouço de políticas públicas nacionais e internacionais de impacto para o rural brasileiro.

- **Eixo IV:** fomentar ações integradas para a inclusão produtiva e a redução da pobreza rural, com apoio ao desenvolvimento tecnológico da agricultura familiar, da agricultura orgânica e da agroecologia.

## Desafios organizacionais

Apresentar a visão dos desdobramentos tecnológicos e alinhá-los aos seus impactos potenciais é etapa absolutamente importante. De elevada prioridade, também, é sinalizar como se caminha para tornar a visão um fato consolidado no mundo real. Em maior ou menor grau, as organizações dedicadas à pesquisa e à inovação agropecuária, no País, tiveram resiliência para se adaptarem às mudanças graduais e superar as crises ao longo das últimas décadas. Também com as crises, vieram as oportunidades, permitindo o reposicionamento dessas organizações de forma mais estratégica, fortalecendo sua relevância para o Brasil.

Com foco nas próximas décadas, perseguir os grandes eixos de impactos desponta como fator crucial não só para a manutenção das organizações, mas também para assegurar o papel transformador resultante de seus esforços. Isso ocorre porque os produtos e serviços tecnológicos associados a tais eixos de impactos serão percebidos como importantes pela sociedade. Ademais, observar aspectos de proteção intelectual nesse contexto é fundamental. A proteção intelectual permeia a geração e disponibilização de quaisquer ativos tecnológicos e, portanto, deve ser um dos fatores norteadores nos processos de tomada de decisão.

Efetivar a modernização da estratégia institucional, em governança e gestão, é uma prioridade para as organizações de pesquisa e inovação agropecuária. Esses ajustes devem avançar

no curto prazo (como de fato já está acontecendo), de modo a possibilitar que os grandes objetivos e metas de curto, médio e longo prazos sejam atingidos a contento.

A estratégia organizacional também deve investir em pesquisas que produzam resultados no curto prazo para acomodar emergências não previstas. A falta de atenção para esse aspecto pode significar prejuízos para os produtores rurais (menor produção, menor renda, comprometimento da qualidade, maiores custos), para o governo (redução da arrecadação de impostos, pressão sobre a economia), para os consumidores (preços mais altos, desabastecimento, qualidade inadequada), para o comércio internacional (descumprimento de contratos, qualidade inadequada, perda de oportunidades, ampliação de barreiras não tarifárias), e, por decorrência, para as próprias organizações de pesquisa e inovação, em termos de alterações imprevistas em suas agendas estratégicas e na imagem de credibilidade junto à sociedade.

O sucesso institucional do sistema de inovação agropecuária dependerá da sua capacidade e velocidade para compreender e para se adaptar a um novo ambiente, em que a sociedade assume, de forma crescente, o protagonismo nos processos de proposição de políticas. A mobilização e o uso efetivo desses canais de interlocução, pelo sistema de inovação, propiciarão a credibilidade, a legitimidade e a relevância dos processos de geração e de promoção do acesso a tecnologias e conhecimentos. Esses são vitais para conciliar o crescimento da produção agropecuária com a melhoria inclusiva do bem-estar social e a manutenção da capacidade do estoque de recursos naturais de continuar provendo bens e serviços de interesse privado e coletivo.

A necessidade de gerar inovação em temas de grande amplitude – e a sua inerente complexidade – exige criatividade na

interação entre as organizações públicas e privadas, em âmbito nacional e internacional. Nesse sentido, é necessário fomentar arranjos inovadores, por meio de parcerias e/ou alianças estratégicas, que ampliem a eficiência da utilização de recursos humanos, estruturas e laboratórios, na geração de inovações tecnológicas que propiciem a solução dos problemas e o aproveitamento de novas oportunidades.

A identificação de objetivos comuns e complementares, buscando a aliança entre as organizações de pesquisa e inovação com outros atores e agentes relevantes às cadeias produtivas agropecuárias, deve ser potencializada. Frente à necessidade de fomentar parcerias duradouras, que tragam resultados de grande impacto para a sociedade, a Embrapa, junto com o Conselho Nacional dos Sistemas Nacionais de Pesquisa Agropecuária (Consepa), e contando com o apoio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), lançou, em abril de 2013, a proposta da “Aliança para a Inovação Agropecuária no Brasil”. A iniciativa busca maior sinergia nos projetos de inovação e visa a permitir que a inovação tecnológica chegue mais rapidamente à sociedade. A estratégia para essa grande Aliança deverá estar formulada em 2014.

Ademais, a pujança das cadeias produtivas agropecuárias brasileiras desperta, nas empresas privadas, o interesse em ampliar seus investimentos no desenvolvimento de tecnologias e de mecanismos para a agregação de valor. O aprimoramento do marco legal da inovação cria oportunidades para as organizações de pesquisa e inovação estabelecerem parcerias público-privadas, expandindo suas possibilidades para a geração e para a transferência de tecnologias.

Contudo, definir processos-chave, de modo a preparar as organizações de pesquisa e inovação para liderarem a inovação nas cadeias produtivas agropecuárias nos próximos 20 anos, é essencial. Ao se avaliarem a magnitude e a complexidade dos desafios futuros, e suas rápidas mudanças, é fácil concluir que a consolidação de sistemas de inteligência estratégica que deem sustentação às decisões públicas e privadas deve ser uma prioridade.

O atendimento às múltiplas dimensões (técnico-econômica, social e ambiental) da sustentabilidade da agricultura brasileira, e às políticas a elas associadas, dependerá crescentemente da capacidade de antecipação de riscos, oportunidades e desafios e da coordenação de processos de tomada de decisão e de ações efetivas em vários níveis. Essa capacidade é essencial para o planejamento de políticas de longo alcance, fornecendo a base de informações e de conhecimentos ao processo de tomada de decisão e à realização de objetivos estratégicos para as cadeias produtivas agropecuárias. Implícita a essas ideias, está a necessidade de maior dinamismo e agilidade nas organizações de pesquisa e inovação para que essas se posicionem de maneira mais competitiva frente aos desafios futuros.

Essa abordagem permite a prospecção e captura de tendências, bem como a identificação de possíveis futuros relevantes para a pesquisa, transferência de tecnologia e inovação em agricultura, de forma contínua e sistemática. Cada vez mais o cerne da inteligência e do planejamento deve centrar em antecipar e planejar mais do que simplesmente reagir. Um exemplo de alinhamento a essa perspectiva, e com estreita conexão com suas atividades de PD&I, é a iniciativa da Embrapa, recentemente lançada – o Sistema de Inteligência Estratégica (Agropensa).



## Gestão da informação em organizações de pesquisa e inovação

Por ser um dos principais ativos das organizações de pesquisa e inovação, a informação é elemento estratégico para o desenvolvimento técnico-científico, além de insumo essencial ao processo decisório das organizações. Buscar inovações na gestão da informação deve ser visto como um fator capaz de reduzir incertezas, antecipar oportunidades e desafios, avaliar o desempenho e permitir a tomada de decisão mais eficaz e eficiente no contexto dinâmico da Sociedade da Informação. Em razão disso, deve ser considerada tanto como elemento estratégico quanto como ferramenta essencial nos processos de gestão corporativa, apoiando a prospecção, o tratamento, o armazenamento e a agregação de valor aos conhecimentos gerados, compartilhados e construídos com parceiros e com a sociedade em geral.

Nos próximos 20 anos, a gestão da informação nas organizações de pesquisa e inovação precisará criar ambientes organizacionais promotores de inovação, que favoreçam a geração e o compartilhamento de conhecimentos. Esses precisarão articular e conectar, rapidamente, os diversos atores do processo de produção com os diferentes públicos usuários, com vistas à disseminação, à mediação e ao acesso ágil, fácil e seguro às informações.

Para promover o acesso às informações geradas pelas organizações de pesquisa e inovação, será preciso avançar em soluções ousadas para os sistemas de informação, os repositórios e as bases de dados. É fundamental viabilizar sua integração, sua interatividade e sua interoperabilidade com sistemas externos (nacionais e mundiais), seguindo a tendência internacional de acesso aberto ao conhecimento científico, ampliando o compartilhamento de informações e de conhecimento entre os entes das cadeias produtivas do setor. Ressalte-se o papel-chave das tecnologias de informação e comunicação (TIC) e das ferramentas para a extração de informações em grandes volumes (*big data*) no âmbito da governança estratégica da informação.

A fim de tornar tais perspectivas uma realidade, as organizações de pesquisa e inovação precisam estar preparadas para o desconhecido, para o que ainda não foi descoberto, o que implica expandir investimentos na capacitação de recursos humanos, possivelmente até mais do que o necessário para atender às necessidades imediatas (ALVES, 2008). Para estar alinhada com as grandes oportunidades e os desafios para o futuro, a gestão de pessoas dessas organizações precisa continuamente engendrar esforços para captar sinais relevantes e com potencial de provocar grandes mudanças no prazo mais longo de maturação das pesquisas. Na Embrapa, o fortalecimento do capital humano terá como referência os macrotemas, que sinalizam para os grandes desdobramentos tecnológicos. Tal estratégia permitirá a continuidade na geração de soluções para a agropecuária brasileira, focalizando temas centrais, que demandam contínua atenção e aprimoramento.

O desenvolvimento de práticas de trabalho em rede deverá ser reforçado junto às organizações de pesquisa e inovação e seus parceiros. Essas equipes, cada vez mais, deverão trabalhar de forma coletiva e colaborativa, possibilitando o estabelecimento de um processo de criação e de compartilhamento de conhecimentos efetivo, visando a gerar inovações agropecuárias que minimizem ou que resolvam os desafios colocados para os próximos 20 anos.

Na transferência de tecnologia, os esforços de P&D geram conhecimento que precisa ser adequadamente traduzido aos produtores rurais e à sociedade, de maneira a permitir que as recomendações científicas sejam efetivamente adotadas na prática. A inovação, em última análise, ocorre quando todo o processo é atingido de modo exitoso. Nesse contexto, as organizações de pesquisa e inovação precisam ter as tecnologias organizadas, sistematizadas, qualificadas, descritas na linguagem do seu

usuário, de rápido acesso, para que possam ser difundidas e comunicadas com rapidez aos diferentes públicos usuários. É ainda importante incorporar o conceito de comunicação tecnológica nos processos de transferência, pois esta é uma atividade que deve ser feita por meio de diálogo, entendimento e aprendizagem conjuntos.

Para que possam ser transferidos aos produtores e efetivamente adotados, os conhecimentos e as tecnologias construídas no processo de P&D, no âmbito das organizações de pesquisa e inovação, precisam ser estruturados como modelos de negócio. Isso requer a organização das unidades de produção – as fazendas – e do seu entorno – o mercado de bens e serviços agropecuários e agroindustriais que viabilizam a produção e o acesso a conhecimentos e tecnologias embutidos em insumos e máquinas – para facilitar o tráfego dos conhecimentos e viabilizar sua adoção pelos produtores.

Essa tecnologia organizacional, até o presente, transformou a agropecuária numa atividade industrial, na medida em que ampliou o conhecimento e as possibilidades de controle dos fatores, fases e eventos do processo de produção. Aumentou a previsibilidade quanto ao que será produzido. Para tanto, vem estabelecendo elevado grau de profissionalização e de especialização dos agentes produtivos, em que uns se dedicam à produção de insumos (mudas, sementes, animais recém-nascidos, rações, etc.); outros, aos serviços preparatórios (plantio, colheita, ensilagem, pré-processamento, etc.); e outros, à integração dos fatores de produção (condução das lavouras, criatórios, etc.).

Essa tecnologia organizacional, que não é um produto típico das organizações de pesquisa e inovação, é obtida pela interlocução entre pesquisadores, profissionais de transferência,

produtores e os profissionais do entorno. Ela tem intensificado a eficiência desses modelos de negócio, reduzido seus custos de produção, impactos ambientais e margens de negociação, e segmentado o espectro das propriedades rurais.

O acirramento dessa tendência, que se anuncia para o futuro em razão de exigências ambientais, demográficas e sociais, entre outros, irá requerer a atualização dos métodos de assistência técnica. Será necessário intensificar o uso de TIC para viabilizar a interlocução online, em tempo real, a criação de redes virtuais de colaboração e intercâmbio de conhecimentos, e a inclusão digital da pequena produção na era *big data*, acessando bases tecnológicas e aportando os dados de suas realidades. Essas ações são essenciais para que a pequena produção possa participar dessa interlocução com a pesquisa e o entorno e contar com essa tecnologia organizacional para facilitar a adoção de novas práticas e o ajuste de seus modelos de produção.

Com maior conhecimento das tecnologias, que considerem as diferentes características e os distintos contextos da agropecuária brasileira, a percepção de risco do produtor rural deverá ser reduzida. Desse modo, e com adequadas políticas de indução, a adoção em mais larga escala de boas práticas de produção e de tecnologias mais modernas é viabilizada. Esperam-se amplos efeitos de transbordamento nesse processo. Todos esses produtores, conectados às cadeias produtivas e aos mercados, precisarão de políticas, em sentido amplo, que forneçam isonomia de condições de produção e competitividade frente aos principais competidores internacionais.

## Cooperação internacional

Os processos de sofisticação tecnológica, que emergem em diferentes países e organizações, exigem que as organizações de pesquisa e inovação brasileiras tenham uma visão aguçada do futuro da inovação agropecuária e construam parcerias e alianças que ultrapassem as fronteiras para manterem a eficiência e a competitividade no futuro. A cooperação internacional, além de trazer benefícios ao Brasil, ao internalizar mais rapidamente conhecimento e tecnologias de vanguarda, cumpre o papel de ampliar a contribuição do Brasil para a agropecuária praticada no cinturão tropical.

Um dos principais desafios para a cooperação internacional, em tempos tão desafiadores, é a definição de agendas estratégicas para a cooperação científica e tecnológica, que priorizem áreas e temas, perfis profissionais adequados e parceiros preferenciais onde o Brasil já opera ou pretende operar. O estreitamento dessa cooperação permite, entre outros, a realização de benchmarking periódicos,<sup>26</sup> para aferir se as prioridades traçadas no País, guardadas suas particularidades, alinham-se com a visão internacional.

Outro grande desafio é o aprimoramento de estratégias de informação e comunicação, uma vez que, na falta de informações adequadas e de processos apropriados para sua disseminação, o trabalho de promoção da cooperação fica mais difícil ou até mesmo inviável. Qualquer esforço de intensificação do processo de cooperação

---

<sup>26</sup> Uma ação de *benchmarking* foi recentemente realizada pela Embrapa, em que se verificou que os principais desafios para as organizações de pesquisa e inovação, em âmbito global, estão ligados a diferentes vertentes, como: a) segurança alimentar com sustentabilidade e com o fornecimento de alimentos nutricionalmente adequados; b) adaptação às mudanças climáticas; c) manejo de novas pragas, doenças e plantas invasoras; d) intensificação da produção, com aumento da produtividade e uso mais eficiente dos recursos; e) desenvolvimento de fontes alternativas de energia; e f) desenvolvimento de métricas para a análise de impactos das pesquisas e de tecnologias na agricultura (TORRES et al., 2013).

e internacionalização gera um desafio novo, que é a necessidade de se implantar processos de comunicação e interação compatíveis com o desafio de se estabelecer relações produtivas com uma maior diversidade de culturas, organizações e pessoas.

Isso pressupõe o desenho e a implementação de processos de informação e comunicação que instrumentalizem os profissionais que estão na linha de frente da cooperação a operar de maneira compatível com os contextos em que atuam. Ainda neste campo, um grande desafio é divulgar e demonstrar a competência científica e tecnológica do País e de suas organizações, como forma de atrair a atenção de potenciais parceiros, como universidades e centros de pesquisa internacionais.

É preciso que se acorde, também, para a explosão das mídias sociais, que estão revolucionando a comunicação e o fluxo de informações nos meios científicos internacionais. Já não há mais dúvidas de que esses instrumentos trarão grandes benefícios em visibilidade e atração de novos parceiros para as instituições que aprenderem a utilizá-los bem.

Os processos de cooperação científica em âmbito internacional precisam incorporar a visão de que não é possível operar em todos os cantos do mundo a partir de uma estratégia única. Considerando as grandes diferenças culturais entre os países ocidentais e orientais, e a maior dificuldade de se transitar com desenvoltura nos ambientes científicos na Ásia (em função da grande diferença cultural e das barreiras de comunicação), é preciso, por exemplo, explorar relações mais próximas com o Itamaraty e com as Embaixadas. Essas relações facilitarão o trabalho de articulação, pois as Embaixadas abrem as portas para a cooperação e, mais importante, alertam para as questões políticas importantes, que não seriam percebidas a partir de uma atuação mais independente.

## Ameaças e riscos à Visão 2034<sup>27</sup>

A despeito do enorme progresso alcançado pelas cadeias produtivas agropecuárias e pela ciência brasileira, nas últimas décadas (produção, produtividade, políticas públicas, custo da cesta básica, segurança alimentar, pesquisa e inovação, entre outros), ainda existem gargalos que, se não superados com a devida brevidade, impedirão a realização de seu pleno potencial. No passado recente, o Brasil ganhou projeção no cenário internacional, como um ator global, tanto em produção agropecuária como em produção de conhecimento e tecnologia tropical. A pesquisa pública já divide espaço com a pesquisa privada, desenvolvida no País e no exterior.

O Brasil tornou-se um mercado de destaque, tendo por consequência atraído novos atores e empresas, com crescente verticalização da produção e introdução de novas tecnologias baseadas principalmente nas tecnologias convergentes (TI, biotecnologia, mecanização e automação), de grande impacto. O domínio e a rápida incorporação das novas fronteiras tecnológicas aos sistemas de produção passam a ser condições imprescindíveis para os saltos de produção e produtividade a serem exigidos nas próximas décadas, no que tange às expectativas de competitividade e sustentabilidade de nossa agropecuária tanto para suprir o mercado interno como o externo. Novos perfis profissionais e a capacidade de criação de novas empresas tecnológicas, ou de ampliação das atuais, incluindo novas habilidades tanto gerenciais como tecnológicas, materializam tais tendências.

Nesse contexto, é fator de risco para um país e suas organizações adiar decisões ou não tomá-las. Ou, pior ainda, não elencá-las nem priorizá-las, pela incapacidade de antecipar futuros, de tomar

---

<sup>27</sup> Esta seção baseia-se em Crestana e Fragalle (2012).

decisões no tempo certo e de incluí-las nas agendas organizacionais. Um reflexo claro e óbvio em que a ausência de protagonismo implica em graves consequências e riscos é a falta de investimentos em pesquisa e inovação agropecuária, redundando em: diminuição relativa da produtividade; perda da competitividade no mercado interno e nas exportações; proliferação de pragas e doenças; problemas de saúde para os consumidores; e degradação do meio ambiente.

Outra fonte de risco é a dependência elevada da pesquisa agropecuária em recursos do Tesouro Nacional. Esse responde por mais de 90% do financiamento, em época em que o espaço orçamentário e financeiro do Estado mostra-se limitado. A competição internacional pelo conhecimento e pela tecnologia, com a internacionalização e a globalização, leva a pesquisa privada a procurar por países com custo mais baixo para implantar redes de pesquisa e centros de decisão tecnológicos e de inovação.

O Brasil corre o risco de não conseguir baratear seus custos de pesquisa e não aumentar a eficiência de seu sistema de pesquisa e inovação. Entre outros pontos que determinam esse quadro, as parcerias público-privadas em inovação, bem como os arranjos, nacionais e internacionais, em áreas estratégicas do desenvolvimento nacional, precisam avançar mais. Também há necessidade de se avançar mais rápido na criação de marcos legais para alavancar o financiamento e a parceria da pesquisa e da inovação no País.<sup>28</sup> É preciso reduzir os vazios tecnológicos em algumas regiões do País e ousar mais para atrelar o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA) às empresas de base tecnológica (*start-ups*, *spin-offs*) em áreas estratégicas à competitividade e sustentabilidade das cadeias produtivas agropecuárias.

---

<sup>28</sup> Desde 2004, o Brasil criou, no âmbito da inovação, importantes marcos regulatórios (CRESTANA; FRAGALLE, 2012).



Deve-se ressaltar e acrescentar algumas outras ameaças e riscos (CRESTANA; FRAGALLE, 2012); entre esses, cite-se a baixa cultura de inovação no País como entrave ao financiamento. Adicionalmente, verifica-se a dificuldade em alterar legislações, que inibem ou impedem o pleno desenvolvimento científico-tecnológico e de inovação, a exemplo do acesso, conservação e uso dos recursos naturais e da biodiversidade. Deve-se avançar com mais agilidade e vigor no estabelecimento de melhores conexões entre os sistemas de conhecimento tradicionais e os científicos, ao tempo que se amplia o fluxo livre e a troca de informação científica, incluindo aquela relacionada ao conhecimento tradicional.

Há necessidade de se avançar em modelos de gestão que permitam maior aproveitamento de recursos financeiros, humanos e de infraestrutura, visando a maior parceria entre atores públicos e privados. É preciso governança que considere e administre não só a dimensão vertical da autoridade, mas também a dimensão horizontal da inteligência e do poder coletivos emanados da sociedade.





## **Trajetória 2014–2034**

Haverá enormes desafios a serem enfrentados, na medida em que a agropecuária será forçada a se concentrar simultaneamente em duas frentes importantes: a competitividade e a sustentabilidade. O futuro da agricultura será moldado por conceitos, métodos e aplicações multifuncionais que irão além da visão atual da agropecuária como um sistema dedicado à produção de alimentos, fibras e energia.

Serão necessárias tecnologias mais eficientes para atender às demandas da sociedade brasileira, em termos de alimentos para pessoas e animais, de serviços ambientais, de fibras e de matérias-primas, e também para produzir excedentes para exportar para outros países e contribuir de modo expressivo para a segurança alimentar, nutritiva e energética global. Avanços tecnológicos devem ajudar a preservar recursos naturais como solo, água, florestas e biodiversidade, e a lidar com as incertezas climáticas e seus potenciais efeitos negativos sobre a produção agropecuária. É necessário ampliar as pesquisas para mitigar os efeitos de

eventos climáticos extremos, aumentar a resiliência dos sistemas e permitir a adaptação aos novos cenários de estresses biótico e abiótico aumentados, e de insegurança energética, já previstos.

Apesar da magnitude dos desafios, o progresso tecnológico alcançado em diversas frentes tem sido impressionante, o que aumenta as possibilidades de encontrar respostas bem sucedidas conforme forem necessárias. Ocorrem revoluções científicas em vários campos do conhecimento, como na biologia, com as “ômicas” (genômica, proteômica, metabolômica); na física e na química, com a nanotecnologia; e na tecnologia da informação e comunicação, com a realidade aumentada e a inteligência artificial. Essas inovações aumentarão a habilidade de compreender e responder a riscos e desafios presentes e futuros.

Em anos recentes, a biologia empreendeu enormes avanços com o estudo dos genomas, os quais nos permitiram ampliar nossa compreensão dos mecanismos complexos das plantas, animais e microrganismos. Esses avanços engendrarão inovações que impulsionarão o desenvolvimento de novos sistemas de produção agropecuários, com maior potencial de agregar valor e de assegurar maior produtividade, alimentos mais seguros e de maior qualidade, e outros produtos agrícolas e serviços ambientais. Essas inovações terão grandes impactos positivos no futuro das cadeias produtivas agropecuárias.

Para se beneficiarem de tais ganhos tecnológicos e permanecerem competitivos, os países deverão investir na formação de recursos humanos e na formatação de processos, métodos e instrumentos sofisticados. As tecnologias de informação e de comunicação também prometem revolucionar ainda mais os métodos de manejo da produção agrícola, o acesso ao mercado, a logística e as relações entre produtores e consumidores. Poderão também mudar comportamentos existentes e aumentar a atenção

às demandas de consumidor e à imagem da agropecuária perante a sociedade.

Os processos de sofisticação tecnológica, que emergem em diversos países e institutos, requerem que as organizações de pesquisa e inovação no Brasil tenham um olhar incisivo sobre o futuro da inovação no setor, com o fim de estabelecer parcerias e alianças além de nossas fronteiras e, assim, assegurar nossa eficiência e competitividade no futuro. Aprimorar a cooperação internacional será essencial para o desenho de cadeias produtivas em agricultura tropical, em diferentes regiões do mundo, que simultaneamente nos permitirá rapidamente alcançar e incorporar o progresso e os ganhos conseguidos em âmbito internacional.

A consolidação de sistemas de inteligência estratégica se torna cada vez mais importante nestes tempos de rápidas mudanças e de rompimento de paradigmas. O mundo é complexo, dinâmico e muda rapidamente, e as metas tornam-se cada vez mais móveis e difusas, exigindo decisões e ações rápidas e oportunas. A sustentabilidade da agropecuária brasileira depende da antecipação de riscos, oportunidades e desafios e da coordenação do processo de tomada de decisão e ações subsequentes em seus vários níveis. Tal capacidade é essencial para elaborar políticas públicas de longo alcance, subsidiar o processo de tomada de decisão e realizar os objetivos estratégicos das cadeias produtivas agropecuárias brasileiras.





## Referências

ACEMOGLU, D.; AGHION, P.; BURSZTYN, L.; HEMOUS, D. The Environment and Directed Technical Change. **American Economic Review**, Nashville, v. 102, n. 1, p. 131-166, 2012.

ADAMS, J.; PENDLEBURY, D.; STEMBRIDGE, B. **Buiding bricks**: exploring the global research and innovation impact of Brazil, Russia, India, China, and South Korea. Philadelphia: Thomson Reuters, 2013. 26 p.

AGENCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Relatório setorial**: Agroindústria. 2009. Disponível em: <[www.abdi.com.br](http://www.abdi.com.br)>. Acesso em: 24 jul. 2010.

AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **Agrotóxicos no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa/AGITEC, 2013. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura\\_e\\_meio\\_ambiente/arvore/CONTAG01\\_40\\_210200792814.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura_e_meio_ambiente/arvore/CONTAG01_40_210200792814.html)>. Acesso em: 7 nov. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: informe 2012. Brasília, DF, 2012. 215 p. Edição especial.

AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY INDICATORS. 2012. Disponível em: <<http://www.asti.cgiar.org/brazil>>. Acesso em: 24 abr. 2012.

ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (Ed.). **Agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008a. v. 1. 1337 p.

ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (Ed.). **Agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008b. v. 2. 1337 p.

ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. **World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision**. Roma: FAO, 2012.

ALSTON, J. M. **The benefits from agricultural research and development, innovation, and productivity growth**. Paris: OECD, 2010.

ALSTON, J. M.; NORTON, G. W.; PARDEY, P. G. **Science under scarcity**: principles and practice for agricultural research evaluation and priority setting. Wallingford: CABI Publishing, 1998. 585 p.

ALSTON, J. M.; PARDEY, P. G. Agriculture in the global economy. **Journal of Economic Perspectives**, Tennessee, v. 28, p. 121-146, 2014.

ALVES, E. **Alguns desafios que a Embrapa enfrentará**. Londrina: Fortebio, 2008.

ALVES, E. R. A.; CONTINI, E.; GASQUES, J. G. Evolução da produção e produtividade da agricultura brasileira. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (Ed.). **Agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 1. p. 67-99.

ALVES, E. R. A.; SILVA, R. C. Qual é o problema de transferência de tecnologia do Brasil e da Embrapa? In: ALVES, E. R. de A.; SOUZA, G. da S.; GOMES, E. G. (Ed.). **Contribuição da Embrapa para o desenvolvimento da agricultura no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 182-191.



ALVES, E.; PASTORE, A. C. Import substitution and implicit taxation of agriculture in Brazil. **American Journal of Agricultural Economics**, Ithaca, v. 60, p. 865-871, 1978.

ALVES, E.; SOUZA, G. S.; MARRA, R. **Êxodo e sua contribuição à urbanização no período 1950 a 2010**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. Relatório Interno, Gabinete da Presidência.

ALVES, E.; SOUZA, G. S.; ROCHA, D. P. Lucratividade da agricultura. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, v. 21, n. 2, p. 45-63, abr./jun. 2012.

ALVES, E.; SOUZA, G. V. S. **Difusão de tecnologia e extensão rural**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. No prelo. Relatório Interno, Sistema Embrapa de Inteligência Estratégica

ALVES, R. C.; MOREIRA, R. S. V.; UZÊDA, M. C. Análise da alteração de características químicas do solo e composição de espécies arbóreas em fragmentos florestais limítrofes a áreas de cultivo convencional sob diferentes intensidades de uso. **Cadernos de Agroecologia**, Cruz Alta, RS, v. 8, 2013.

ANNUAL Energy Outlook 2013 - with projections to 2040. Washington, DC: U.S. Energy Information Administration: Office of Integrated and International Energy Analysis, 2013. Disponível em: <<http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383%282013%29.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2014.

ASSIS, O. **Tendências e impactos das transformações do mundo nas cadeias produtivas agropecuárias brasileiras, 2013 – 2033**: aplicações da nanotecnologia na agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 2013. No prelo. Relatório Interno, Sistema Embrapa de Inteligência Estratégica.

AZAR, C.; LARSON, E. C. Bioenergy and land-use competition in Northeast Brazil. **Energy for Sustainable Development**, [S.l.], v. 4, p. 64-71, 2000.

BAER, W. **The Brazilian economy**. 6th edition. Boulder: Lynne Rienner Publishers, 2008. 443 p.

BALDANI, J. L.; BALDANI, V. L. D. History of biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, [Cambridge], v. 77, p. 549-579, 2005.

BARROS, G. S. A. C. Política agrícola no Brasil: subsídios e investimentos. In: GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NAVARRO, Z. (Org.). **Agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas**. Brasília, DF: IPEA, 2010. p. 238-258.

BARROS, J. R. M. **Crescer não é fácil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 267 p.

BARROS, J. R. M. Efeitos da pesquisa agrícola para o consumidor. In: SEMINÁRIO SOBRE OS IMPACTOS DA MUDANÇA TECNOLÓGICA DO SETOR AGROPECUÁRIO NA ECONOMIA BRASILEIRA, 1., 2002. Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 147-202. (Embrapa-SEA. Documentos, 5).

BASSOI, L. H.; PELOSO, M. J.; FERREIRA, C. M. **Tendências e impactos das transformações do mundo nas cadeias produtivas agropecuárias brasileiras, 2013 – 2033: agricultura irrigada**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. No prelo. Relatório Interno, Sistema Embrapa de Inteligência Estratégica.

BATISTELLA, M.; BOLFE, É. L. Pesquisa, desenvolvimento e inovações geoespaciais para a agropecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 47, n. 9. p. 3-7, 2012.

BEINTEMA, N.; STADS, G.; FUGLIE, K.; HEIDEY, P. **ASTI global assessment of agricultural R&D spending**. Roma: IFPRI: ASTI: GFAR, 2012. 16 p.

BENITES, V. M. **Tendências e impactos das transformações do mundo nas cadeias produtivas agropecuárias brasileiras, 2013 – 2033: fertilizantes e nutrientes para a agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. No prelo. Relatório Interno, Sistema Embrapa de Inteligência Estratégica.

BERNARDI, A. C. C.; IANAMASSU, R. Y. **Tendências e impactos das transformações do mundo nas cadeias produtivas agropecuárias brasileiras, 2013 – 2033: automação e agricultura de precisão na agropecuária**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. No prelo. Relatório Interno, Sistema Embrapa de Inteligência Estratégica.

BIOECONOMIA: uma agenda para o Brasil. Brasília, DF: CNI, 2013. 40 p.

BODDEY, R. M.; SÁ, J. C. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. The contribution of biological nitrogen fixation for sustainable agricultural systems in the tropics.

**Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 29, p. 787-799, 1997.

BOLFE, E. L.; COUTINHO, A.; VENTURIERI, A.; SANO, E. E.; FIDALGO, E. C. C.; HAMADA, E. **Comitê Gestor do Portfólio de Monitoramento da Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra no Território Nacional**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 4 p. Nota técnica. Disponível em: <<https://sistemas.sede.embrapa.br/ideare>>.

Acesso em: 6 nov. 2012.

BONELLI, R. Impactos econômicos e sociais de longo prazo da expansão agropecuária no Brasil: revolução invisível e inclusão social. In: SEMINÁRIO SOBRE OS IMPACTOS DA MUDANÇA TECNOLÓGICA DO SETOR AGROPECUÁRIO NA ECONOMIA BRASILEIRA, 1., 2002, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 19-71. (EMBRAPA-SEA. Documentos, 5).

BORTOLIN, A.; FAUZE, A.; AOUADA, S.; LUIA, H. C. CAUE, R. Nanocomposite PAAm: methyl cellulose: montmorillonite hydrogel: evidence of synergistic effects for the controlled release of fertilizers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 61, p. 130, 2013.

BOT. A.; NACHTERGAELE, F.; YOUNG, A. **Land resource potential and constraints at regional and country levels**. Rome: FAO, 2000. (World Soil Resources Report, 90).

BP Energy Outlook 2035. Disponível em: <[http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/Energy-Outlook/Energy\\_Outlook\\_2035\\_booklet.pdf](http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/Energy-Outlook/Energy_Outlook_2035_booklet.pdf)>. Acesso em: 4 fev. 2014.

BRASIL. Lei n. 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 de jan. de 1997.

BRASIL. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, DF: MCT, 2011.

BRASILEIRO, A. **Tendências e impactos das transformações do mundo nas cadeias produtivas agropecuárias brasileiras, 2013 – 2033**: aplicações da biotecnologia na agropecuária. Brasília, DF: Embrapa, 2013. No prelo. Relatório Interno, Sistema Embrapa de Inteligência Estratégica.

CENTRO DE ESTUDOS EM ECONOMIA APLICADA. **PIB Agro CEPEA-USP/ CNA**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/>>. Acesso em: 30 mar. 2013.

CLIMATE science: a sensitive matter. **The Economist**, London, mar. 2013. Disponível em: <<http://www.economist.com/news/science-and-technology/21574461-climate-may-be-heating-up-less-response-greenhouse-gas-emissions>>. Acesso em: 30 mar. 2013.

CONFORTI, P. **Looking ahead in world food and agriculture**: perspectives to 2050. Roma: FAO, 2011.

CONTINI, E.; GASQUES, J. G.; ALVES, E.; BASTOS, E. T. Dinamismo da agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, v. 19, p. 42-64, jul. 2010.

CORRADINI, E.; MOURA, M. R. de; MATTOSO, L. H. C. A preliminary study of the incorporation of NPK fertilizer into chitosan nanoparticles. **Express Polymer Letters**, [S.l.], v. 4, p. 509-515, 2010.

CRESTANA, S.; FRAGALLE, E. P. A trilha da quinta potência: um primeiro ensaio sobre ciência e inovação, agricultura e instrumentação agropecuárias brasileiras. **Revista Eixo**, Brasília, DF, v. 1, n. 1, p. 7-19, 2012.

DALCOMUNNI, S. M. Dinâmica dos investimentos em nanotecnologia. In: MOTTA, E. A. (Coord.). **Perspectivas do investimento nas indústrias baseadas em ciência**. Rio de Janeiro: Ed. da UFRJ/Instituto de Economia, 2009. 243 p.

DEL GROSSI, M. E. **Distribuição dos estabelecimentos agropecuários, segundo os tipos de agricultura, Brasil, 2006**. Brasília, DF: MDA, 2013. Não publicado

DELFIN NETTO, A. O preço dos alimentos. **Valor Econômico**, São Paulo, p. A2, 22 jul. 2008.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; BACALTCHUK, B.; SATTTLER, A.; DENARDIN, N. A.; FAGANELLO, A.; WIETHOLTER, S. Sistema de plantio direto: fator de potencialidade da agricultura tropical brasileira. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (Ed.). **Agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

DIAS, G. L.; AMARAL, C. M. Mudanças estruturais na agricultura brasileira, 1980-1998. In: BAUMANN, R. (Org.). **Brasil**: uma década em transição. Rio de Janeiro: Campus, 2000. p. 223-254.

DÍAZ-BONILLA, E.; SAINI, E.; CREAMER, B.; HENRY, G. **Better to be foresighted than myopic**: a foresight framework for agricultores, food security and R&D in Latin America and the Caribbean. Cidade do Panamá: CIAT, 2013.

DOBEREINER, J. Biological nitrogen fixation in the tropics: social and economic contributions. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 29, p. 771-774, 1997.

DOBEREINER, J.; BALDANI, V. L. D.; REIS, V. M. The role of biological nitrogen fixation to bio-energy programmes in the tropics. In: ROCHA-MIRANDA, C. E. (Ed.). **Transition to global sustainability**: the contribution of Brazilian science. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2000. 323 p.

DUNCAN D. H.; DORROUGH, J.; WHITE, M. Blowing in the wind? Nutrient enrichment of remnant woodlands in an agricultural landscape. **Landscape Ecology**, Hague, v. 23, n. 107-119, 2008.

DURÃES, F. **Tendências e impactos das transformações do mundo nas cadeias produtivas agropecuárias brasileiras, 2013 – 2033**: sucroalcooleiro energético e tecnologia agroindustrial. Brasília, DF: Embrapa, 2013. No prelo. Relatório Interno, Sistema Embrapa de Inteligência Estratégica.

EMBRAPA. **Departamento de Administração Financeira**. Brasília, DF. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/departamento-de-administracao-financeira-daf>>. Acesso em: 30 nov. 2013

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Agricultural Projections to 2023**. Washington, DC: USDA/Office of the Chief Economist, 2014. 91 p.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Agricultural Projections to 2022**. Washington, DC: USDA, 2013.

EUCLIDES FILHO, K. Produção animal no Bioma Cerrado: uma abordagem conceitual. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. p. 116-137.

EUROPEAN COMMISSION. **Our life insurance, our natural capital: an eu biodiversity strategy to 2010**. Brussels: [s.n.], 2010. Disponível em: <[http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/pdf/2020/1\\_EN\\_ACT\\_part1\\_v7%5B1%5D.pdf](http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/pdf/2020/1_EN_ACT_part1_v7%5B1%5D.pdf)>. Acesso em: 16 mar. 2014.

FERREIRA FILHO, J. B. S.; HORRIDGE, M. In: ANNUAL CONFERENCE ON GLOBAL ECONOMIC ANALYSIS, 13., 2010, Penang. **Proceedings...** Penang: [s.n.], 2010. 1 CD.

FOSTERING productivity and competitiveness in agriculture. Paris: OECD, 2011.

FREIBAUER, A.; MATHIJS, E.; BRUNORI, G. **Sustainable food consumption and production in a resource-constrained world**. Brussels: SCAR, 2010.

GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. R. P.; VALDES, C. Produtividade total dos fatores e transformações da agricultura brasileira: análise dos dados dos Censos Agropecuários. In: GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NAVARRO, Z. (Org.). **Agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas**. Brasília, DF: IPEA, 2010. p. 19-45.

GAZZONI, D. L. **Tendências e impactos das transformações do mundo nas cadeias produtivas agropecuárias brasileiras, 2013 – 2033: fitossanidade**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. No prelo. Relatório Interno, Sistema Embrapa de Inteligência Estratégica.

GLOBAL trends 2030: alternative worlds. Washington, DC: NIC, 2012.

GOEDERT, W. (Ed.). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC; São Paulo: Nobel, 1987. 422 p.

GOLDMAN SACHS. **The expanding middle**: the exploding world middle class and falling global inequality. [S.l.]: Global Economic Papers, 170. 2008, 21 p.

GREMAUD, A.; VASCONCELLOS, M. A. S.; TONETO JUNIOR, R. **Economia brasileira contemporânea**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2004. 625 p.

HADDAD, E. A.; DOMINGUES, E. P.; PEROBELLI, F. S.; ALMEIDA, E. S.; AZZONI, C. R.; GUILHOTO, J. J. M.; KANCZUK, F. **Impactos econômicos das mudanças climáticas no Brasil**. São Paulo: FIPE, 2010. 26 p.

HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W. **Desenvolvimento agrícola**: teoria e experiências internacionais. Brasília, DF: Embrapa, 1988. 460 p.

HAZELL, P.; WOOD, S. Drivers of change in global agriculture. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, London, v. 363, p. 495-515, 2008.

HENRY, P. B. **Turnaround**: third world lessons for first world growth. New York: Basic Books, 2013.

HOMMA, A. K. O. .Extrativismo vegetal ou plantio: qual a opção para a Amazônia? **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 26, n. 74, 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142012000100012](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142012000100012)>. Acesso em: 9 mar. 2014.

IBGE. **Censo agropecuário 2006**: Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro, 2006.

IBGE. **Contas nacionais trimestrais**. 2013. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa\\_resultados.php?id\\_pesquisa=4](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=4)>. Acesso em: 15 jun. 2013.

IBGE. **Indicadores sociais municipais**: uma análise dos resultados do universo do censo demográfico 2010. Rio de Janeiro, 2011. (Estudos e Pesquisas Informação Demográfica e Socioeconômica, 28).

IBGE. **Projeção da população do Brasil por sexo e idade**: 2000-2060. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao\\_da\\_populacao/2013/default\\_tab.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2013/default_tab.shtm)>. Acesso em: 18 mar. 2014.

IGUATEMY, M. A. **Agroecossistemas e suas implicações na regeneração de fragmentos de Mata Atlântica na Bacia do Rio Guapi-Macacu, RJ**. 2012. 121 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Monitoramento da floresta Amazônica brasileira por satélite**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 15 jan. 2014.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook 2013**. Disponível em: <<http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2013/>>. Acesso em: 11 dez. 2013.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for national greenhouse gas inventories**: reference manual. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl>>. Acesso em: 24 nov. 2006.

KHARAS, H.; GERTZ, G. **The new global middle class**: a cross-over from west to east. Washington, DC: Wolfensohn Center for Development at Brookings, 2010. 14 p.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570 p.

LAL, R. Carbon emission from farm operations. **Environmental International**, [S.l.], v. 30, p. 981-990, 2004.

LAPOLA, D. M.; MARTINELLI, L. A.; PERES, C. A. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, London, v. 4, p. 27-35, 2013.

LEVANTAMENTO de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia 2010. Brasília, DF: [Embrapa; São José dos Campos]: INPE, 2013. 1 folder.

LIMA, J. E. F. W. Agronegócio e recursos hídricos: desafios e oportunidades. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2013. Bento Gonçalves. **Palestra...** Bento Gonçalves: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013.

LIMA, J. E. F. W. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 46 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 33).



LIMA, M. A.; PESSOA, M. C. P. Y.; LIGO, M. A. V. **Emissões de metano na pecuária**. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006. 76 p. Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa.

Relatórios de referência

LOBELL, D. B.; CASSMAN, K. G.; FIELD, C. B. Crop yield gaps: their importance, magnitude, and causes. **Annual Review of Environment and Resources**, Palo Alto, v. 34, p. 1-26, 2009.

LOPES, M. A. As supersafras e a ponte verde. **Estadão**, São Paulo, 18 ago. 2013. p. B2.

LOPES, M. A. The Brazilian agricultural research for development (ARD) system. In: ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Improving agricultural knowledge and innovation systems: the OECD conference proceedings**. Paris: OECD Publishing, 2012. p. 323-334.

LOPES, M. R.; LOPES, I. G. V.; ROCHA, D. P. As políticas de competitividade na agricultura brasileira. In: BONELLI, R. (Org.). **A agenda de competitividade do Brasil**. Rio de Janeiro: FGV, 2011a. p. 79-111

LOPES, M. R.; LOPES, I. G. V.; ROCHA, D. P. Desempenho da agropecuária: produtividade, competitividade e crescimento. In: BONELLI, R. (Org.). **A agenda de competitividade do Brasil**. Rio de Janeiro: FGV, 2011b. p. 267-305.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura-pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, p. 133-146, 2009. Suplemento Especial.

MALETTA, H.; MALETTA, M. **Climate change, agriculture and food security in Latin America**. Brentwood: Multi-Science Publishing, 2011. 441 p.

MARGULIS, S.; DUBAUX, C. Economia da mudança do clima no Brasil. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental - IPEA**, Brasília, DF, v. 4, p. 7-12, 2010.

MARQUES, P. V.; AGUIAR, D. R. D. **Comercialização de produtos agrícolas**. São Paulo: EDUSP, 1993. 295 p.

MARTHA JUNIOR, G. B. **Expansão da cadeia de cana-de-açúcar e suas implicações para o uso da terra e desenvolvimento do Cerrado**. Brasília, DF, 2013. 41 p. Relatório Final - Projeto CNPq 552835/2007-2.

MARTHA JUNIOR, G. B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Dimensão econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1117-1126, out. 2011.

MARTHA JUNIOR, G. B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Land-saving approaches and beef production growth in Brazil. **Agricultural Systems**, Barking, v. 110, p. 173-177, 2012.

MASSRUHA, S. **Tendências e impactos das transformações do mundo nas cadeias produtivas agropecuárias brasileiras, 2013 – 2033**: tecnologia da informação e da comunicação. Brasília, DF: Embrapa, 2013. No prelo. Relatório Interno, Sistema Embrapa de Inteligência Estratégica.

MIRANDA, E. E. ; CARVALHO, C. A.; TORRESAN, F. E.; VICTORIA, D. de S.; HOTT, M. C.; OSHIRO, O. T. **Alcance territorial da legislação ambiental e indigenista**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2008. Disponível em: <<http://www.alcance.cnpm.embrapa.br/>>. Acesso em: 18 mar. 2014.

MORAES, G. I.; FERREIRA FILHO, J. B. S. Impactos econômicos de cenários de mudança climática na agricultura brasileira. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48., 2010, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sober, 2010. 1 CD.

NATIONAL bioeconomy blueprint. Washington, DC: US Whitehouse, 2012. 43 p.

NELSON, G. Drivers of Change in Ecosystem Condition and Services. In: CARPENTER, S. R. (Ed.). **Ecosystems and human well-being**: scenarios - findings of the scenarios working group. [S.l.; s.n.], 2005. p.173-222.

NELSON, G.; ROSENGRANT, M. W.; PALAZZO, A.; GRAY, I.; INGERSOLL, C.; ROBERTSON, R.; TOKGOZ, S.; ZHU, T.; SULSER, T. B.; RINGLER, C.; MSANGI, S.; YOU, LIANGZHI. **Food security, farming, and climate change to 2050**: scenarios, results, policy options. Washington DC: International Food Policy Research Insitute, 2010.

NORTH, D. **Institutions, institutional change and economic performance.**

Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 151 p.

OECD-FAO agricultural outlook 2012-2021. Paris: OECD-FAO, 2012. 245 p.

OECD-FAO agricultural outlook 2013-2022. Paris: OECD, 2013. 322 p.

OLBRICH, K. **Tendências e impactos das transformações do mundo nas cadeias produtivas agropecuárias brasileiras, 2013 – 2033:** alimentos, nutrição e saúde. Brasília, DF: Embrapa, 2013. No prelo. Relatório Interno, Sistema Embrapa de Inteligência Estratégica.

OLIVEIRA, L. A. M. Potássio. In: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Sumário mineral 2009.** Brasília, DF, 2013. 104 p.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Natural resources and pro-poor growth:** the economics and politics. Paris: OECD, 2008. 166 p.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **The economic significance of natural resources:** key points for reformers in Eastern Europe, Caucasus and Central Asia. Paris: OECD, 2011. 40 p.

OUTLOOK Brasil 2022 - projeções para o agronegócio. São Paulo: FIESP/ ICONE, 2012.

PAGÉS, C. (Ed.). **The age of productivity.** Washington, DC: Interamerican Development Bank, 2009. 348 p.

PAILLARD, S.; TREYER, S.; DORIN, B. (Coord.). **Agrimonde:** scenarios and challenges for feeding the world in 2050. França: Quæ, 2010. 296 p.

PARDEY, P. G.; ALSTON, J. M.; CHAN-KANG, C. **Agricultural production, productivity and R&D over the past half century:** an emerging new world order. St. Paul: Department of Applied Economics/University of Minnesota, 2012. 46 p.

PENSA. **Desenvolvimento da cadeia de irrigação no Brasil.** São Paulo, 2010. 117 p.

PEREIRA, P. A. A.; MARTHA JUNIOR, G. B.; SANTANA, C. A. M.; ALVES, E. The development of Brazilian agriculture: future technological challenges and opportunities. **Agriculture & Food Security**, London, v.1, n. 4, 2012.

PINDYCK, R. S. Climate change policy: what do the models tell us? **Journal of Economic Literature**, Nashville, v. 51, p. 860-872, 2013.

PINTO, H.; ASSAD, E. (Coord.). **Aquecimento global e cenários futuros da agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa; Campinas: Unicamp, 2008. 82 p.

PONTES, R. G. M.; NACHTIGAL, G. F.; CRUZ, I.; BETTIOL, W.; CAMPO, C. B. H. **Tendências e impactos das transformações do mundo nas cadeias produtivas agropecuárias brasileiras, 2013 – 2033: controle biológico**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. No prelo. Relatório Interno, Sistema Embrapa de Inteligência Estratégica .

PRODUCT carbon footprint standards. Nairóbi: UNEP, 2012. 5 p.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013**. Disponível em <[http://www.pnud.org.br/IDH/Atlas2013.aspx?indiceAccordion=1&li=li\\_Atlas2013](http://www.pnud.org.br/IDH/Atlas2013.aspx?indiceAccordion=1&li=li_Atlas2013)>. Acesso em: 20 dez. 2013.

PROJETO de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite. 2014. Disponível em: <<http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/index.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2014.

PUTNAM, R. **Comunidade e democracia: a experiência da Itália moderna**. Rio de Janeiro: FGV, 2000.

RECH, E. L. Seeds, recombinant DNA and biodiversity. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 22, p. 36-44. 2012.

RECH, E. L.; ARBER, W. Biodiversity as a source for synthetic domestication of useful specific traits. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 162, p. 141-144, 2013. DOI: 10.1111/aab.12013.

RECH, E. L.; LOPES, M. R. Insights into Brazilian agricultural structure and sustainable intensification of food production. **Food and Energy Security**, [S.l.], v. 1, p. 77-80, 2012. DOI: 10.1002/fes3.12.

REGMI, A.; SEALE JUNIOR, J. L. **Cross-price elasticities of demand across 114 countries**. Washington, DC: USDA/ERS, 2010. 81 p. (USDA/ERS. Technical Bulletin, 1925).

RESCK, D. V. S. O potencial de sequestro de carbono em sistemas de produção de grãos sob plantio direto no Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE PLANIO DIRETO E MEIO AMBIENTE: SEQUESTRO DE CARBONO E QUALIDADE DA ÁGUA. 2005, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Febrapdp, 2005.

ROCCO, M. C.; BAINBRIDGE, W. S. (Ed.). **Converging technologies for improving human performance: nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science**. Washington, DC: NSF/DOC, 2002.

ROUTLEDGE, E.; PEDROZA FILHO, M. X.; LUNDSTEDT, L. C. **Tendências e impactos das transformações do mundo nas cadeias produtivas agropecuárias brasileiras, 2013 – 2033**: aquicultura. Brasília, DF: Embrapa, 2013. No prelo. Relatório Interno, Sistema Embrapa de Inteligência Estratégica.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; DIRCEU LUIZ BROCH, D. L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura- pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, p. 1349-1356, 2011.

SANTANA, D. P.; BAHIA FILHO, A. F. C. A ciência do solo e o desafio da sustentabilidade agrícola. **Boletim Informativo** – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 19-23, 1998.

SCARIOT, A. **Tendências e impactos das transformações do mundo nas cadeias produtivas agropecuárias brasileiras, 2013 – 2033**: recursos naturais: biodiversidade e recursos hídricos. Brasília, DF: Embrapa, 2013. No prelo. Relatório Interno, Sistema Embrapa de Inteligência Estratégica.

SCIENTIFIC opinion: safety of synthetic lycopene: scientific opinion of the scientific panel on dietetic products, nutrition and allergies. **EFSA Journal**, [S.l.], n. 676, p. 1-25, 2008. (Question No EFSA-Q-2007-119).

SHELL. **Cenários sob novas lentes**: mudança de perspectiva para um mundo em transição. Disponível em: <<http://www.shell.com/global/future-energy/scenarios/new-lens-scenarios.html>>. Acesso em: 20 dez. 2013.

SHIKLOMANOV, I. A. **World water resources**: rapid appraisal and assessment for the 21st century. Paris: UNESCO, 1998. 76 p.

SIDONIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L.; MORCH, R.; MAGALHÃES, G.; LIMA, J.; BURNS, V.; ALVES JUNIOR, A. J.; MUNGIOLI, R. Panorama da aquíicultura no Brasil: desafios e oportunidades. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, v. 35, p. 421-463, 2011.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

SOUSA, D. M. G.; VILELA, L.; REIN, T. A.; LOBATO, E. Eficiência da adubação fosfatada em dois sistemas de cultivo em um latossolo de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBSC, 1997. 1 CD-ROM.

SSP database. Disponível em: <<https://secure.iiasa.ac.at/web-apps/ene/SspDb/dsd?Action=htmlpage&page=about>>. Acesso em: 14 maio 2013.

STERN, N. The structure of economic modeling of the potential impacts of climate change: grafting gross underestimation of risk onto already narrow science models. **Journal of Economic Literature**, Nashville, v. 51, p. 838-859, 2013.

STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G. K.; TIGNOR, M. M. B.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P. M. (Ed.). **Climate change 2013**: the physical basis. Contribution of the working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. Disponível em: <[www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/mindex.shtml](http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/mindex.shtml)>. Acesso em: 28 nov. 2013.

SWINNEN, J.; RIERA, O. The global bio-economy. **Agricultural Economics**, [S.l.], v. 44, p. 1-5, 2013. Supplement.

THE FUTURE of food and farming: challenges and choices for global sustainability. London: The Government Office for Science, 2011.

TORRES, D. A. P.; CAMPOS, S. K.; PENA JÚNIOR, M. A. G. (Org.).

**Highlights do relato do workshop:** o futuro da inovação na agricultura tropical: oportunidades e responsabilidades para o setor de inovação agrícola brasileiro. Brasília, DF: Embrapa. 2013. Disponível em: <[https://www.embrapa.br/documents/1024963/1025740/Highlight\\_O\\_Futuro\\_da\\_Inovacao\\_na+Agricultura\\_Tropical\\_Oportunidades.pdf/e1218d8d-808c-43df-8e56-e8a9ad907947](https://www.embrapa.br/documents/1024963/1025740/Highlight_O_Futuro_da_Inovacao_na+Agricultura_Tropical_Oportunidades.pdf/e1218d8d-808c-43df-8e56-e8a9ad907947)>. Acesso em: 21 nov. 2013.

TSCHARNTKE, T.; CLOUGH, Y.; WANGER, T. C.; JACKSON, L.; MOTZKE, I. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. **Biological Conservation**, Essex, v. 151, p. 53-59, 2012.

UNESCO. **Relatório Unesco sobre ciência 2010:** o atual status da ciência em torno do mundo: resumo executivo. Brasília, DF: Representação da Unesco no Brasil, 2010. 51 p.

UNITED NATIONS POPULATION DIVISION. **World population prospects:** the 2012 Revision: Highlights and tables. New York: UNDP, 2013.

UNITED STATES AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT. **Emerging pandemic threats.** 2014. Disponível em: <<http://www.oie.int/doc/ged/D11473.PDF>>. Acesso em: 20 jan. 2014.

UZÊDA, M. C.; FIDALGO, E. C. C.; IGUATEMY, M. A.; CONDÉ, R.; ROUWS, J. R. C. **Explorando as relações entre estrutura da paisagem e atributos de qualidade de fragmentos em região de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. (EMBRAPA SOLOS. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 190)

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L. GUIMARÃES JUNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, p. 1127-1138, 2011.

WILKINSON, J. (Coord.). **Perspectivas do investimento no agronegócio.** Rio de Janeiro: Ed. da UFRJ, 2010. 306 p. Relatório integrante da pesquisa “Perspectivas do Investimento no Brasil”. Disponível em: <<http://www.projetopib.org/?p=documentos>>. Acesso em: 13 jan. 2010.

WORLD RESOURCE INSTITUTE. **World resources 2008: the roots of resilience – growing the wealth of the poor.** Washington, DC: WRI, 2008.

ZANELLA, J. **Tendências e impactos das transformações do mundo nas cadeias produtivas agropecuárias brasileiras, 2013 – 2033:** sanidade animal. Brasília, DF: Embrapa, 2013. No prelo. Relatório Interno, Sistema Embrapa de Inteligência Estratégica .



## Apêndice

### Documento *Visão 2014-2034: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira*

Coordenação técnica: Geraldo B. Martha Jr.

### Oficinas técnicas para a construção do conteúdo

*1ª oficina: O futuro da inovação na agricultura tropical: Oportunidades e responsabilidades para o setor de inovação agrícola brasileiro (10 a 12 de setembro de 2013)*

Coordenação técnica: Geraldo B. Martha Jr. e Marcos A. G. Pena Júnior

Profissional	Organização
Abi Soares dos Anjos Marques	Embrapa Quarentena Vegetal
Aigul Bayzlova	Bill & Melinda Gates Foundation
Alberto Duque Portugal	Agribusiness Management Center, FDC
Alysson Paolinelli	Associação Brasileira dos Produtores de Milho
Andre Nassar	Agroicone
Antônio Eduardo Guimarães dos Reis	Embrapa – Secretaria de Gestão Estratégica
Austrelino Silveira Filho	Embrapa Amazônia Oriental
Bernard Mallet	Le Recherche Agronomique Pour Le Développement (Cirad)
Brady Walkinshaw	Bill & Melinda Gates Foundation

<b>Profissional</b>	<b>Organização</b>
Carlos Alberto Barbosa Medeiros	Embrapa Clima Temperado
Carlos Cerri	Centro de Energia Nuclear na Agricultura – Universidade de São Paulo – Cena/USP
Carlos Eduardo Lazarini da Fonseca	Embrapa – Labex EUA
Celso Luiz Moretti	Embrapa – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Claudio Carvalho	Embrapa – Labex Europa
Cleber Oliveira Soares	Embrapa Gado de Corte
Clênio Nailto Pillon	Embrapa Clima Temperado
Damare de Castro Monte	Embrapa – Labex China
Daniel Barthelemy	Le Recherche Agronomique Pour Le Développement (Cirad)
Daniela Lopes	Embrapa – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Edson Luís Bolfe	Embrapa Monitoramento por Satélite
Elíbio Leopoldo Rech Filho	Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Eliseu Alves	Embrapa – Diretoria-Executiva/Presidência
Elísio Contini	Embrapa Estudos e Capacitação
Eric Arthur Bastos Routledge	Embrapa Pesca e Aquicultura
Esdras Sundfeld	Embrapa Agroindústria de Alimentos
Evaristo de Miranda	Embrapa Monitoramento por Satélite
Fernando Amaral	Embrapa – Departamento de Transferência de Tecnologia
Fernando Campos	Embrapa – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Fernando Castanheira	Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República – SAE/PR

<b>Profissional</b>	<b>Organização</b>
François Houllier	Institut National de la Recherche Agronomique (Inra)
Frederico Duraes	Embrapa Produtos e Mercado
Gabriel Ferreira Bartholo	Embrapa Café
Geraldo B. Martha Jr.	Embrapa Estudos e Capacitação
Geraldo Barros	Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo – Esalq/USP
Giampaolo Queiroz Pellegrino	Embrapa Informática Agropecuária
Gilberto Schmidt	Embrapa – Labex Coréia
Janice Reis Ciacci Zanella	Embrapa Suínos e Aves
João Cruz Filho	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa)
José Fernando da Silva Protas	Embrapa Uva e Vinho
José Ivo Baldani	Embrapa Agrobiologia
Julie Howard	United States Agency for International Development (Usaid)
Kepler Euclides Filho	Embrapa – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Ladislau Martin Neto	Embrapa – Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento
Lourival Vilela	Embrapa Cerrados
Luiz Carlos Guedes Pinto	Grupo Segurador Banco do Brasil & Mapfre
Manuel Rodolfo Otero	Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA/Brasil)
Marcio Porto	Embrapa – Secretaria de Relações Internacionais
Marcos Enê Chaves Oliveira	Embrapa Amazônia Oriental

<b>Profissional</b>	<b>Organização</b>
Marcos Valentim Ferreira Martins	Conselho Nacional dos Sistemas Estaduais de Pesquisa Agropecuária (Consepa) Instituto Agrônômico do Paraná (Iapar)
Marília Nutti	Embrapa Agroindústria de Alimentos
Mario Seixas	Embrapa – Secretaria de Gestão Estratégica
Maurício A. Lopes	Embrapa – Diretoria-Executiva/Presidência
Mauro Carneiro	Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Mauro Lopes	Fundação Getúlio Vargas
Michel Eddi	Le Recherche Agronomique Pour Le Développement (Cirad)
Milton Kanashiro	Embrapa Amazônia Oriental
Mirian Eira	Embrapa – Diretoria-Executiva/Presidência
Moisés Gomes Pinto	Instituto CNA
Myrian Tigano	Embrapa – Diretoria-Executiva/Presidência
Osmar Dias	Banco do Brasil
Otávio Balsadi	Embrapa – Departamento de Transferência de Tecnologia
Patrick Caron	Le Recherche Agronomique Pour Le Développement (Cirad)
Paulo Estevão Cruvinel	Embrapa – Secretaria de Gestão Estratégica
Paulo Fresneda	Embrapa – Diretoria-Executiva/Presidência
Philip Pardey	Universidade de Minnesota
Robert Habib	Institut National de la Recherche Agronomique (Inra)
Ronaldo de Andrade	Embrapa Produtos e Mercado
Rose Monnerat	Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Ruy de Araújo Caldas	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)
Sam Dryden	Bill & Melinda Gates Foundation

<b>Profissional</b>	<b>Organização</b>
Selma Beltrão	Embrapa Informação Tecnológica
Shenggen Fan	International Food Policy Research Institute (IFPRI)
Sílvia Massruhá	Embrapa Informática Agropecuária
Silvio Crestana	Embrapa Instrumentação
Vania Castiglioni	Embrapa – Diretoria de Administração e Finanças
Vinicius Pereira Guimarães	Embrapa Caprinos e Ovinos
Vitor Hugo	Embrapa – Secretaria de Negócios
Waldyr Stumpf Junior	Embrapa – Diretoria de Transferência de Tecnologia
Walter Bowen	Universidade da Flórida/Institute of Food and Agricultural Sciences
Warley Marcos Nascimento	Embrapa Hortaliças

*2ª oficina: O futuro da inovação na agricultura tropical: Tendências e impactos das transformações do mundo nas cadeias produtivas agropecuárias brasileiras (12 e 13 de novembro de 2013)*

Coordenação técnica: Kepler Euclides Filho e Fernando Campos

<b>Profissional</b>	<b>Organização</b>
Alberto C. C. Bernardi	Embrapa Pecuária Sudeste
Aldicir Scariot	Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Aldo Vilar Trindade	Embrapa Mandioca e Fruticultura
Alexandre C. Varella	Embrapa Pecuária Sul
Alfredo Eric Romminger	Embrapa – Secretaria de Negócios
Alfredo Homma	Embrapa Amazônia Oriental

Profissional	Organização
Altair T. Machado	Embrapa – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Ana C. M. Brasileiro	Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Ana Christina Sagebin Albuquerque	Embrapa Trigo
Ana Lucia Atrasas	Embrapa - Secretaria de Negócios
Antônio Alvaro Corsetti Purcino	Embrapa Milho e Sorgo
Antônio Carlos Conte	Embrapa – Secretaria de Negócios
Antonio Eduardo G. Reis	Embrapa – Secretaria de Gestão Estratégica
Ayrton Jun Ussami	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa)/Coordenação das Câms. Setoriais e Temática
Carlos Alberto B. Medeiros	Embrapa Clima Temperado
Carlos Magri Ferreira	Embrapa Arroz e Feijão
Clarissa Goldenberg	Embrapa – Secretaria de Negócios
Cristina Arzabe	Embrapa Café
Daniela F. Santana	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa)/Coordenação das Câms. Setoriais e Temática
David Roquetti Filho	Associação Nacional para Difusão de Adubos (Anda) Câmara Temática de Insumos Agropecuários
Décio Lauri Sieb	Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura (Contag)
Decio Luiz Gazzoni	Embrapa Soja
Edson Bólfe	Embrapa Monitoramento por Satélite
Eduardo Ieda	Associação Brasileira de Produtores de Óleo de Palma (Abrapalma) Câmara Setorial de Palma de Óleo

<b>Profissional</b>	<b>Organização</b>
Eliana Valéria Covolan Figueiredo	Embrapa Estudos e Capacitação
Elísio Contini	Embrapa Estudos e Capacitação
Eric Arthur Bastos Routledge	Embrapa Pesca e Aquicultura
Esdras Sundfeld	Embrapa Agroindústria de Alimentos
Everton Rabelo Cordeiro	Embrapa Amazônia Ocidental
Fabia de Mello Pereira	Embrapa Meio-Norte
Fernando A. Teixeira Mendes	Comissão Executiva de Planejamento da Lavoura Cacaueira (Ceplac)/Mapa
Fernando Campos	Embrapa – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Fernando Gondim	Embrapa – Diretoria de Administração e Finanças
Francisco de Assis M. Facundo	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa)/Coordenação das Câms. Setoriais e Temática
Frederico Ozanan Machado Durães	Embrapa Produtos e Mercado
Gerson Scheuermann	Embrapa Suínos e Aves
Hércules Antônio do Prado	Embrapa – Secretaria de Gestão Estratégica
Humberto Lobo Pennacchio	Companhia Nacional de Abastecimento (Conab)
Ivo Pierin Júnior	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil Câmara Setorial da Mandioca
Janice Reis Ciacci Zanella	Embrapa Suínos e Aves
Jonas Jochims	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil Câmara Setorial de Caprinos e Ovinos
José Américo de Sá	Câmara Temática de Seguros do Agronegócio
José Carlos Polidoro	Embrapa Solos

Profissional	Organização
José Edson Galio F.	Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação Câmara Setorial de Animais de Estimação
José Ivo Baldani	Embrapa Agrobiologia
José Renato B. Farias	Embrapa Soja
José Roberto Bottura	Associação Paulista de Avicultura Câmara Setorial de Aves e Suínos
Karina Maria Olbrich dos Santos	Embrapa Caprinos e Ovinos
Leonardo de Oliveira Machado	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
Lourival Vilela	Embrapa Cerrados
Luis Henrique Bassoi	Embrapa Semiárido
Marco Antônio Sedrez Rangel	Embrapa Mandioca e Fruticultura
Marco Olívio Morato de Oliveira	Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB)
Marcos Brandão Braga	Embrapa Hortaliças
Marcos E. C. Oliveira	Embrapa Amazônia Oriental
Maria Consolacion Udry	Embrapa – Secretaria de Gestão Estratégica
Maria José Del Peloso	Embrapa Arroz e Feijão
Mario Seixas	Embrapa – Secretaria de Gestão Estratégica
Mauro Celso Zanns	Embrapa Uva e Vinho
Milton Kanashiro	Embrapa Amazônia Oriental
Naiana Campos Gil Ferreira	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa)/Coordenação das Câmaras Setoriais e Temática
Odilio B. G. Assis	Embrapa Instrumentação
Odilon Reny Ribeiro F. da Silva	Embrapa Algodão



<b>Profissional</b>	<b>Organização</b>
Oscar Afonso da Silva Júnior	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa)/Coordenação das Câmaras Setoriais e Temática
Otávio V. Balsadi	Embrapa – Departamento de Transferência de Tecnologia
Paulo A . V. Barroso	Embrapa Algodão
Paulo de Oliveira Poleze	Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura (Contag)
Paulo E. Cruvinel	Embrapa – Secretaria de Gestão Estratégica
Pedro Abel Vieira	Embrapa Estudos e Capacitação
Pedro P. R. Oliveira	Fórum Nacional Sucreenergético
Pedro Sarmento	Embrapa – Departamento de Transferência de Tecnologia
Raul Osório Rosinha	Embrapa – Secretaria de Negócios
Roberta D. P. Grundling	Embrapa Estudos e Capacitação
Roberto Tadeu Degli	Câmara Setorial da Cachaça
Ronaldo de Lima Ramos	Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura (Contag)
Ronaldo Trecenti	CAMPO
Rosana Clara Victoria Higa	Embrapa Florestas
Rose Monnerat	Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Rui da Silva Verneque	Embrapa Gado de Leite
Sávio José B. Mendonça	Embrapa – Secretaria de Gestão Estratégica
Silvia Maria Fonseca S. Massruhá	Embrapa Informática
Sonia Azevedo Nunes	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa)/Coordenação das Câmaras Setoriais e Temática
Valéria Sucena Hammes	Embrapa – Departamento de Patrimônio e Suprimentos

Profissional	Organização
Vanessa da Fonseca Pereira	Embrapa – Departamento de Transferência de Tecnologia
Vinícius de Melo Benites	Embrapa Solos
Vinicius Pereira Guimarães	Embrapa Caprinos e Ovinos
Warley Marcos Nascimento	Embrapa Hortaliças

### *3ª oficina: Tendências da gestão da informação em instituições de C&T (10 e 11 de dezembro de 2013)*

Coordenação técnica: Selma Lúcia Lira Beltrão, Rúbia Maria Pereira, Rosangela Galon Arruda, Alessandra Silva e Jeane Dantas

Profissional	Organização
Ademir Benedito A. de Lima	Embrapa Soja
Aisten Baldan	Embrapa Agrossilvipastoril
Alessandra Rodrigues da Silva	Embrapa Informação Tecnológica
Ana Flavia do Nascimento Dias	Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Ana Lúcia Delalibera Faria	Embrapa Arroz e Feijão
Ana Paula Leitão	Embrapa Informação Tecnológica
Antonia Veras de Souza	Embrapa Hortaliças
Carmelita do Espírito Santo	Embrapa Agrobiologia
Claudia Regina Delaia Machado	Embrapa Solos
Cristiane Solano	Embrapa Informação Tecnológica
Daniel Nascimento Medeiros	Secretaria de Comunicação
Daniela Maciel	Embrapa Gestão Territorial
Denise Werneck	Embrapa Solos
Elizabeth Câmara	Embrapa Florestas
Fábio Lima Cordeiro	Embrapa Cerrados

<b>Profissional</b>	<b>Organização</b>
Fernando Antonio Hello	Embrapa Estudos e Capacitação
Fernando César Leite	Ex-empregado da Embrapa
Francisca Rache	Embrapa Florestas
Francisco Ribeiro Marques	Ouvidoria
Geraldo Bueno Martha Junior	Embrapa Estudos e Capacitação
Gislene Gama	Embrapa Semiárido
Ivo Pierozzi	Embrapa Informática Agropecuária
Jeane de Oliveira Dantas	Embrapa Informação Tecnológica
Job Lucio Gomes Vieira	Secretaria de Gestão Estratégica
Lânia Almeida	Embrapa Informação Tecnológica
Lidiane Marques Freitas de Souza	Embrapa Soja
Lucidalva Pinheiro	Embrapa Mandioca e Fruticultura
Luis Eduardo Gonzales	Embrapa Informática Agropecuária
Marcelo Moreira Campos	Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Marcos Antonio Gomes Pena Junior	Embrapa Estudos e Capacitação
Marcos Cezar Visoli	Embrapa Informática Agropecuária
Maria Amalia Gusmão Martins	Embrapa Informação Tecnológica
Maria de Fátima Cunha	Embrapa Informação Tecnológica
Maria Elizabeth Salviati	Embrapa Cerrados
Maria Goretti Gurgel	Embrapa Informática Agropecuária
Maria José Oliveira	Empregada aposentada da Embrapa
Maria Regina Martins	Embrapa Trigo
Massayuki O. Franco	Embrapa Informação Tecnológica
Patricia Rocha Bello Bertim	Embrapa Informação Tecnológica
Paulo Sergio Vilches Fresneda	Embrapa - Gabinete da Presidência
Regina Alves	Embrapa Amazônia Oriental

Profissional	Organização
Renato Ferreira Passos	Embrapa Informação Tecnológica
Ricardo Arcanjo de Lima	Embrapa Solos
Rochelle Alvorcem	Embrapa Informação Tecnológica
Rosameres Rocha Galvão	Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Rosângela de A. Leite Vasconcelos	Embrapa Informação Tecnológica
Rosângela Galon Arruda	Embrapa Informação Tecnológica
Rúbia Maria Pereira	Embrapa Informação Tecnológica
Scheila Maria Correa Fogaça	Embrapa Estudos e Capacitação
Shirley da Luz Soares	Embrapa Cerrados
Victor Paulo Marques Simão	Embrapa Meio Ambiente
Virginia Gomes de Caldas Nogueira	Embrapa Estudos e Capacitação
Wyviane Vidal	Embrapa Informação Tecnológica

*4ª oficina: Agricultura familiar: construindo uma agenda com visão de futuro*  
(17 e 18 de dezembro de 2013)

Coordenação técnica: Otávio Balsadi, Soraya Carvalho Barrios de Araújo, Edson Guiducci Filho e Vanessa da Fonseca Pereira

Profissional	Organização
Alfredo Albin	Instituto Nacional de Pesquisa Agropecuária – Uruguai
Altair Toledo	Embrapa – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Anderson Amaro	Movimento dos Pequenos Agricultores
Assunta Helena Sicoli	Embrapa – Departamento de Transferência de Tecnologia

<b>Profissional</b>	<b>Organização</b>
Carlos Francisco Ragassi	Embrapa – Departamento de Transferência de Tecnologia
Claudia Schmit	Centro de Pós-Graduação em Desenvolvimento Agrícola – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Dejoel de Barros Lima	Embrapa – Departamento de Transferência de Tecnologia
Eric Sabourin	Centro Francês de Cooperação Internacional em Pesquisa Agropecuária para o Desenvolvimento - Universidade de Brasília
Fernando do Amaral Pereira	Embrapa – Departamento de Transferência de Tecnologia
Hur Ben Silva	Ministério do Desenvolvimento Agrário
Joao Catalano	Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária - Argentina
Marcos Borba	Embrapa Pecuária Sul
Maria Clara da Cruz	Embrapa – Departamento de Transferência de Tecnologia
Maya Takagi	Embrapa – Secretaria de Relações Internacionais
Nilton de Bem	Ministério do Desenvolvimento Agrário
Paulo Petersen	Agricultura Familiar e Agroecologia
Paulo Poleze	Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura
Roberto Porro	Embrapa Amazônia Oriental
Sergio Martins	Universidade Federal da Fronteira Sul
Sergio Schneider	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Vicente Galileu Ferreira Guedes	Embrapa – Secretaria de Gestão Estratégica
Waldyr Stumpf Jr.	Embrapa – Diretoria de Transferência de Tecnologia

## 5ª oficina: Revisão de conteúdo do documento “Visão 2014-2034: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira (13 e 14 de março de 2014)”

Coordenação técnica: Geraldo B. Martha Jr., Kepler Euclides Filho, Décio L. Gazzoni, Judson Ferreira Valentim, Evaristo de Miranda, Marcos A. G. Pena Júnior e Livia Abreu Torres

Profissional	Organização
Claudio Takao Karia	Embrapa Cerrados
Danielle A. P. Torres	Embrapa Estudos e Capacitação
Decio Luiz Gazzoni	Embrapa Soja
Ederlon Ribeiro de Oliveira	Embrapa – Diretoria de Transferência de Tecnologia
Eliana Valéria Covolan Figueiredo	Embrapa Estudos e Capacitação
Elibio Leopoldo Rech Filho	Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Elisio Contini	Embrapa Estudos e Capacitação
Evaristo de Miranda	Embrapa Monitoramento por Satélite
Fernando Campos	Embrapa – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Geraldo Martha Jr	Embrapa Estudos e Capacitação
Gustavo Ribeiro Xavier	Embrapa Agrobiologia
Judson Ferreira Valentim	Embrapa Acre
Kepler Euclides Filho	Embrapa – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Lourival Vilela	Embrapa Cerrados
Marcos A. G. Pena Júnior	Embrapa Estudos e Capacitação
Maria Alice de Medeiros	Embrapa – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Mario Seixas	Embrapa – Secretaria de Gestão Estratégica

<b>Profissional</b>	<b>Organização</b>
Otávio Valentin Balsadi	Embrapa – Departamento de Transferência de Tecnologia
Roberta D. P. Grundling	Embrapa Estudos e Capacitação
Ronaldo Andrade	Embrapa – Secretaria de Negócios
Ruy Rezende Fontes	Embrapa – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Silvia Kanadani Campos	Embrapa Estudos e Capacitação
Silvio Crestana	Embrapa Instrumentação

## Eventos de apoio: painéis com especialistas

### *Benchmarking de estudos prospectivos internacionais (abril–julho de 2013)*

Coordenação técnica: Geraldo B. Martha Jr. e Marcos A.G. Pena Júnior

<b>Profissional</b>	<b>Organização</b>
Alcido Eleonor Wander	Embrapa Arroz e Feijão
Alexandre Costa Varella	Embrapa Pecuária Sul
Alfredo Kingo Oyama Homma	Embrapa Amazônia Oriental
Amauri Rosenthal	Embrapa Agroindústria de Alimentos
Carlos Augusto Mattos Santana	Embrapa – Secretaria de Relações Internacionais
Celso Luiz Moretti	Embrapa – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Cleber Oliveira Soares	Embrapa Gado de Corte
Danielle Alencar Parente Torres	Embrapa Estudos e Capacitação
Dirceu João Duarte Talamini	Embrapa Suínos e Aves
Eliana Valeria C. Figueiredo	Embrapa Estudos e Capacitação

Profissional	Organização
Elisio Contini	Embrapa Estudos e Capacitação
Emiko Resende	Embrapa Pantanal
Geraldo B. Martha Júnior	Embrapa Estudos e Capacitação
Gilberto Silber Schmidt	Embrapa – Secretaria de Relações Internacionais
Janice Reis Ciacci Zanella	Embrapa Suínos e Aves
Judson Ferreira Valentim	Embrapa Acre
Lívia Abreu Torres	Embrapa Estudos e Capacitação
Lucas dos Santos Leite	Embrapa Agroenergia
Marcos Antonio Gomes Pena Júnior	Embrapa Estudos e Capacitação
Pedro Braga Arcuri	Embrapa – Secretaria de Relações Internacionais
Pedro Carlos Gama da Silva	Embrapa Semiárido
Segundo Sacramento Urquiaga Caballero	Embrapa Agrobiologia
Sílvia Kanadani Campos	Embrapa Estudos e Capacitação

*1º painel com especialistas sobre o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira (6 de agosto de 2013)*

Coordenação técnica: Geraldo B. Martha Jr., Marcos A.G. Pena Júnior, Lívia A. Torres

Profissional	Organização
Amauri Rosenthal	Embrapa Agroindústria de Alimentos
Antônio Álvaro de Corsetti Purcino	Embrapa Milho e Sorgo
Antônio Flávio Dias Ávila	Embrapa – Secretaria de Gestão Estratégica
Ederlon Ribeiro de Oliveira	Embrapa – Diretoria de Transferência de Tecnologia



<b>Profissional</b>	<b>Organização</b>
Fernando Antonio Araújo Campos	Embrapa – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Geraldo B. Martha Júnior	Embrapa Estudos e Capacitação
José Eloir Denardin	Embrapa Trigo
Judson Ferreira Valentim	Embrapa Acre
Kepler Euclides Filho	Embrapa – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Leonora Mansur Mattos	Embrapa Hortaliças
Lívia Abreu Torres	Embrapa Estudos e Capacitação
Marcelo Ayres Carvalho	Embrapa Cerrados
Marcos A. G. Pena Júnior	Embrapa Estudos e Capacitação
Maria Alice de Medeiros	Embrapa – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Maria Isabel de O. Penteado	Embrapa – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Marília Regini Nutti	Embrapa Agroindústria de Alimentos
Myrian Silvana Tigano	Embrapa – Diretoria Executiva/Presidência
Paulo Roberto Galerani	Embrapa – Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento

*2º painel com especialistas sobre o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira (11 de setembro de 2013)*

Coordenação técnica: Eliana V. F. Covolan, Pedro Abel Vieira e Fernando Campos

<b>Profissional</b>	<b>Organização</b>
Alexandre Costa Varella	Embrapa Pecuária Sul
Alfredo Homma	Embrapa Amazônia Oriental
Ana Christina S. Albuquerque	Embrapa Trigo
Carlos Magri Ferreira	Embrapa Arroz e Feijão

<b>Profissional</b>	<b>Organização</b>
Celso L. Moretti	Embrapa – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Eliana Valéria Covolan	Embrapa Estudos e Capacitação
Everton Rabelo Cordeiro	Embrapa Amazônia Ocidental
Fábia de Mello Pereira	Embrapa Meio-Norte
Fernando Campos	Embrapa – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Gerson Scheuermann	Embrapa Suínos e Aves
José Carlos Polidoro	Embrapa Solos
José Manuel C. S. Dias	Embrapa Agroenergia
José Renato Farias	Embrapa Soja
Manoel Souza	Embrapa Agroenergia
Marcos A. G. Pena Júnior	Embrapa Estudos e Capacitação
Marcos B. C. Oltubira	Embrapa Amazônia Oriental
Marcos Brandão Braga	Embrapa Hortaliças
Maria José Del Peloso	Embrapa Arroz e Feijão
Mauro Celso Zanus	Embrapa Uva e Vinho
Odilon Reny R. F. Silva	Embrapa Algodão
Paulo A. V. Barroso	Embrapa Algodão
Pedro Abel Vieira	Embrapa Estudos e Capacitação
Rose Lane César	Embrapa Estudos e Capacitação
Rui da Silva Verneque	Embrapa Gado de Leite
Warley M. Nascimento	Embrapa Hortaliças

*Elaboração de documentos temáticos de apoio para as discussões na 2ª oficina de construção do documento Visão 2014 – 2034: O Futuro do Desenvolvimento Tecnológico da Agricultura Brasileira (agosto-setembro de 2013)*

Coordenação técnica: Fernando Campos, Marcos A.G. Pena Júnior, Kepler Euclides Filho, Geraldo B. Martha Jr.

<b>Profissional</b>	<b>Organização</b>
Alberto Carlos Bernardi	Embrapa Pecuária Sudeste
Aldicir Scariot	Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Ana Brasileiro	Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Carlos Alberto B. Medeiros	Embrapa Clima Temperado
Décio Gazzoni	Embrapa Soja
Edson Luís Bolfe	Embrapa Monitoramento por Satélite
Eliseu Alves	Embrapa - Gabinete da Presidência
Eric Arthur Bastos Routledge	Embrapa Pesca e Aquicultura
Frederico Ozanan Machado Durães	Embrapa Produtos e Mercado
Geraldo da Silva e Souza	Embrapa - Secretaria de Gestão Estratégica
Janice Reis Ciacci Zanella	Embrapa Suínos e Aves
José Ivo Baldani	Embrapa Agrobiologia
Karina Olbrich	Embrapa Caprinos e Ovinos
Lourival Vilela	Embrapa Cerrados
Luis Henrique Bassoi	Embrapa Semiárido
Milton Kanashiro	Embrapa Amazônia Oriental
Odílio Assis	Embrapa Instrumentação
Otávio Balsadi	Embrapa - Departamento de Transferência de Tecnologia

<b>Profissional</b>	<b>Organização</b>
Rosana Higa	Embrapa Florestas
Rose Monnerat	Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Sílvia Massruha	Embrapa Informática Agropecuária
Vinicius de Melo Benites	Embrapa Solos



*Impressão e acabamento*  
**Embrapa Informação Tecnológica**

*O papel utilizado nesta publicação foi produzido conforme a certificação do Bureau Veritas Quality International (BVQI) de Manejo Florestal.*



[www.embrapa.br/agropensa/documento-visao](http://www.embrapa.br/agropensa/documento-visao)

