



SET - DEZ 2015 #11

*Ciência para a vida · Embrapa*



## **Código da vida**

Soja, feijão e algodão  
mostram o avanço do Brasil  
em melhoramento genético

Confira todas as edições da revista

# XXI

*Ciência para a vida*



Acesse o site [www.embrapa.br/revista](http://www.embrapa.br/revista)

Você também pode contribuir com a publicação.

Envie opiniões, sugestões ou comentários para o e-mail [revista@embrapa.br](mailto:revista@embrapa.br)

**Embrapa**

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PÁTRIA EDUCADORA

## SOBRE PESQUISA E INOVAÇÃO

Nas páginas de entrevista desta edição da **XXI – Ciência para a Vida**, o professor José Carlos Barbieri, da Escola de Administração de Empresas de São Paulo (Eaesp), mantida pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), reflete sobre o conceito de inovação, sua evolução ao longo dos tempos e as mudanças na maneira de inovar encontradas pelas organizações.

Segundo Barbieri, inovação implica produtos e processos e sua aceitação pelo mercado, respostas a questões técnicas e econômicas, arranjos inovadores no desenvolvimento e na aplicação dos conhecimentos e, ainda, aspectos organizacionais envolvidos nas ações que a viabilizam.

As três tecnologias apresentadas na matéria especial da edição se enquadram em requisitos indicados pelo nosso entrevistado. Resultados da engenharia genética, ciência capaz de modificar o código genético dos seres vivos, essas tecnologias são promissoras para driblar problemas que afetam a agricultura, com graves repercussões sociais e econômicas, e envolvem parcerias, redes de pesquisadores e gestão do conhecimento, além de ações coordenadas com vistas à liberação comercial, em virtude de marcos regulatórios a serem cumpridos.

Um sistema responde ao manejo de áreas afetadas por plantas daninhas de difícil controle e inclui o primeiro transgênico desenvolvido integralmente no Brasil, em modelo de inovação aberta. Outro contorna o efeito devastador do vírus do mosaico-dourado nas plantações de feijão e abrange a primeira planta transgênica produzida inteiramente por uma empresa pública brasileira. No terceiro caso, plantas de algodão geneticamente modificadas prometem tolerar longos períodos de veranico e seca. São oportunas em tempos de mudanças climáticas.

As duas primeiras tecnologias estão prestes a chegar ao mercado. As três posicionam o Brasil na vanguarda da ciência da engenharia genética. São histórias de anos de pesquisa, de valorosos

cientistas que fazem avançar o conhecimento. Vale a pena conferir a partir da página 14.

E como se avalia o impacto ambiental da atividade humana? A resposta está na Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), metodologia de forte embasamento científico e de credibilidade internacional, que contabiliza desde os primeiros insumos até os resíduos e destino final do objeto de estudo. Pesquisadores de nove Unidades e da sede da Embrapa desenvolvem métodos de avaliação de impactos apropriados às condições locais. Estão convictos de que os impactos, mesmo que globais, devem ser analisados de acordo com as condições de cada região do planeta. Saiba mais sobre isso na matéria da página 40.

Outro grupo de pesquisadores, como mostrado na matéria da página 60, propõe-se a identificar, catalogar e preservar microrganismos produtores de enzimas de interesse industrial. Há reações químicas só possíveis na presença de enzimas, catalisadores biológicos que participam da decomposição de macromoléculas de gorduras, amidos e proteínas.

Na página 46, jornalistas escrevem sobre os esforços de pesquisadores e produtores para que o café de regiões brasileiras tenha suas características únicas reconhecidas. O Brasil tem quatro selos de Indicação Geográfica (IG) para o produto. São conquistas recentes que despertam o setor produtivo para a importância de elevar a qualidade e demarcar as origens de um café diferenciado.

O tema inovação também encerra as páginas desta edição. Em artigo, Ester Vilela de Andrade Gomide, pesquisadora da Embrapa Gado de Leite, e Evaldo Vilela, presidente da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), defendem o apoio a pesquisas, mesmo que elas não estejam associadas a demandas imediatas do mercado. São diferentes pontos de vista que enriquecem o debate. Boa leitura!

— Os editores

03

CARTA AO LEITOR

06

NOTAS



08

ENTREVISTA



José Carlos Barbieri, professor da Escola de Administração de Empresas de São Paulo (Eaesp), fala sobre o processo de inovação e sobre as tendências e casos de sucesso relacionados ao tema.

14

ESPECIAL



Três resultados alcançados por cientistas brasileiros atestam a sofisticação da pesquisa agropecuária do País. Eles são fruto da engenharia genética, ciência que atua no código genético dos seres vivos.

**Presidente**  
Maurício Lopes

**Diretores-Executivos**  
Ladislau Martin Neto  
Vania Castiglioni  
Waldir Stumpf

*Publicação de responsabilidade  
da Secretaria de Comunicação  
da Embrapa*

**Chefe da Secretaria de Comunicação**  
Gilceana Galerani  
**Coordenador de Comunicação  
em Ciência e Tecnologia**  
Jorge Duarte  
**Coordenador de Comunicação Digital**  
Daniel Medeiros  
**Coordenadora de Comunicação  
Institucional**  
Heloiza Dias da Silva  
**Coordenador de Comunicação  
Mercadológica**  
Robinson Cipriano

**EXPEDIENTE**

**Editores**  
Marita Féres Cardillo  
Fábio Reynol

**Editor de Arte**  
Gabriel Pupo Nogueira

**Projeto Gráfico**  
André Scofano e Nayara Brito

**Designers**  
Fábio Sian Martins, Gabriel Pupo  
Nogueira, Guilherme Araújo de  
Carvalho, Luciana Fernandes, e  
Renato da Cunha Tardin Costa

**Capa**  
Fabiano Bastos

**Revisão**  
Marcela Bravo Esteves

**Consultores científicos para esta edição**  
Alexandre Nepomuceno, Anísio Diniz,  
Antonio Guerra, Carlos Arrabal Arias,  
Edmar Penha, Francisco Aragão,  
Gabriel Bartholo, Gilmar Souza Santos,  
José Manuel Cabral, Ladislau Martin  
Neto, Marcelo Aguiar de Freitas, Maria  
de Fátima Grossi de Sá, Maria José  
Amstalden Sampaio e Thiago Souza.

**Ctp – Impressão – Acabamento**  
Marina Artes Gráficas e Editora

**Tiragem**  
13.000 exemplares

**Embrapa**

Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PÁTRIA EDUCADORA

40

**SUSTENTABILIDADE**



Avaliação de Ciclo de Vida (ACV): no Brasil, pesquisadores se dedicam ao desenvolvimento de métodos de avaliação de impactos ambientais apropriados para as condições locais.

46

**INDICAÇÃO GEOGRÁFICA**



O Brasil possui quatro selos de Indicação Geográfica de grãos de café. São processos apoiados pela pesquisa científica e contribuem para elevar a qualidade do produto brasileiro.

60

**VIDA DE LABORATÓRIO**



Encontrar um novo produtor de enzimas é um desafio constante enfrentado pelos pesquisadores.

**ERRATA**

Na página 35 da edição número 10, a matéria "Integração de projetos" foi inserida como se fosse parte do texto anterior. Na verdade, trata-se de uma matéria independente elaborada pelo jornalista Gabriel Faria, da Embrapa Agrossilvipastoril, cujo nome não foi creditado.

62

**ARTIGO**

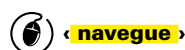
## FLASHES SALVADORES

Pesquisadores da Embrapa observaram que a luz ultravioleta (UV) pulsada pode controlar o fungo *Fusarium pallidoroseum*, principal agente da podridão do melão. A infecção ocorre no campo, logo após a colheita, ou na empacotadora, e acarreta perdas aproximadas de 15% da produção nacional de melão, até a mesa do consumidor. Existe apenas um agroquímico registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) para tratamento da doença, o Imazalil. A falta de rigor na sua aplicação pode resultar na presença de resíduos acima dos limites máximos permitidos pela legislação, alerta o pesquisador Ebenezer Silva, da Embrapa Agroindústria Tropical. A luz ultravioleta contínua já é utilizada no controle de microrganismos em alimentos, água e ar. No modelo pulsado, é armazenada em um capacitor e liberada em flashes intermitentes, aumentando a intensidade de energia, podendo gerar efeito prolongado de proteção dos melões. A luz afeta o metabolismo do fruto e aumenta o teor de compostos fenólicos (substâncias antioxidantes) que atuam como uma espécie de vacina contra o ataque de microrganismos e não deixa resíduo algum no alimento.

— por Verônica Freire (Fonte: Agência Embrapa de Notícias)



Foto: Cláudio Norões/Embrapa



« navegue »

<http://bit.ly/1hsnB95>

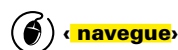
## PIMENTAS EM SELOS

Na série de selos “Variedades de Pimentas Brasileiras”, lançada pelos Correios em outubro para celebrar a biodiversidade brasileira, três cultivares desenvolvidas pela Embrapa ganharam papel de destaque nas estampas: as pimentas BRS Mari, dedo-de-moça, BRS Seriema, pimenta do tipo bode, e BRS Moema, biquinho. A coleção apresenta ainda pimentas do tipo malagueta. São todas do gênero *Capsicum* composto por cerca de 30 espécies, de vasta riqueza de nomes, tamanhos, formatos, cores e pungência (picância ou ardor) e valorizadas por seus atributos culinários e ornamentais. De acordo com a pesquisadora Cláudia Ribeiro, da Embrapa Hortaliças, o Brasil é um importante centro de diversidade genética, uma vez que possui espécies em diferentes níveis, de silvestres a domesticadas. “A pimenta-malagueta é a mais consumida no nosso país, porém a espécie *Capsicum chinense* (pimentas biquinho e bode) é considerada a mais brasileira das espécies porque sua área de diversidade está localizada na região amazônica”, esclarece. O desenvolvimento de novas cultivares de pimentas tipicamente brasileiras, que atendam às demandas dos setores produtivo e industrial, tem norteado o programa de melhoramento genético conduzido pela Embrapa. Ao longo das pesquisas com pimentas *Capsicum*, alguns materiais impressionaram a cadeia produtiva e foram amplamente adotados pelos agricultores e pela agroindústria.

— por Paula Rodrigues



Foto: Correios



« navegue »

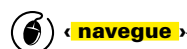
<http://bit.ly/1PQo7wQ>

## MULHERES DA CIÊNCIA

Duas pesquisadoras da Embrapa e suas contribuições para o avanço da ciência agropecuária foram reconhecidas. Fátima Grossi será empossada membro da The World Academy of Sciences (TWAS), no dia 20 de novembro de 2015, em Viena, Áustria. Ela foi eleita em 2014, atendendo ao critério de excelência científica exigido pela Academia. Na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Grossi coordena o Laboratório de Interação Molecular Planta-Praga, onde são desenvolvidas pesquisas voltadas à produção de plantas geneticamente modificadas (GM), aplicadas ao estresse biótico e abiótico. Destaques atuais são o algodão GM com resistência ao bicudo-do-algodoeiro, o pior inimigo da cotonicultura brasileira, e o evento de algodão GM com tolerância ao déficit hídrico, parte da reportagem de capa desta edição. Já Mariangela Hungria, da Embrapa Soja, venceu, em outubro deste ano, o Prêmio Cláudia 2015, na categoria Ciência, por seu trabalho

com fixação biológica do nitrogênio (FBN), tecnologia sustentável que faz com que a cultura da soja tenha uma economia estimada em 12 bilhões de dólares por ano. Para produzir 1 tonelada de soja são necessários cerca de 80 kg de nitrogênio. O nutriente, o mais requerido pela cultura, pode ser obtido gratuitamente na natureza, por meio de algumas bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (risóbios), capazes de capturar o nitrogênio da atmosfera e transformá-lo em fertilizante para as plantas. A FBN dispensa a utilização de fertilizantes nitrogenados, reduzindo os custos de produção e os prejuízos ao ambiente. Esse trabalho foi capa da primeira edição da XXI – Ciência para a Vida.

— por Fernanda Diniz e Lebna Landgraf



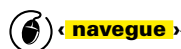
« navegue »

<http://www.twas.org/>  
<http://bit.ly/1L1CLwO>

## RASTREAMENTO EM CATIVEIRO

Equipamentos de telemetria utilizados para rastrear animais aquáticos na natureza estão sendo empregados pela primeira vez no Brasil em um viveiro escavado a fim de revelar o comportamento do pirarucu. *Chips* eletrônicos projetados para traçar o trajeto de tubarões, tartarugas e golfinhos em águas abertas foram implantados na cavidade abdominal do pirarucu (*Arapaima gigas*), com o objetivo de descobrir detalhes comportamentais do animal em cativeiro. O experimento está em andamento na fazenda Acácia, no Município tocantinense de Porto Nacional, sob a responsabilidade de pesquisadores da Embrapa Pesca e Aquicultura. “O objetivo nesse primeiro momento é testar a tecnologia para saber se será possível seu uso em condições diferentes das originalmente projetadas para o equipamento”, conta a engenheira de pesca Adriana Lima, pesquisadora da Embrapa responsável pelo trabalho. O desafio, segundo ela, é conseguir obter precisão da ordem de 20 centímetros, enquanto nos rastreamentos em ambientes naturais, como oceanos e lagos, os cientistas trabalham com medidas de distância maiores, calculadas em metros. Adriana revela que os resultados iniciais são positivos. A primeira coleta de dados foi enviada à empresa canadense Vemco, fabricante do equipamento, que conseguiu traçar a trajetória dos peixes dentro do tanque com o grau de precisão desejado.

— por Fabio Reynol (Agência Embrapa de Notícias)



<http://bit.ly/1SmjoB1>

## AMAZÔNIA MAPEADA

O Sistema Interativo de Análise Geoespacial da Amazônia Legal (Siageo), base de informações territoriais integradas lançada pela Embrapa, reúne e disponibiliza informações sobre uso da terra, potencialidades produtivas e áreas de proteção, sob a perspectiva dos zoneamentos ecológico-econômicos de nove estados brasileiros que compõem a região: Acre, Amapá, Amazonas, oeste do Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins. Os dados, georreferenciados e produzidos nas iniciativas de zoneamento ecológico-econômico daqueles estados, correspondem a aproximadamente 650 camadas temáticas, cada uma com informações específicas, como cobertura vegetal, geologia, áreas indígenas, entre outras, que geram a composição dinâmica de mapas. O Siageo foi desenvolvido no âmbito do Projeto Uniformização do Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia Legal (UZEE), executado pela Embrapa (Unidades Embrapa Amazônia Oriental, coordenadora, e Embrapa Informática Agropecuária) e Ministério do Meio Ambiente (MMA).

— por Ana Laura Lima e Nadir Rodrigues



Foto: Alexandre Coutinho



<http://bit.ly/1LjSQzI>

## ALÉM DA META

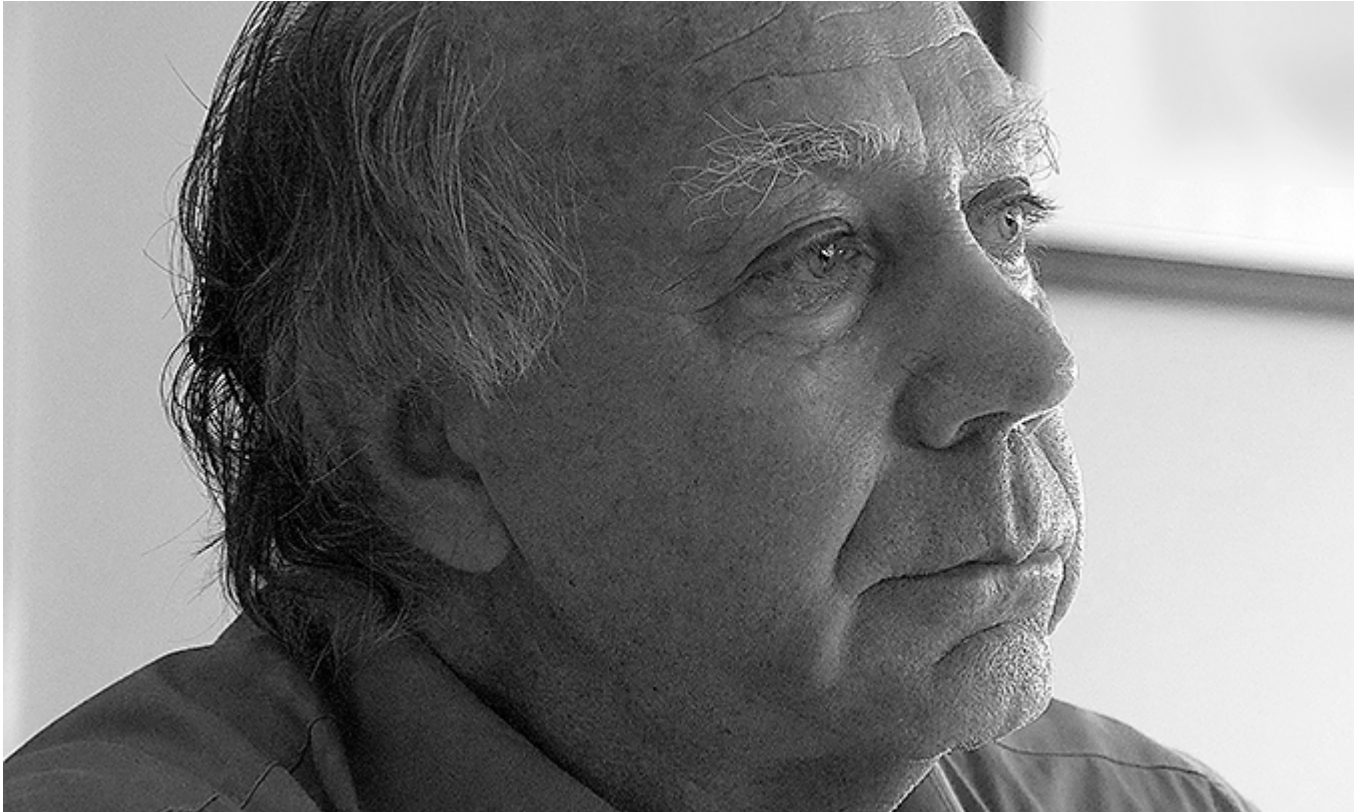
Estudo realizado pelo Projeto Observatório ABC (Agricultura de Baixo Carbono) revelou que, se apenas três tecnologias de mitigação geradas pela pesquisa forem adotadas, o Brasil pode reduzir a emissão de gases de efeito estufa, nas atividades agropecuárias até 2023, em mais de dez vezes a meta estipulada pelo Plano ABC do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). O plano foi originalmente idealizado para recuperar 15 milhões de hectares degradados, mas poderia ser estendido a 60 milhões de hectares. Se o País recuperar pastagens e promover integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta, deixariam de ser lançadas na atmosfera 1,8 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, que são todos os gases de efeito estufa produzidos na atividade medidos em comparação aos efeitos do gás carbônico. "Esse é um cálculo

conservador, pois desconsidera outras tecnologias preconizadas pelo Plano ABC e abarca apenas os municípios brasileiros com pastagens degradadas", declara o pesquisador Eduardo Assad, da Embrapa, coordenador de estudo do Observatório ABC. Para chegar aos resultados, os pesquisadores estimaram as emissões da agropecuária brasileira caso não houvesse a adoção das tecnologias e usaram estimativas de crescimento do setor elaboradas pelo Mapa e pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp). Nesse cenário hipotético, o Brasil chegaria a 2023 com um saldo de 3,62 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. O trabalho considerou a pecuária bovina e sete culturas agrícolas: arroz, milho, trigo, cana-de-açúcar, feijão, algodão e pastagem.

— por Fábio Reynol e Dalízia Aguiar (Agência Embrapa de Notícias)



<http://bit.ly/1Oihimh>



# DIÁLOGO ABERTO

Por Juliana Miura

O conceito de inovação foi ampliado ao longo dos tempos. Antes restrito a produto ou processo, abrange hoje também, por exemplo, a gestão de empresas. Como processo, tem sido influenciado pela internet, pelas facilidades da comunicação e pelo advento das redes, sistemas e estruturas que trouxeram com elas maior descentralização, inserção de novos atores no desenvolvimento da inovação e mudanças na maneira de inovar por parte das organizações. Sobre isso e sobre as tendências e casos de sucesso relacionados ao tema, fala, nesta entrevista à **XXI – Ciência para a Vida**, José Carlos Barbieri.

Mestre e doutor pela Escola de Administração de Empresas de São Paulo (Eaesp), mantida pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), onde também é professor, Barbieri desenvolve pesquisas nas áreas de gestão ambiental e da inovação. É autor e coautor de livros, capítulos de livros e artigos sobre desenvolvimento sustentável, gestão ambiental e da inovação publicados no Brasil e em diversos países. É, ainda, membro do Fórum de Inovação da FGV/Eaesp.



**XXI - Quais são as principais teorias sobre inovação?**

*José Carlos Barbieri* - Existem muitas, nas áreas da sociologia, da economia... Na administração, trabalhamos de forma mais pragmática, com base na experiência das empresas e nos estudos empíricos. Para isso, utilizamos várias teorias: Evolucionista, Institucionalista, Teoria Clássica da Inovação. No entanto, o mais importante é conhecer o que as organizações fazem, o que pensam e principalmente a relação entre as estratégias adotadas por elas e suas práticas relacionadas à inovação.

**XXI - O que pode ser considerado inovação no mundo atual?**

*José Carlos Barbieri* - No passado, compreendia-se inovação apenas como produto ou processo – um novo produto substituindo um antigo ou uma mudança no processo produtivo. Hoje, temos um conceito mais amplo. Falamos também em inovação em gestão, em marketing e em negócios; inovação de produto, que pode ser um bem físico ou um serviço, novo ou melhorado; inovação em processo produtivo; inovação em gestão a partir de um novo método para realizar atividades administrativas, para gerenciar uma organização, uma visão diferente de negócio da que até então a organização praticava. Se olharmos o Manual de Oslo, por exemplo, que classifica a inovação e cria uma linguagem específica para gerar dados sobre ela, há tipos de inovação um pouco diferentes desses quatro, mas muito próximos.

**XXI - As redes vêm emergindo com mais força por causa da internet e das facilidades de comunicação. Quais são os impactos dessas estruturas relacionados à inovação na área científica?**

*José Carlos Barbieri* - Uma consequência das redes é a possibilidade maior de descentralização do processo de inovação. Antes, esse processo era muito centrado em grandes empresas com unidades de P&D, com parque fabril e planta produtiva consolidada. Com a criação das redes, surgem novos empreendedores que passam a conceber produtos, processos e negócios, independentemente da estrutura tradicional de pesquisa. Uma pessoa pode ter uma boa ideia em um laboratório universitário. No passado, essa ideia ficava perdida, pois não era possível levá-la para o mercado, para a sociedade ou era muito difícil. Hoje em dia existem muito mais possibilidades. Por exemplo, as redes podem captar recursos para o gerador de uma ideia, que a partir daí forma uma empresa e introduz na sociedade um novo produto ou processo, ou uma nova maneira de prestar um serviço ou realizar uma atividade. Com as redes, tornou-se mais fácil conectar pessoas com características, formas de pensamento e conhecimento diferentes, investidores e consumidores diretamente, transformar ideias em produtos e serviços. Isso é inovação. As redes tornaram esse processo mais fluido.

**XXI - Podemos, então, afirmar que as redes possibilitam a inclusão de novos atores no desenvolvimento da inovação, atores esses que antes eram excluídos do processo?**

*José Carlos Barbieri* - Com certeza as redes fazem surgir novos atores. E, além disso, os atores tradicionais, grandes empresas com práticas consolidadas, mudaram sua maneira de inovar. De um lado, novos atores, que antes tinham dificuldade de trazer suas ideias para o mercado, agora têm seu trabalho facilitado. De outro, as grandes empresas não

ficam de braços cruzados: usam as redes para formar parcerias e captar geradores de ideia que se alinham com suas estratégias. As redes trouxeram novos atores e mudaram a forma das grandes organizações produzirem inovação. No âmbito da gestão, atualmente fala-se muito em inovação aberta (*open innovation*), um conceito popularizado por Henry Chesbrough, segundo o qual ideias e conhecimentos gerados internamente por uma empresa podem e devem ser levados ao mercado por meio de canais externos, fora de seus negócios usuais para capturar valor adicional para ela e seus parceiros.

**XXI - Como é possível lidar com tantas informações e novidades que surgem a todo momento?**

*José Carlos Barbieri* - A quantidade de novidade que surge diariamente em função das redes é algo que ainda precisa ser pesquisado. É algo dinâmico, atual e extremamente importante e, por isso, começa a causar certa aflição no mundo acadêmico, que sente necessidade de conhecer melhor a questão. Há uma novidade atrás da outra e elas não surgem mais somente pelos sistemas tradicionais de difusão de inovação, como por exemplo os licenciamentos de patentes e a venda de *know how* pelos sistemas tradicionais. A impressão é que estamos caminhando em terreno pantanoso. A novidade que está chegando agora já estará ultrapassada daqui a alguns dias. Isso é produto da facilidade de conexão, de juntar geradores de ideia do mundo todo com investidores. Daí começam a surgir associações de “anjos”, o *crowdfunding* e outras formas de apoio às inovações. O capital de risco começa a se tornar mais importante, mais viável para aplicadores não conservadores, ampliando ainda mais a quantidade de inovações, favo- »

recendo também as empresas. A ideia de inovar é acompanhada de parcerias e do aproveitamento do conhecimento de parceiros, algo que antes não estava alinhado à estratégia das empresas. As conectividades têm mudado demais o modo de produzir inovação.

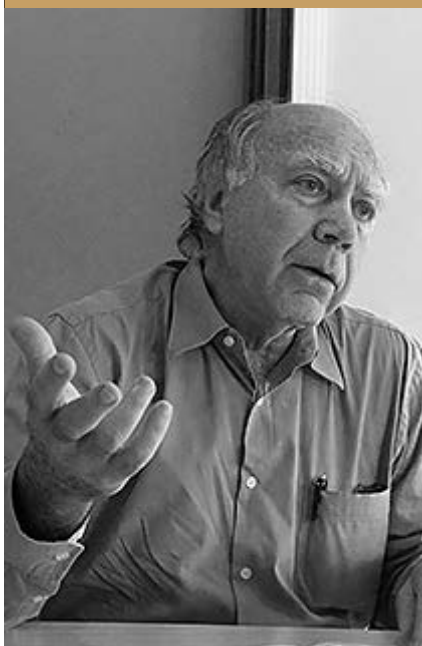
**XXI - O que caracteriza uma rede de inovação?**

*José Carlos Barbieri* - Esse nome é muito genérico. Existem organizações que trabalham em rede por meio de protocolos estabelecidos entre elas, com repartição de atividades, de benefícios, direitos e deveres. E existem redes mais abertas, onde as pessoas se juntam em busca de financiadores para uma ideia importante. Não existe apenas um formato. Essa é uma característica desse mundo atual. Há diversas experiências acontecendo ao mesmo tempo e possibilidades variadas: organizações que fazem a mediação entre atores, outras que captam recursos para apoiar inovadores e empresas utilizando-se de redes constituídas por elas mesmas, que incluem seus fornecedores e consumidores, com objetivo de gerar informações para melhorar produtos e necessidades latentes. Há redes formadas em torno de problemas específicos, como as que tratam de questões ambientais, como a rede criada pelo PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) para apoiar e desenvolver o conceito de produção mais limpa, envolvendo universidades, governos, associações empresariais, entre outros.

**XXI - Essa forma de trabalho em rede é capaz de acelerar o desenvolvimento científico?**

*José Barbieri* - Sem dúvida. Uma das possibilidades é a de se usar mais os

**“ Do ponto de vista tecnológico, não importa se o conhecimento é novo. O que importa é se ele é novo para determinado mercado.”**



conhecimentos existentes. Do ponto de vista tecnológico, não importa se o conhecimento é novo. O que importa é se ele é novo para determinado mercado. Além disso, estimula o surgimento de pesquisas, de novos tipos de arranjos para desenvolvimento e aplicação de novos conhecimentos.

**XXI - Como o senhor avalia a experiência de envolver recursos humanos de fora das organizações ou mesmo pessoas leigas em ciência no processo de P&D?**

*José Carlos Barbieri* - Essa também é uma tendência importante decorrente da facilidade de conexão. As pessoas escolhem voluntariamente onde querem se encaixar em relações que podem ser momentâneas, específicas, ou em algo mais duradouro. Essas experiências são válidas e tendem a se reproduzir em muitos formatos, um aprendendo com o outro, eliminando erros. A tendência é aumentar essa conectividade entre pessoas e organizações.

**XXI - Mas esse é um processo novo ou apenas foi intensificado nos últimos anos?**

*José Carlos Barbieri* - O movimento da qualidade que começou com as empresas japonesas, nos anos 1970, já trouxe conceitos fundamentais de gestão em rede. Entre eles, o de que todas as pessoas podem contribuir com a inovação, não apenas um determinado órgão ou célula específica da empresa. Essa ideia trouxe como consequência o conceito de melhoria contínua. Uma melhoria em um produto ou em um processo é uma pequena inovação incremental. Se todos fizerem isso ao longo do tempo, aumenta-se a eficiência operacional e gera-se um aprenden-

dizado contínuo na organização. Hoje, o conceito de Gestão da Inovação absorveu essa ideia. A organização não pode desperdiçar o conhecimento da sua equipe e daqueles que se relacionam com ela. Espera-se que pessoas de qualquer nível ou função deem ideias para a melhoria dos produtos e da gestão, bem como de clientes e fornecedores. Se todos se preocupam em produzir cada vez melhor, ocorre o que se chama de “melhoria contínua”. A ideia de que todos podem participar da inovação é uma consequência desse movimento. O passo seguinte foi incluir outros atores não ligados diretamente às empresas e isso foi facilitado pela tecnologia de informação e comunicação, aliada a uma predisposição para cooperação entre organizações diferentes.

**XXI - Mas, no Brasil, de uma forma geral, parece que as instituições ainda são resistentes a se abrir para experiências diferenciadas. Podemos dizer isso?**

*José Carlos Barbieri* - Essa resistência é muito justificável. Muitas vezes é uma prudência. Um inventor isolado ou um pesquisador de uma universidade que tem uma ideia ou um pequeno empresário que está desenvolvendo algo com alguns colegas, todos esses agentes têm mais liberdade de ação que uma empresa. Empresas têm mais regras e responsabilidades com seus *stakeholders*. É lógico que algumas organizações têm resistência em função da novidade em si. De modo geral, todo mundo tem um pouco de medo do novo. É natural. Isso acontece com as inovações. As resistências são típicas desse momento e perduram enquanto as pessoas não sabem muito bem o que está acontecendo, enquanto houver



**“Quando se trata de inovação, não basta falar em produtos e processos, tem que incluir a gestão, inclusive a gestão da própria inovação.”**

muita incerteza sobre o que acontecerá com elas.

**XXI - Que fatores determinam o êxito das redes que são formadas com o intuito de gerar inovação?**

*José Carlos Barbieri* - Seja na forma de redes ou na forma convencional, a questão continua sendo a mesma: o sucesso de uma inovação depende da maneira como foi desenvolvida. A inovação só pode ser considerada um sucesso se for aceita pelo mercado (no caso de produto mercadológico) ou pela sociedade (no caso de tecnologia de natureza social). É preciso atender questões técnicas, econômicas e a maneira como ela será implementada, o que envolve aspectos organizacionais. Quando se trata de inovação, não basta falar em produtos e processos, tem que incluir a gestão, inclusive a gestão da própria inovação. O produto tem que se apresentar como vantajoso. O sucesso depende de como as questões técnicas, organizacionais e econômicas foram tratadas. Como a ação em rede é mais complexa, envolve mais atores com diferentes pontos de vista e objetivos, a inovação se tornou mais complexa nesse momento.

**XXI - Ao se formar uma rede com determinado objetivo, como administrar as expertises que estarão reunidas?**

*José Carlos Barbieri* - Depende dos objetivos da rede. Se a ideia é formar uma rede para trabalhar com inovação na metodologia para mensuração de carbono em floresta, pode-se abrir a participação – quanto mais pessoas e organizações, melhor. Quando se trabalha com uma tecnologia própria, que será transformada em produto, que »

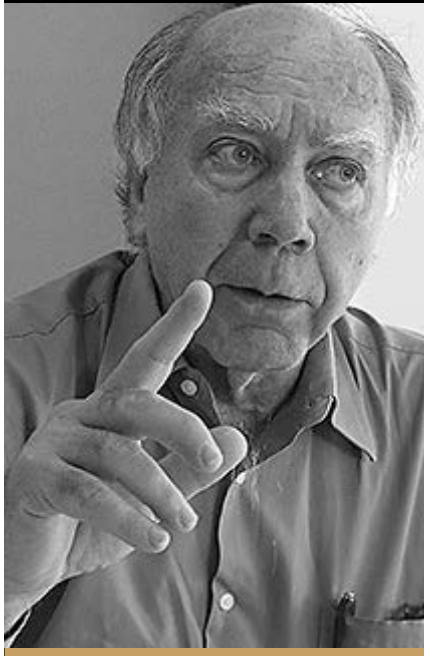
terá uma organização fabril por trás, aí a rede não pode ser aberta para a entrada de qualquer um. As pessoas vão oferecer conhecimento, mas também vão querer os benefícios. Por exemplo: nas inovações ligadas ao desenvolvimento de produtos e serviços para deficientes, quanto mais pessoas envolvidas, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico, como financiadores, mais soluções serão obtidas, com maior velocidade e efetividade.

**XXI - Existem técnicas ou recursos para otimizar o trabalho de uma rede e sua eficiência?**

*José Carlos Barbieri* - No campo de estudos da Gestão da Inovação, essa é uma questão central para a qual muitas pesquisas estão buscando respostas: como melhorar as atividades de grupos? Que programas serão usados? Quais métodos de aproveitamento de ideias e de aumento de criatividade serão adotados? Como captar ideias? Como a inovação é uma questão vital para as organizações, as novidades nesse campo são inúmeras.

**XXI - E no Brasil, estamos acompanhando as tendências relacionadas à inovação? Temos casos de sucesso?**

*José Carlos Barbieri* - Não podemos apontar uma tendência única. O Brasil está passando por um problema econômico bastante grave e isso reduz os investimentos em inovação. O que tem sido visto são inovações sustentadoras, para manter a posição da empresa no mercado em que atua. Inovações que poderiam dar um salto à frente, mais audaciosas, ficam prejudicadas pelo clima econômico. Mas não se pode falar do Brasil como um todo. Existem setores que estão um pouco melhor



**“Uma característica importante das organizações inovadoras ... refere-se ao ambiente interno da organização ...”**

do que outros. Por exemplo, o País tem um desempenho muito grande na indústria de papel e celulose, na siderurgia, na aeronáutica, agronegócio, no setor petrolífero. Mas esses setores que tiveram avanços significativos não trabalharam sozinhos. É resultado de um trabalho em rede com diversos outros agentes privados e públicos, como as universidades e as instituições de pesquisa.

**XXI - Então é preciso que a estrutura das organizações sofra mudanças para avançar no modelo de redes?**

*José Carlos Barbieri* - Sem dúvida, a configuração da organização e a cultura organizacional são fundamentais para a inovação. Uma organização muito burocratizada dificulta a inovação. Uma característica importante das organizações inovadoras, como apontado por estudos do Fórum de Inovação da Fundação Getúlio Vargas, refere-se ao ambiente interno da organização, onde as pessoas têm mais liberdade de apresentar ideias, as chefias são mais tolerantes, os conflitos são discutidos abertamente. Uma reconfiguração organizacional é importante para que haja inovação. As empresas que estão no ranking de “melhores empresas para trabalhar” também estão no ranking das “mais inovadoras”. No Fórum de Inovação trabalhamos com um conceito chamado “meio inovador interno”, ou seja, as pessoas dentro da organização têm que estar envolvidas com a inovação independentemente do cargo, da função que exerçam ou do nível hierárquico. Na visão convencional, a inovação é restrita a alguns setores da organização. Na visão moderna, todos têm alguma contribuição para dar. •

# VI Plano Diretor da Embrapa

Transformação gerencial para enfrentar novos desafios

2014 - 2034



Visite  
[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)  
e conheça os  
macrotemas e eixos  
de impacto que  
orientam as diretrizes  
da Empresa.

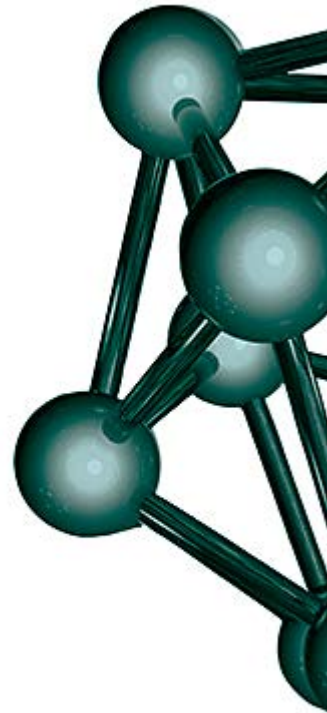
**Embrapa**

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PÁTRIA EDUCADORA

# ENGENHARIA GENÉTICA

Decifrando o código da vida



Um feijão resistente à maior praga que assola a cultura, um algodão capaz de aguentar a seca e uma soja que pode ser manejada com uma nova classe de herbicidas.

Os três protagonistas da matéria principal desta edição atestam a sofisticação da pesquisa científica brasileira. Eles são fruto da engenharia genética, ciência que atua no código genético dos seres vivos.

O melhoramento genético, feito desde quando o homem deixou a vida nômade para plantar e criar animais, atingiu escalas moleculares nos dias de hoje. A escolha dos produtores por cabras com mais leite como matrizes reprodutoras e por exemplares de trigo mais viçosos para fornecer sementes deu lugar à análise do perfil genético e foi mais além. Um gene (pedaço de DNA) de uma espécie agora pode ser inserido no código genético de outra, levando com ele características valiosas para o novo ser vivo.

A engenharia genética tem criado seres que resistem às intempéries, produzem mais em menos tempo e

demandam menos químicos. Questões de fome, mudanças climáticas e sustentabilidade ambiental, econômica e social passam a ser cada vez mais resolvidas pela capacidade humana de aprender e trabalhar com a dupla hélice do DNA. O Brasil está na vanguarda desse movimento como demonstram as histórias das próximas páginas.

Investimentos financeiros continuam sendo fundamentais para viabilizar a inserção de materiais genéticos modificados no mercado. A liderança do processo está com a iniciativa privada de grandes empresas multinacionais. O consumidor dos materiais desenvolve novas corporações. Somos hoje o segundo maior produtor de plantas geneticamente modificadas, com 70,2 milhões de hectares plantados. Apenas os Estados Unidos estão na frente, com 70,2 milhões.

**Por Lebna Landgraf**

**Arte: Gabriel Pupo Nogueira**

A interferência do homem na natureza remonta às civilizações antigas que utilizavam microrganismos nos processos de fermentação para produzir vinho, cerveja e produtos lácteos. Na agricultura e na produção animal, gradativamente e de forma empírica, o homem passou a melhorar as plantas e os animais domésticos com o objetivo de desenvolver produtos com mais qualidade. No final do século XIX, com a descoberta da célula e de que cópias do material genético são repassadas quando as células se multiplicam, o homem começou a utilizar esse conhecimento de forma planejada. Ainda no século XIX, o monge Gregory Mendel descreveu as leis da genética ao fazer cruzamentos de ervilhas e descobrir o segredo da hereditariedade.

Dessa forma, foram criadas as bases para o melhoramento genético

tradicional – os cientistas realizavam o cruzamento entre espécies compatíveis para obter uma planta ou animal melhorado. O melhoramento genético de plantas envolve a criação de variabilidade, a seleção de genótipos com características desejáveis, e testes para avaliação de genótipos superiores.

Na década de 1970, a limitação imposta pelas barreiras da incompatibilidade entre espécies é rompida. O surgimento da engenharia genética possibilita a transferência de genes entre diferentes espécies – bactérias e animais; insetos e plantas, por exemplo. “Permite a transferência de um ou mais genes, de forma precisa e controlada e viabiliza soluções inovadoras fora da base genética da espécie-alvo”, completa Alexandre Nepomuceno, pesquisador da Embrapa Soja, presidente do Comitê Gestor do portfólio de Engenharia Genética para o Agronegócio da Embrapa e membro da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio).

O uso da engenharia genética na medicina e na indústria ocorre desde a década de 1970, mas somente nos anos 1990 começou a ser utilizada na agricultura. Esse cenário vem mudando constantemente graças às técnicas utilizadas e às novas características genéticas introduzidas em plantas, animais e microrganismos, e no que se refere a questões regulatórias, sociais, econômicas e políticas envolvidas na adoção da tecnologia.

É o que mostram três resultados alcançados pela pesquisa agropecuária tratados nesta reportagem. O Sistema Cultivance, que conta com uma soja transgênica – OGM –, surge como opção tecnológica para o manejo de áreas afetadas por plantas daninhas de difícil controle. Outro sistema promete driblar o efeito devastador do vírus do mosaico-dourado que ataca as lavouras de feijão. E o primeiro resultado positivo no mundo com gene *DREB* em algodão revela-se promissor para uma cotonicultura tolerante a condições de seca. »

## REVOLUÇÃO NAS LAVOURAS E NOS LABORATÓRIOS

A engenharia genética figura como uma das ferramentas atuais mais relevantes para incrementar a produção de alimentos nutritivos, de forma segura e abundante, mesmo diante dos desafios das mudanças climáticas. Destaca-se o rápido avanço do uso de engenharia genética de precisão, o que permite editar qualquer tipo de genoma com precisão cirúrgica e pontual.

Uma técnica de engenharia genética que vem sendo refinada em todo o mundo é a do RNAi (RNA interferente ou RNA de interferência). “É um mecanismo que inibe a expressão gênica ou dificulta a transcrição de genes específicos”, explica Alexandre Nepomuceno. Por meio dessa técnica, é possível ativar um mecanismo de silenciamento gênico, no qual o cientista busca um gene vital do organismo a ser combatido, seja ele uma bactéria, um vírus, um inseto ou mesmo uma planta daninha. Para tornar o feijão imune ao vírus do mosaico-dourado (veja matéria na página 26), por exemplo, os pesquisadores da Embrapa utilizaram o mecanismo do RNA interferente.

A biologia sintética está permitindo utilizar as informações genômicas com novas técnicas de engenharia genética de precisão e síntese artificial de DNA a custos reduzidos, que permitem desde construir um “novo” código genético até a inserção de elementos artificiais em organismos vivos para reprogramá-los para produzir novos compostos. São utilizados aqui alguns princípios adotados pela engenharia elétrica para construir circuitos – de liga e desliga – dentro de organismos vivos. O objetivo é tentar construir circuitos parecidos com os elétricos para programar genes e proteínas de seres vivos (bactérias, plantas).

Entre as várias aplicações da biologia sintética, o professor da Colorado State University Maurício Antunes destaca a produção de plantas sentinelas que funcionam como sensores do meio ambiente. “Elas processam informações do meio ambiente e respondem de diferentes formas”, relata. Tais pesquisas não estão disponíveis comercialmente em plantas, mas já existem exemplos no ramo farmacêutico. Entre as aplicações práticas, Antunes destaca um remédio (artemísia) para tratamento de malária. “O remédio é produzido em uma levedura geneticamente modificada, utilizando tecnologia de biologia sintética, o que reduz consideravelmente os custos”, explica.

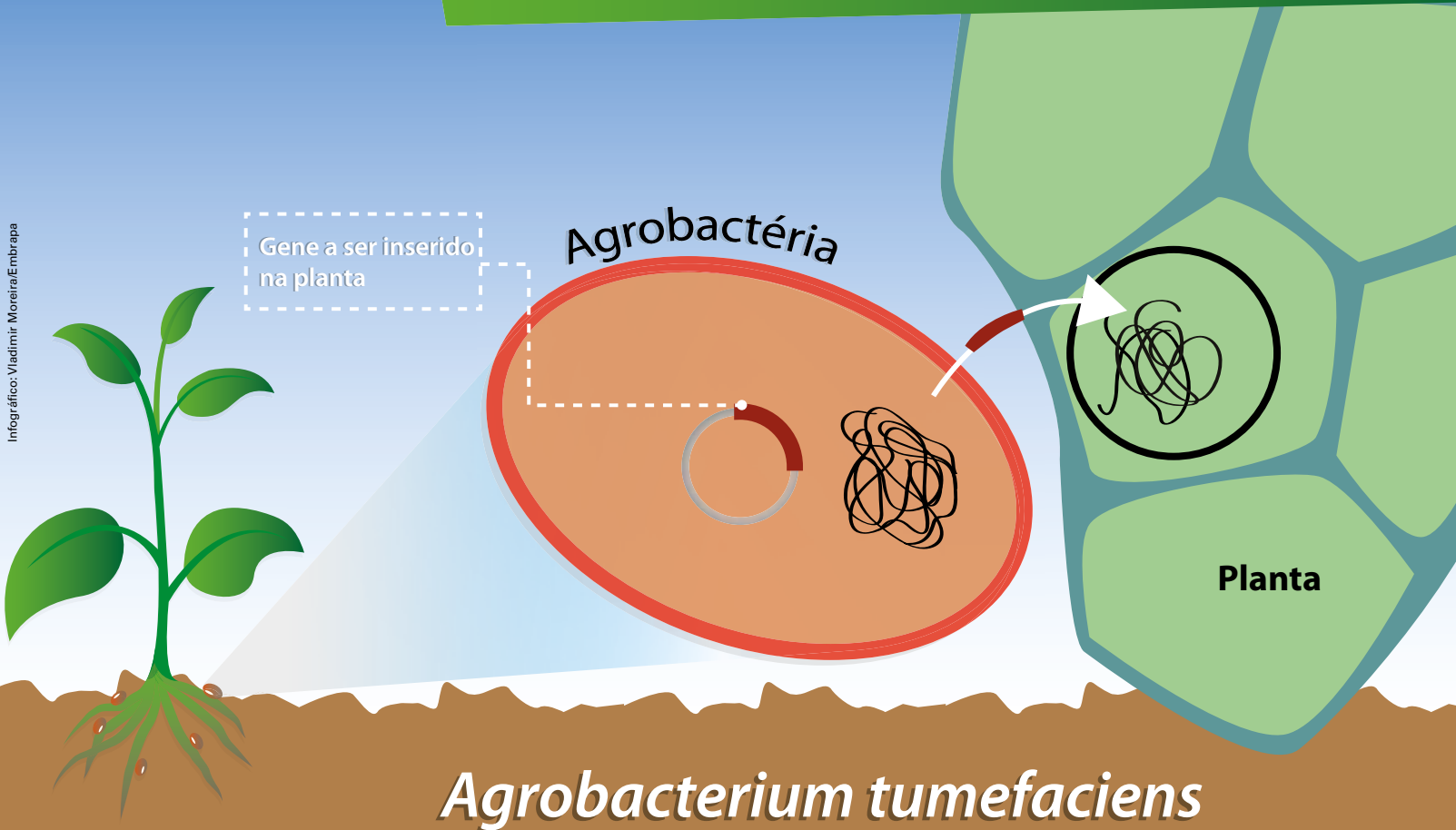


Foto: Thinkstock/Embrapa



# Estratégia de Transformação

Infográfico: Vladimir Moreira/Embrapa



## COMO SE DÁ A TRANSFORMAÇÃO GENÉTICA EM PLANTAS

Em plantas, os métodos mais utilizados para introdução da construção genética de interesse no organismo-alvo é feita por biobalística ou via bactéria *Agrobacterium tumefaciens*. A biobalística consiste em inserir através de microprojéteis fragmentos de ácidos nucleicos de interesse em células ou tecidos. “A técnica de biobalística espalha fragmentos de DNA em várias partes do genoma, dificultando muitas vezes os processos posteriores de seleção em programas de melhoramento”.

Apesar de as primeiras plantas geneticamente modificadas a entrar

no mercado terem sido desenvolvidas por biobalística, hoje mais de 90% dos eventos comerciais liberados utilizam *Agrobacterium* como método de transformação. A *Agrobacterium* funciona como um vetor que carrega e transfere o DNA de interesse. “A utilização de *Agrobacterium* torna o processo de transformação mais eficiente do ponto de vista molecular. Normalmente, a inserção dos elementos de DNA feita pela bactéria ocorre de forma muito mais precisa e pontual, em regiões únicas do genoma-alvo”, diz Nepomuceno. »

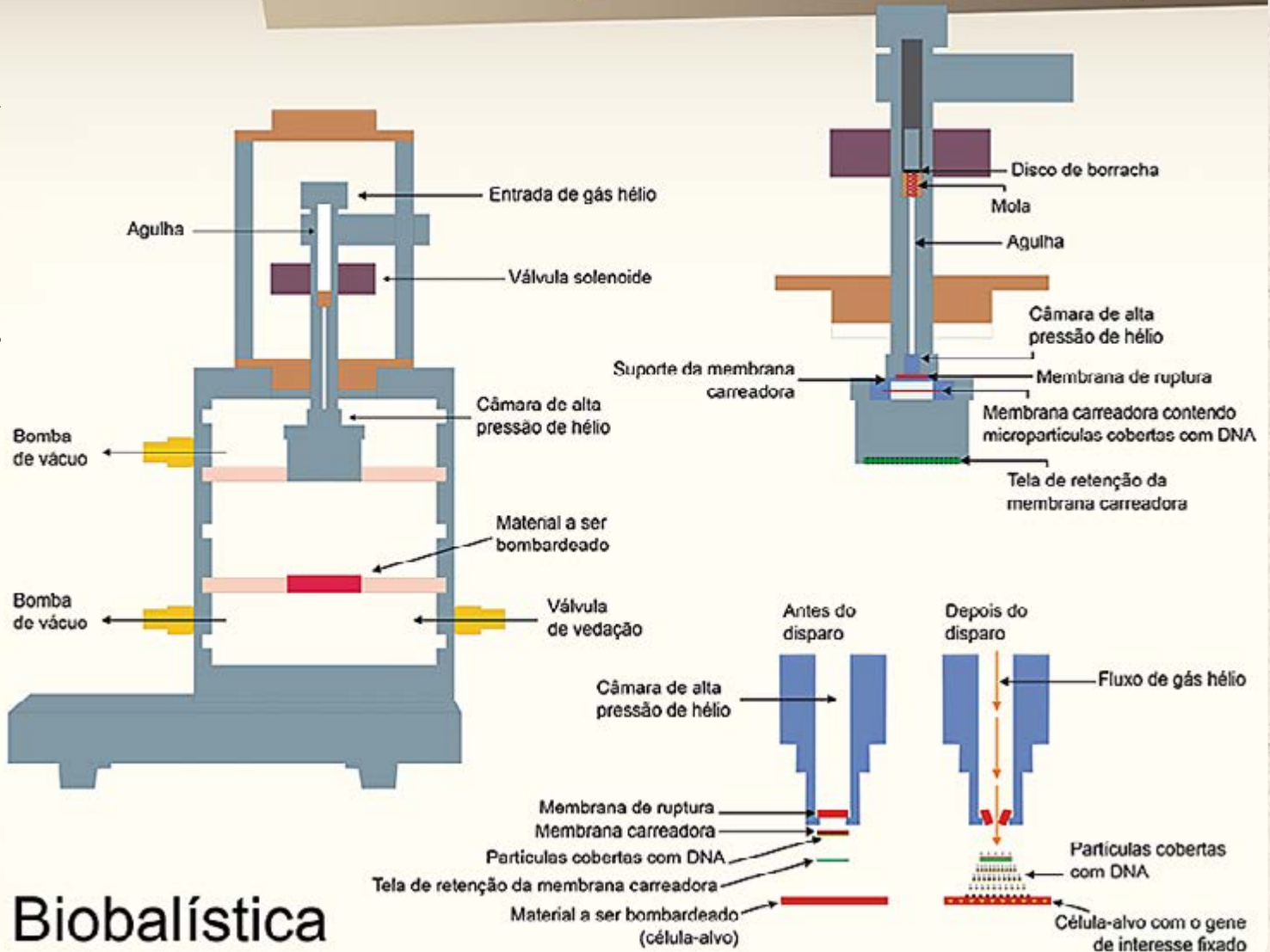
O pesquisador Alexandre Nepomuceno.



Foto: Arquivo Embrapa

# Estratégia de Transformação

Infográfico: Raul César Pedroso da Silva/Embrapa



## Biobalística

### ETAPAS DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE OGMS

Colocar no mercado um OGM ou qualquer outro produto que utilize as novas técnicas de engenharia genética é uma tarefa desafiadora, de longa duração, envolvendo várias fases, e que exige conhecimentos especializados e altos investimentos econômicos. Só o processo de criação de plantas geneticamente modificadas pode levar de dez a 20 anos.

Seis etapas básicas são consideradas: 1) identificação de genes de

interesse (fase que engloba o processo de descoberta de genes de interesse), 2) prova de conceito (seleção de evento elite e análise de biossegurança para assegurar equivalência do produto), 3) desenvolvimento de ativo (testes a campo em diferentes regiões), 4) desenvolvimento avançado (processo para regulamentar a tecnologia), 5) pré-comercialização (registro de variedades) e 6) lançamento (que envolve comunicação com a sociedade e marketing do produto).

Com os devidos ajustes, essas etapas também podem ser consideradas para o desenvolvimento de qualquer produto que utilize engenharia genética em sua elaboração, sejam animais, microrganismos ou outros produtos que utilizem a engenharia genética. “Utilizamos procedimentos de controle de todas as etapas para garantir a qualidade, acurácia, precisão e idoneidade de todos os métodos, resultados e informações gerados na elaboração do produto”, destaca Nepomuceno.



# SISTEMA CULTIVANCE

## A CIÊNCIA FAZENDO HISTÓRIA

Por Lebna Landgraf

Fruto de parceria entre a Embrapa e a Basf, o Sistema de Produção Cultivance, lançado em 2015, combina a utilização de soja transgênica de alto potencial produtivo com o uso de um herbicida de amplo espectro de ação para o manejo de plantas daninhas de folhas largas e estreitas. A tecnologia representa um marco para a ciência brasileira – é o primeiro transgênico desenvolvido integralmente no Brasil, numa parceria público-privada. O feijão 5.1 da Embrapa (veja matéria na página 26) é a primeira planta transgênica produzida inteiramente por uma empresa pública brasileira que deverá chegar, em breve, ao mercado.

“É a primeira vez que uma planta de soja geneticamente modificada, completamente desenvolvida no Brasil, entra no mercado, com aprovação nos principais países importadores”, destaca Maurício Lopes, presidente da Embrapa. “Trata-se de uma tecnologia totalmente verde-amarela, desde a concepção à comercialização, além de caracterizar-se como uma importante e viável alternativa às já existentes”, ressalta Eduardo Leduc, vice-presidente sênior da Divisão de Proteção de Cultivos para a América Latina da Basf.

Um dos grandes diferenciais do Sistema de Produção Cultivance é a possibilidade de o produtor brasileiro rotacionar herbicidas com diferentes

mecanismos de ação para o manejo de plantas daninhas de difícil controle.

O percurso de desenvolvimento dessa tecnologia foi de quase 20 anos, considerando desde a pesquisa em laboratório até seu registro comercial e sua chegada ao campo. “Aproximadamente 35 cientistas estiveram envolvidos no desenvolvimento dessa tecnologia e na geração de dados que subsidiaram seu processo de liberação comercial no Brasil, isso sem considerar as equipes de apoio de laboratórios, casas de vegetação e campo”, explica Carlos Arrabal Arias, da Embrapa Soja, líder do programa de melhoramento genético de soja da Embrapa. »

# Sistema de Produção Cultivance

1996



**Seleção evento elite**  
**Embrapa**  
 - Melhoramento Clássico  
 - Linhagem doadora  
 - Objeto para regulamentação

**Transformação**  
 - Gene Ahas: Basf  
 - Transformação Genética: patente Embrapa



2005



2001

2006

**Início dos cruzamentos comerciais**  
 - Sob Regime de STEWARDSHIP

**Regulamentação**  
**Basf e Embrapa**  
 - Segurança da tecnologia  
 - Saúde humana e animal  
 - Impactos fauna e flora



2008

**Ensaio de campo**  
 - Início das avaliações de linhagens



**Chegada ao mercado**  
 - 1ª variedade

**Aprovação CTNBio**

2007



2015

2016



## GENE E PROCESSO PROTEGIDOS POR PATENTES DÃO INÍCIO À PARCERIA

A identificação pela Basf do gene *ahas*, extraído de plantas de *Arabidopsis thaliana*, que confere tolerância ao herbicida da classe das imidazolinonas, e o desenvolvimento do processo de introdução desse gene em soja pela Embrapa foram duas importantes conquistas do processo científico, que, em conjunto, permitiriam às equipes das duas instituições a necessária liberdade de utilização para levar um produto ao mercado.

Isso porque a Basf possui a patente do gene *ahas* (gene aceto-hidroxiácido sintase), e a Embrapa, a patente relacionada (espaço extra) ao processo tecnológico de geração de plantas de soja geneticamente modificadas. Esse processo consiste em utilizar o gene *ahas* de tolerância a herbicida como marcador no processo de transformação da soja, o que era inédito na década de 1990.

Em 1997, após os necessários acordos legais, a Basf disponibilizou o gene *ahas* para a equipe da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia liderada pelo pesquisador Elíbio Rech. Com uma rede de pesquisadores operando em várias Unidades da Empresa e a parceria público-privada estabelecida com a Basf, operação inédita no mundo, foi possível desenvolver a soja Cultivance, do labora-

tório ao produtor. Foram necessários cerca de 20 anos, mas o lançamento do evento Cultivance posiciona o Brasil ao lado dos países desenvolvidos que vêm colocando produtos dessa natureza no mercado.

Na Embrapa Soja, de 2001 a 2005, foram conduzidos vários cruzamentos genéticos de plantas de soja transgênicas com uma cultivar de soja convencional amplamente adaptada no Brasil. A ideia era chegar ao evento elite, ou seja, uma planta de soja que expressasse a tolerância ao herbicida, mas que tivesse apenas uma cópia do gene, fator essencial para o processo de liberação comercial da tecnologia.

“No desenvolvimento e seleção do evento elite, foram usadas técnicas de melhoramento clássico de soja, até que a planta pudesse se tornar uma linhagem doadora do gene”, diz Arias. Além disso, o evento elite, objeto de estudo para a liberação comercial da tecnologia, deve apresentar a mesma composição de uma planta de soja não transgênica.

Na safra 2006/2007, a Embrapa Soja começou a avaliar como as plantas se comportavam no meio ambiente. Foram realizados testes para comprovar a segurança da tecnologia para o meio ambiente e para a saúde humana e animal e, paralelamente, trabalhar no



O pesquisador Elíbio Rech.

Foto: Adilson Werneck/Embrapa



Foto: Fabiano Bastos/Embrapa

desenvolvimento de cultivares comerciais de soja.

Foram realizados ensaios regulatórios que fornecem dados científicos para embasar a regulamentação da tecnologia em nível nacional e, posteriormente, mundial. Os testes são realizados em áreas experimentais para atender às exigências de biossegurança da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) e os requisitos de países importadores da soja brasileira como o Japão, a China e a Comunidade Europeia.

No caso da Cultivance, por três safras, foram conduzidos experimentos em sete locais do Brasil para avaliar se as plantas transgênicas tinham padrão de comportamento similar às convencionais. Os pesquisadores compararam as características gerais da planta, como rendimento, ciclo de desenvolvimento, resistência ao acamamento, altura de plantas, qualidade de sementes, de óleo, teor de proteína, entre outros.

Além das avaliações realizadas a campo, os produtos geneticamente modificados passam por diversos testes em laboratório para análise de equivalência nutricional dos grãos e de caracterização molecular. Para realizar os ensaios a campo, a Embrapa e a Basf solicitaram anualmente à CTNBio autorização para implantar os experimentos de soja transgênica. Depois de aprovado, o experimento passou por constante fiscalização do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Todos os experimentos passavam também por auditoria interna. As informações obtidas eram registradas com o intuito de certificar o processo e garantir o padrão de qualidade na condução das pesquisas.

De forma paralela aos ensaios regulatórios, foram realizadas atividades para gerar cultivares comerciais, processo que leva de seis a oito anos. Na safra 2008/2009 foram feitos os primeiros ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) que geram os dados para o registro das cultivares no Mapa. “É um processo tradicional dentro do melhoramento genético, pelo qual se realiza uma experimentação dos materiais a campo, visando a identificar plantas mais produtivas, resistência a doenças e regiões de adaptação do material, entre outras características”, explica Arias.

Em 2009, a CTNBio aprovou formalmente a comercialização da tecnologia Cultivance, no mercado brasileiro. Em seguida, a Basf e a Embrapa buscaram sua aprovação em diversos países compradores da soja brasileira, tais como China e União Europeia, visando à comercialização global do produto.

O processo de submissão de dados de análise de segurança em cada país foi iniciado em 2008 e concluído em 2015 com a obtenção da aprovação na Europa. A Basf gerenciou todos os estudos mundiais de registro da tecnologia, custeou os estudos necessários para o atendimento às exigências globais de regulamentação e forneceu pessoal e expertise ao processo de regulamentação, para atender às necessidades de registro no Brasil e em países com mercado de soja relevante. “A Embrapa custeou a implantação da maioria dos experimentos regulatórios no Brasil, disponibilizando suas áreas experimentais com Certificado de Qualidade em Biossegurança, envolvendo pessoal de campo treinado pela equipe de **Stewardship** ..... da Embrapa e cumpriu papel funda-

mental no processo regulatório, por meio de conhecimento técnico das diversas áreas de pesquisa envolvidas na obtenção e análise dos dados”, destaca Arias. O trabalho conjunto das empresas parceiras permite que a soja Cultivance, plantada no Brasil, seja importada por 17 países e pela União Europeia.

De acordo com o pesquisador Luiz Carlos Miranda, da Embrapa Produtos e Mercado, para produzir sementes nas condições exigidas pelo Programa Stewardship foram adicionados cuidados extras. “O grande aprendizado foi que, além das precauções inerentes às atividades sementeiras, foram adotados o princípio de

## ATUAÇÃO RESPONSÁVEL

Enquanto a aprovação mundial da tecnologia não foi concluída, a Basf e a Embrapa se comprometeram com o Programa de Atuação Responsável da soja Cultivance no Brasil. O Programa visava ao adequado cultivo e manuseio da soja para evitar seu escape no meio ambiente e também sua entrada na cadeia de alimentos antes da aprovação regulatória no Brasil e nos países importadores.

O Programa de Atuação Responsável, também chamado de programa Stewardship, foi baseado em três pilares: 1) Implementação de controle para a contenção da produção e cultivo de soja 2) Treinamento dos usuários e 3) Inspeções de verificação da aderência ao programa. Todas as atividades pré-comerciais foram conduzidas seguindo um conjunto de requerimentos para evitar a liberação da Cultivance não intencional no meio ambiente e a sua mistura com outros materiais de soja.

De acordo com Daniela Contri, gerente de regulamentação e stewardship – biotecnologia da América da Sul da Basf –, algumas medidas constituíam-se na manutenção de um isolamento entre o cultivo da soja geneticamente modificada e qualquer outra soja; o uso de equipamentos exclusivos às atividades com a Cultivance; limpeza criteriosa antes e depois do uso de implementos agrícolas, assim como o monitoramento dos campos de cultivo pós-colheita para a identificação e destruição de plantas voluntárias remanescentes.

Para Contri, o controle rígido de estoque de grãos e sementes, regras de embalagem, identificação, armazenamento e transporte, além da destruição de sobras e resíduos de grãos e sementes e o registro integral de todas as atividades a campo realizadas com a soja Cultivance eram requisitos adicionais necessários para garantir a completa rastreabilidade do material.

Foi implementado um processo de verificação do Programa para garantir o cumprimento dos requisitos estabelecidos. As inspeções internas conduzidas por auditores eram realizadas nas áreas cultivadas em todas as etapas críticas do processo de produção. “Todas as equipes envolvidas – desde os operários de campo até os parceiros da Embrapa no processo de desenvolvimento de cultivares – tiveram que se adaptar ao Programa de Stewardship”, relata o pesquisador Carlos Lásaro Pereira de Melo. “Várias mudanças ou adaptações tiveram que ser implementadas ao longo do desenvolvimento da tecnologia, o que exigiu mudanças estruturais, alterações metodológicas e até mudanças comportamentais exigidas pelo novo conceito”, diz.

Foto: Lebna Landgraf/Embrapa



*O pesquisador Luiz Carlos Miranda.*

embalar as sementes em sacaria dupla e cor exclusiva, etiquetas duplicadas, maiores cuidados com o transporte e o descarte de sementes, com destruição das embalagens utilizadas, monitoramento das áreas mesmo após a colheita, limpeza de máquinas dentro da área de cultivo após o plantio ou colheita e o registro documental, por meio de relatórios e fotografias, de todas as atividades realizadas”, explica.

Com o programa de Stewardship, foi possível obter a rastreabilidade total das sementes. Além disso, a Unidade de Beneficiamento de Sementes da Embrapa, em Londrina (PR), se dedicou com exclusividade ao Programa Cultivance até a liberação comercial da tecnologia. “O intuito era evitar qualquer risco de contaminação de outros programas de melhoramento genético ou de escape não intencional de sementes”, ressalta Miranda.



## COMO UMA PLANTA DESENVOLVE RESISTÊNCIA

O uso excessivo e frequente de um mesmo herbicida para controlar plantas daninhas na mesma lavoura tem como uma das principais consequências o aparecimento de exemplares resistentes. O Sistema de Produção Cultivance chega ao mercado como opção tecnológica para auxiliar os agricultores no manejo de plantas daninhas resistentes a outras tecnologias e de difícil controle na cultura da soja.

O Brasil tem 34 casos de resistência de plantas daninhas a herbicidas, sendo algumas com resistência ao glifosato: buva (*Conyza bonariensis*, *Conyza*

*canadenses* e *Conyza sumatrensis*), azevém (*Lolium multiflorum*) e capim-amargoso (*Digitaria insularis*). “As plantas daninhas competem com a soja por luz, água e nutrientes, o que interfere na produtividade”, explica o pesquisador Fernando Adegas, da Embrapa Soja. “Também interferem na eficiência da colheita, no aumento do nível de impurezas e na umidade dos grãos”, relata.

Adegas explica que a seleção de plantas daninhas resistentes a herbicidas é resultado do uso continuado do mesmo produto na mesma área, sem

a rotação de mecanismos de ação. Ao se usar o mesmo herbicida, por um longo período de tempo, o produto elimina a maioria das plantas daninhas, mas seleciona as que são mais tolerantes e as resistentes a ele. “A médio e longo prazo, as plantas resistentes selecionadas aumentam nas lavouras e começam a causar problemas para seu controle”, explica.

Mais de 90% dos 31 milhões de hectares cultivados com soja no Brasil utilizam sementes de plantas geneticamente modificadas para a resistência ao herbicida glifosato. Atualmente,





Foto: Thinkstock/Embrapa

estima-se que a resistência ao glifosato esteja disseminada em aproximadamente 30% da área geográfica de cultivo de soja. “Isso não significa que todas as propriedades dentro dessa área de abrangência têm problema de resistência”, revela Adegas. “Mesmo assim é um número alarmante”.

O Sistema de Produção Cultivance utiliza um herbicida de outro mecanismo de ação, do grupo das imidazolinonas, registrado com o nome de Soyvance Pré. O herbicida deve ser aplicado logo após a semeadura da soja até o primeiro estágio de desen-

volvimento da cultura (estádio VI) na operação denominada de Plante e Aplique.

Por causa de sua ação residual e de sua eficiência, o controle das plantas daninhas é iniciado logo após o plantio, eliminando a matocompetição e permitindo que as cultivares de soja expressem todo o potencial produtivo. Na produção agrícola atual é fundamental incluir estratégias e práticas de manejo que colaborem com a sustentabilidade. As áreas de cultivo precisam ser redimensionadas com visão integrada de sistema de produção.

“Cada vez mais, será preciso investir em opções de manejo que envolvam a diversificação de culturas e a rotação de produtos químicos com diferentes mecanismos de ação”, explica o chefe-geral da Embrapa Soja, José Renato Bouças Farias. Nos laboratórios e campos experimentais da Embrapa, pesquisadores, em parceria com outras instituições, vêm identificando medidas que podem ser adotadas para evitar a seleção de populações resistentes e garantir que os agricultores tenham alternativas eficientes e seguras para controlar as pragas.

■ UM SISTEMA E UM  
FEIJÃO TRANSGÊNICO PARA  
ENFRENTAR O  
**MOSAICO-DOURADO**



Por Jorge Duarte

As plantas de feijão ficam anãs, amareladas, como que anêmicas; as folhas, encarquilhadas. As vagens e os grãos ficam deformados. Muitas flores são abortadas. O agricultor vê o problema no campo e sabe o futuro: se tiver sorte, irá lidar com perdas em torno de 40% da lavoura, mas corre o risco de perder tudo. O consumidor não toma conhecimento do problema, mas provavelmente pagará mais caro pelo feijão de qualidade que não foi afetado e chegará ao mercado.

A doença ocorre após o ataque da mosca-branca, que carrega o vírus do mosaico-dourado (chamado pelos cientistas de BGMV, nomenclatura técnica oficial do inglês *Bean golden mosaic virus*). A mosca é vetora do geminivírus, um grupo de vírus cujo genoma é composto por DNA e que é capaz de infectar várias espécies de plantas. O nome “mosaico-dourado” tem relação com o amarelecimento intenso, delimitado pela coloração verde, formando um mosaico verde-amarelo.

A Embrapa Arroz e Feijão estima que as perdas de feijão decorrentes de ataques seriam entre 90 e 300 mil toneladas, dependendo do ano, suficiente para alimentar algo entre seis milhões e 15 milhões de pessoas. A mosca-branca prefere períodos quentes e secos. Por isso, seu impacto maior ocorre em épocas específicas. A possibilidade de ocorrência do mosaico-dourado praticamente impede a produção de feijão em cerca de 200 mil hectares no período mais seco nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e parte da região Sul. Apenas o Rio Grande do Sul é menos suscetível à praga, pelas baixas temperaturas do inverno.

Renato Caetano é presidente da Associação dos Engenheiros-Agrônomos de Cristalina (GO) e consultor de vários agricultores na região do Brasil Central. Ele conhece muitos casos de perda total de lavouras nessa região. A disseminação da mosca trouxe limitação da época de plantio. A segunda das três épocas de plantio do feijão nas principais regiões produtoras do Brasil, conhecida como “safrinha” ou safra da “seca”, com semeadura de janeiro a março, por exemplo, tornou-se impraticável na maior parte do País, obrigando o agricultor a buscar outras opções de cultivo. A área de produção no Município de Cristalina, que era de 40 mil hectares há oito anos, hoje é de 25 mil hectares.

A solução mais recente, recomendada pela Embrapa, é o vazio sanitário, ou seja, um período de ausência total de plantas vivas de feijão e de plantas espontâneas que sejam hospedeiras da mosca-branca na área de plantio. Todas as plantas devem ser eliminadas por meio de controle químico ou mecânico. A ausência das plantas hospedeiras em certo período reduz a transmissão de vírus de um cultivo para outro. “Está dando resultado. Reduz a capacidade de transmissão da virose”, explica Renato.

Mesmo adulta, a mosca que dá todo esse prejuízo tem o tamanho da cabeça de um alfinete, mas ataca em grupos, que podem chegar a 300 insetos por planta, segundo contagem de técnicos do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, Cali, Colômbia). Do ovo, depositado na parte inferior das folhas, à vida adulta, são apenas 19 dias, e durante este período já danifica e infecta a lavoura. As ninfas, recém-saídas dos ovos, circulam sobre as



Foto: Ronaldo Rosa/Embrapa

folhas para encontrar um lugar para si e começam a sucção da seiva e a injetar toxinas por meio de um mecanismo similar a um estilete.

Ou seja, a mosca suga uma planta, adquire o vírus pela primeira vez e vai passar o resto da vida transmitindo-o para todas as plantas em que se alimentar posteriormente. Quando voa, contamina outras lavouras e inviabiliza novos plantios, como explica Renato Caetano. E gosta de soja, algodão, uva, melancia, abobrinha, tomate, entre centenas de espécies de plantas. No feijoeiro, por causa do mosaico-dourado, o impacto é grande demais, principalmente antes do florescimento. »



Foto: Sebastião Araújo/Embrapa

Na foto acima, plantação de feijão convencional atingida por mosaico-dourado. Na foto abaixo, feijão transgênico sem a doença.



Foto: Sebastião Araújo/Embrapa

## EVOLUÇÃO RÁPIDA E DESAFIADORA

O mosaico-dourado foi identificado pela primeira vez no Brasil, em 1961, na região de Campinas (SP). Era pouco importante, mas em alguns anos disseminou-se. Desde então, é desafio para os pesquisadores e tormento para quem planta feijão. Muitos pesquisadores de diferentes instituições fizeram esforços para identificar fontes de resistência e desenvolver cultivares resistentes. Em muitos casos, como o de outra virose também prejudicial à cultura do feijão, o mosaico-comum, o controle de doenças é feito de forma eficiente por meio do uso de cultivares resistentes, ou seja, pela resistência natural das plantas. Assim, foram testados vários materiais genéticos (germoplasma, base ou patrimônio genético da espécie usado como fonte de genes de interesse pelos programas de melhoramento) promissores e de diversas origens, inclusive em outros países, sempre com resultados insatisfatórios no que se refere à identificação de resistência efetiva ao mosaico-dourado.

Após mais de duas décadas de tentativas, não foi possível desenvolver cultivares adaptadas às condições brasileiras com alta resistência à doença. O máximo que se alcançou foram fontes de tolerância, ou resistência intermediária, quantitativa, ainda que tenham sido testados milhares de acessos dos bancos de germoplasma de várias partes das Américas.

Ou seja, não foram identificadas até o momento fontes com resistência efetiva ao mosaico-dourado no Brasil. Para controlar a doença, o mais comum é a aplicação de inseticida, muito inseticida. Não é difícil encontrar relatos de 25 aplicações, o que, a longo prazo, causa a perda da eficiência num país que chega a plantar três safras anuais de feijão. E sabe-se que nenhuma estratégia de controle pode ser usada isoladamente. O ideal é a combinação do controle químico com medidas preconizadas pelo manejo integrado de pragas, inclusive o vazio sanitário, nem sempre suficientes.

O pesquisador Thiago Souza, da Embrapa Arroz e Feijão, explica que “existe variabilidade genética dentro e entre as várias populações de mosca-branca no Brasil, e que o excesso de químicos acaba por selecionar os genótipos do inseto resistentes aos inseticidas”. Na prática, o elevado uso de inseticidas intensifica a seleção e a consequente disseminação de novas gerações da mosca que são capazes de sobreviver às aplicações. “Por isso a recomendação histórica da pesquisa é adotar o modelo de manejo integrado de pragas. O uso de químicos é uma ferramenta importante para o manejo da mosca-branca, mas, quando adotado isoladamente e de forma indiscriminada, embora pareça uma solução conveniente e fácil, não é sustentável”.

## AVANÇO COM OS FRACASSOS

O investimento da Embrapa na busca de soluções para o vírus do mosaico-dourado se inicia no anos 1990, quando o pesquisador Josias Faria, da Embrapa Arroz e Feijão, sequencia o vírus durante seu pós-doutorado. Na época, Francisco Aragão, outro personagem dessa história, tentava, na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, expressar no feijão um gene da castanha-do-pará, chamado 2S, para aumentar o teor de metionina. Conseguiu-se feijão geneticamente modificado (GM) naquela tentativa, mas os testes mostraram que a proteína 2S tinha potencial alergênico e o projeto foi encerrado. O conhecimento adquirido, entretanto, seria útil mais adiante.

Josias queria resolver o problema do mosaico-dourado. Após a caracterização completa do vírus por sequenciamento, investiu em obter plantas que expressassem sequências virais (plantas GM).

O feijão não possui a capacidade de regeneração a partir de células individuais da planta. Não é como a soja, o tomate, a alface ou o fumo. Muito trabalho foi necessário para aprender a inserir genes no genoma do feijão e assim obter plantas GM. Distintas estratégias para a obtenção de plantas resistentes ao mosaico-dourado foram testadas, algumas não funcionaram e outras funcionaram apenas parcialmente. Por exemplo, Josias e Francisco usaram a estratégia de RNA *antisense*, que gerou apenas plantas com sintomas atrasados e mais brandos. Mas as plantas ainda eram suscetíveis à virose.

A segunda tentativa foi uma estratégia chamada de transdominância

letal, que consistia em expressar na planta uma proteína modificada do vírus. Os novos testes de campo também não deram muito certo. Ataques em pequena escala tinham menos impacto, mas os maiores afetavam a produção e isto não bastaria para ajudar o agricultor.

### O RECOMEÇO COM O RNA INTERFERENTE

Nos primeiros anos do século XXI, as pesquisas quase pararam. Exigiam-se até sete licenças para um único experimento de campo com plantas GM. Em 2004, chegou a haver comemoração formal na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia por receber uma licença para realizar os experimentos. Em 2005, com a readequação da legislação, diminuiu o esforço burocrático e aumentou o científico. E a pesquisa se concentrou em uma estratégia chamada de RNA interferente (RNAi), um mecanismo de silenciamento de genes inspirado em um processo biológico já presente na natureza, mas até então incompreendido pelos cientistas e, portanto, de difícil aplicação.

A solução veio com os trabalhos de cientistas que acabariam ganhando o Prêmio Nobel de Medicina em 2006. O biólogo e matemático Andrew Zachary Fire e o bioquímico Craig Mello desvendaram o mecanismo do RNAi. Trata-se do silenciamento gênico, a capacidade de reconhecer uma sequên-

cia-alvo específica de RNA e, posteriormente, impedir ou paralisar sua replicação. É um fenômeno biológico já naturalmente presente em vários organismos. Compreendido por pesquisadores, passou a ser usado como estratégia para ajudar na melhoria dos processos naturais.

Um dos trabalhos que Aragão realizou com RNAi foi silenciar um gene de uma enzima em soja reduzindo o ácido fítico nos grãos, o que chegou a garantir uma patente do silenciamento para gerar frutos sem sementes. Por causa disso, a Embrapa tem, por exemplo, patente e capacidade de gerar uma tangerina sem sementes, entre outras frutas.

Francisco Aragão explica que um dos exemplos da atuação do RNAi na natureza pode ser dado pela própria soja. “A cor do tegumento das sementes era preta e ficou amarela. Há milhares de anos, uma das cópias de um gene sofreu uma mutação invertida, »





Foto: Sebastião Araújo/Embrapa

O pesquisador Josias Faria.

silenciando um gene que é fundamental para a cor escura. Com o silenciamento, o grão mais conhecido e consumido passou a ser o amarelo, mas ainda existem variedades de cor escura”.

Já no ano 2000, a técnica de RNAi começou a ser desenvolvida para obtenção de plantas de feijão resistentes ao mosaico-dourado e isso permitiu que a equipe da Embrapa conseguisse, em 2004, inibir a ação de um gene específico para tornar o feijão resistente ao vírus. Com essa estratégia, as plantas GM produzem pequenos RNA, chamados de siRNA, que bloqueiam um dos genes do vírus, conferindo imunidade ao feijão. Na natureza, quando uma planta de feijoeiro é infectada por esse vírus, também produz, mas tardiamente, esses siRNA. O que a pesquisa fez foi antecipar a deflagração de um mecanismo natural de defesa.

O que ocorre na prática? O vírus é impedido de se multiplicar no feijão. A mosca se alimenta da planta, inocula o vírus, que tem seu gene de replicação silenciado.

**A PLANTA DO EXPERIMENTO 5**

No Brasil foram feitos sucessivos experimentos com a técnica, coordenados pelas equipes de Josias e Aragão. Os experimentos bem-sucedidos avançaram e os fracassados foram sendo abandonados. Josias conta que foi colocada “muita mosca-branca em todos os experimentos, e uma planta do experimento 5, resistiu. Não era

bonita, produziu apenas 15 sementes e morreu, mas era resistente”. As plantas seguintes, originárias do experimento 5, resistiram a mais de 300 moscas por planta, enquanto todas as testemunhas sucumbiram com altos índices de severidade e até 90% de perda.

O transgene mostrou-se estável ao longo das várias gerações de autofecundação, bem como após cruzamentos com cultivares convencionais, não geneticamente modificados. Exatamente como uma planta de feijoeiro-comum não atacada pelo vírus. Entre as descobertas, a de que a planta matriz deveria ser homozigota (duas cópias do transgene nos cromossomos homólogos) para que a resistência fosse completa.

No mesmo período, artigo na revista científica *Nature Biotechnology* afirmava que o RNAi não funcionaria para vírus cujo genoma é o DNA. Ou seja, que não era possível obter plantas resistentes a geminivírus usando RNAi. O trabalho dos brasileiros demonstrava o contrário e uma correção foi feita em edição posterior.

“Não queremos que os cientistas



Foto: Sebastião Araújo/Embrapa

perdessem o entusiasmo por uma técnica que era viável. Logo depois, outros grupos de pesquisa desenvolveram milho, tomate e mandioca resistentes a geminivírus, demonstrando que tínhamos razão”, diz Aragão.

Em diferentes ambientes, foi avaliada a interação do feijão GM com populações de microrganismos, insetos e artrópodes, bem como seu uso na alimentação de mamíferos, sem qualquer efeito adverso. Também se realizou sua caracterização molecular e análises de composição nutricional. As características foram estáveis tanto nas plantas GM quanto nas testemunhas convencionais.

#### EVENTO 5.1, AGORA FEIJÃO RMD

Assim, em 2010, seis anos após o surgimento da planta mais bem-sucedida, o então chamado “Evento Embrapa 5.1” e agora conhecido por “Feijão RMD” (feijão resistente ao mosaico-dourado), foram concluídos os ensaios de biossegurança. Esses testes mostraram cientificamente que o feijão RMD é tão seguro para o plantio e consumo quanto os feijões que chegam às nossas panelas. Com isso, foi feito um pedido à Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) para o seu cultivo comercial no Brasil. Mais adiante, aprovado nos testes de biossegurança, tornou-se o primeiro produto geneticamente modificado aprovado e totalmente desenvolvido por uma instituição pública na América Latina. E o primeiro feijão geneticamente modificado no mundo.

Um grande avanço é que o transgene não codifica para uma proteína, como é comum em outras plantas transgênicas – ele foi reconstruído a partir de um fragmento de DNA inver-

tido, formando o que é chamado de “grampo” de RNA após a transcrição. Esse grampo leva à produção dos pequenos RNA, mimetizando o que a natureza já faz para tornar plantas e outros organismos resistentes a patógenos. Observou-se que os RNA se degradam depois do processamento, com a vantagem de que não é associado a nenhum produto químico. Com isso, não ocorre o processo de síntese de proteína. Josias Faria diz que “agora temos uma ferramenta para fazer o manejo integrado do mosaico-dourado. A expectativa é que haja uma redução substancial nas aplicações de pesticidas”.

Nos testes, ficou demonstrado que o feijão RMD possui composição nutricional equivalente ao feijão-comum convencional (não GM). Além disso, não há qualquer alteração em relação à qualidade do produto ou ao seu cozimento. E um detalhe importante: após o cozimento não são detectados os pequenos RNA(s), uma vez que essas moléculas são muito instáveis. Sem rastros. É como se a transgenia desaparecesse na panela. O sucesso dos testes gerou capa na revista científica americana *Molecular Plant-Microbe Interaction*, em 2007.

As cultivares de feijão RMD que estão sendo desenvolvidas são do grupo comercial Carioca, que possui cerca de 70% do mercado brasileiro e é pouco exportado. Foram oito gerações sucessivas sendo testadas, sempre com total estabilidade do evento transgênico. “Durante o processo de desenvolvimento do feijão RMD, participaram



mais de 80 pesquisadores de centros de pesquisa da Embrapa e universidades brasileiras”, conta Josias, ressaltando que, novamente, um resultado importante foi viabilizado pelo trabalho em grupo, dentro de uma rede de pesquisadores integrados.

A Embrapa também desenvolveu testes por meio de marcadores moleculares baseados em PCR, reação em cadeia da polimerase, de alta precisão, que permitem determinar quais grãos, sementes ou plantas são GM. Já para situações de campo ou em galpões de armazenamento, está em fase de desenvolvimento um kit prático que distinguirá os lotes transgênicos do produto convencional com maior agilidade.



### E AINDA HAVIA O CARLAVIRUS

O pedido de liberação comercial foi feito em 2010 e aprovado pela CTNBio em 2011. Desde então, mais testes por todo o Brasil foram realizados em várias condições.

Em 2011, existia o evento de feijão RMD – um grande feito para a pesquisa nacional, mas a variedade comercial ainda não estava disponível, pois outras legislações devem ser cumpridas. “Os ensaios de avaliação final ou VCU (valor de cultivo e uso) permitiram selecionar o melhor material genético, a partir dos mesmos critérios aplicados às cultivares convencionais”, explica Thiago.

Em 2013, os pesquisadores fizeram uma constatação importante durante os testes de avaliação agrônômica.

No início do texto, contamos que a mosca-branca é vetora de um conjunto de vírus. O mosaico-dourado é o mais importante, mas existem outros. O Carlavirus, que nos interessa aqui, é conhecido desde a década de 1980, mas estava imperceptível no feijão, já que o mosaico-dourado é mais agressivo, tem sintomas mais acentuados e precoces. Com a exclusão do mosaico-dourado pela tecnologia RMD, os sintomas de Carlavirus tornaram-se visíveis, em alguns locais, trazendo impacto negativo para o desempenho do feijão RMD.

Menos agressivo que o mosaico-dourado, o potencial dano econômico do Carlavirus, que causa necrose na parte inferior de folhas de cultivares, está sendo pesquisado pela Embrapa desde 2014. São estudos agrônômicos e de melhoramento genético que buscam reduzir os riscos causados pela doença.

### MAIS QUE UM FEIJÃO RESISTENTE, UM SISTEMA DE MANEJO INTEGRADO

Thiago Souza conta que já foram identificadas fontes com efetiva resistência ao Carlavirus entre linhagens elite de feijão, as quais já estão sendo utilizadas pelo programa de melhoramento da Embrapa. Assim, as pesquisas avançam. A solução para o Carla-

virus, entretanto, é antiga: manejo integrado. O feijão RMD agora virá cercado de um conjunto de orientações para garantir a segurança da produção, inclusive contra o Carlavirus. Ou seja, genética e manejo.

O presidente da Embrapa, Maurício Lopes, ao enfatizar que todo o processo segue padrões técnicos consagrados e que os prazos são definidos em função dos avanços, diz que “por melhor que seja o produto, é essencial não negligenciar nenhuma de suas características para os agricultores, para o mercado e para a sociedade. Queimar etapas pode resultar em frustrações e prejuízos”.

Por isso, os pesquisadores chamam atenção para o fato de que o sistema de manejo também é importante – a cultivar RMD é parte do conjunto. “Temos que pensar sobre o controle das viroses numa perspectiva integrada, em que a genética é importante, mas também é importante a época de plantio, o controle químico, o vazão sanitário. Ou seja, várias ferramentas e estratégias para garantir o correto manejo integrado. Temos que considerar, inclusive, outras culturas que precedem ou que irão suceder a do feijão ou que estão sendo cultivadas simultaneamente”. Sob esta perspectiva, ganha vigor a ênfase no desenvolvimento da agricultura a partir da sustentabilidade. “De maneira nenhuma vamos implementar uma solução tecnológica sem pensar no sistema agrícola”, diz Thiago.

O registro da cultivar de feijão geneticamente modificado resistente ao vírus do mosaico-dourado-do-feijoeiro ocorreu em setembro, o que tornou a Embrapa oficialmente detentora da variedade para cultivo comercial. O lançamento do feijão RMD será em





O consumo médio de feijão-comum, por brasileiro, é de 17 quilos por ano e a agricultura familiar é apontada como a grande responsável pela produção no País. O feijão é fonte importante de proteínas e de fibras, e também tem ferro e zinco, além de outros minerais. Entre as principais espécies de feijão mais consumidas, destacam-se o feijão-comum e o feijão-caupi. O feijão-comum de maior consumo é de grãos do tipo carioca e preto. O feijão-preto tem maior consumo na região Sul e Sudeste, enquanto o feijão-carioca é aceito em, praticamente, todo o Brasil. O feijão-caupi, também chamado feijão-de-corda, é muito consumido no Norte e Nordeste e, na Embrapa, tem seus estudos liderados pela Embrapa Meio-Norte.

A Embrapa Arroz e Feijão acompanha a série histórica do feijão-comum (que inclui todos os tipos, menos o caupi). Em 2013, a produção foi de 2,6 milhões de toneladas. Em 2011, os estados do Paraná, Minas Gerais, Goiás, São Paulo e Bahia, juntos, representam, praticamente, 80% da produção nacional de 2,7 milhões de toneladas do chamado feijão-comum.

Dados do Mapa mostram que, entre as safras 2013/2014 e 2014/2015, a área de cultivo do feijão aumentou 9,4% e a produção em 8,3%.

O Brasil é o maior produtor de feijão da América Latina com pouco mais de três milhões de toneladas. Em 2014, importou 168.655 toneladas de feijão, principalmente da Argentina, e exportou 65.000 toneladas.

O feijão está entre os alimentos mais antigos e um dos mais importantes. Pesquisas sugerem que ele evoluiu a partir de espécies selvagens das regiões da América Central e Andes. O feijão original era muito pequeno e cheio de ingredientes antinutricionais. Historiadores atribuem sua disseminação às guerras e explorações. O feijoeiro-comum enfrenta várias doenças capazes de diminuir a produtividade e prejudicar a qualidade. Essas doenças podem ser de origem fúngica, bacteriana e virótica. Entre as principais fúngicas estão a antracnose, a mancha-angular, a ferrugem, o mofo-branco, a podridão-radicular e a murcha-de-fusário. Entre as bacterianas, o crestamento-bacteriano-comum, a murcha-de-curtobacterium e a podridão-radicular-de-rhizoctonia. O mosaico-comum e o mosaico-dourado são as doenças viróticas de maior importância. O vírus do mosaico-comum é transmitido pelas sementes e por pulgões, enquanto que o vírus do mosaico-dourado é transmitido pela mosca-branca.

Para o controle da maioria dessas doenças, é recomendável utilizar uma combinação de métodos. Entre os mais empregados, práticas culturais, controle químico e uso de cultivares resistentes.

2016 e deve ser produzido primeiro em região do Brasil Central.

Os novos investimentos da pesquisa são no desenvolvimento de cultivares mais capazes de enfrentar o Carlavirus e outras pragas e que mantenham a resistência ao mosaico-dourado. Agora, pesquisadores estão usando a mesma técnica para gerar plantas de feijão-caupi e mamão resistentes a viroses.



# ALGODÃO TOLERANTE À SECA

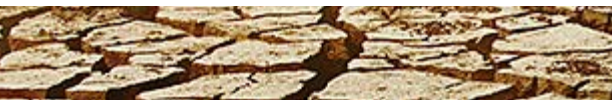
Por Fernanda Diniz

A obtenção de plantas geneticamente modificadas (GM) de algodão com maior capacidade de tolerar os longos períodos de veranico e seca a que são submetidas na principal região produtora do Brasil, o Cerrado, é decorrente de uma cooperação internacional iniciada em 2009 entre a Embrapa e o Japan International Research Center for Agricultural Sciences (Jircas), órgão vinculado ao governo japonês. Consistiu na introdução de um gene denominado *DREB* (*dehydration responsive element binding*) em plantas de algodão.

As plantas foram submetidas à retenção de água nas casas de vegetação da Embrapa Arroz e Feijão e mostraram maior desenvolvimento de parte aérea e raiz, assim como aumento de 26% na retenção das estruturas reprodutivas (botões florais, flores e frutos) em relação às plantas não transgênicas sujeitas às mesmas condições de estresse hídrico. O próximo passo é solicitar à Comissão



Fotos: Thinkstock/Embrapa





## LUGAR PRIVILEGIADO

O algodão é um produto de extrema importância socioeconômica para o Brasil. Além de ser a mais importante fonte natural de fibras, garante ao País lugar privilegiado no cenário internacional, como um dos cinco maiores produtores mundiais, ao lado de China, Índia, Estados Unidos e Paquistão. Até a década de 1980, o cultivo de algodão no Brasil era concentrado principalmente nas regiões Nordeste e Centro-Sul. A introdução do bicudo-do-algodoeiro, praga de maior impacto dessa cultura, aliada a outros fatores socioeconômicos e ambientais, devastou as lavouras algodoeiras no período, fazendo com que o Brasil passasse de exportador a

importador de algodão. A partir da década de 1990, a cultura migrou para a região do Cerrado e hoje ocupa uma área superior a um milhão de hectares, concentrada principalmente nos estados de Mato Grosso, Bahia e Goiás.

Várias estratégias podem ser utilizadas para reduzir as perdas causadas pela seca, como o manejo adequado do solo e da lavoura e irrigação, entre outras. A biotecnologia tem se consolidado como importante aliada da agricultura nas últimas décadas, pois permite desenvolver variedades adaptadas a diferentes condições de estresses bióticos e abióticos.

Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) autorização para testá-las no campo, o que deverá ser feito na Embrapa Cerrados.

“Trata-se de um resultado muito positivo e promissor para o agro-negócio brasileiro”, comemoram a pesquisadora Maria Eugênia de Sá e a estudante de pós-doutorado Magda Beneventi, que conduziram os estudos na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, sob coordenação da pesquisadora Fátima Grossi. Na Embrapa Algodão, as pesquisas foram realizadas pelo pesquisador Giovani Brito, atualmente na Embrapa Clima Temperado. As plantas de algodão tolerantes à seca podem ajudar os cotonicultores brasileiros a enfrentar uma das piores ameaças ao setor hoje no País: a alta ocorrência de veranicos do bioma Cerrado, marcados por longos e fortes períodos de seca.

#### UM GENE PODEROSO

As pesquisas consistiram na introdução do gene *DREB 2A* em plantas de algodão para induzir a tolerância à seca. Esse gene já vinha sendo aplicado com sucesso pela equipe da pesquisadora Yamaguchi Shinozaki do laboratório de estresses abióticos do Jircas, tendo resultado no desenvolvimento de plantas de arroz, trigo, tabaco e *Arabidopsis thaliana* (planta-modelo) com níveis diferenciados de tolerância à seca. O gene *DREB* está diretamente ligado à expressão de proteínas e a sua principal vantagem é a capacidade de ativar outros genes responsáveis pela proteção das estruturas celulares durante o déficit hídrico. O gene foi disponibilizado pelo instituto japonês, por meio de





cooperação técnica existente entre as duas instituições, e sua introdução em plantas de algodão foi uma iniciativa pioneira da Embrapa em nível mundial.

De acordo com as pesquisadoras Fátima Grossi e Maria Eugênia de Sá, as raízes das plantas mostraram-se mais profundas (100%) do que as das plantas convencionais, facilitando a absorção e retenção de água para enfrentar o estresse hídrico. Essa característica é extremamente vantajosa para as condições dos solos de Cerrado, que são do tipo latossolos profundos, com boa capacidade de armazenamento de água, o que favorece a seleção de plantas com sistema radicular mais robusto.

“Em condições de estresse, as plantas de algodão GM foram capazes de absorver água com maior eficiência em relação às não transgênicas, graças ao melhor desempenho morfológico e robustez das raízes (superfície total, comprimento e volume), sem necessidade de gastar muita energia. Consequentemente, apresentaram maiores taxas de fotossíntese, condutância estomática e de transpiração”, explicam as pesquisadoras.

Verificou-se também que o desenvolvimento da parte aérea das plantas de algodão GM foi cerca de 15% superior às convencionais, incluindo a área foliar total, massa seca e altura das plantas, respectivamente. Além disso, foi observado maior número de estruturas reprodutivas (botão floral, flor e maçã) retidas nas plantas GM (em torno de 26%) em comparação com as convencionais, sob condição de estresse severo. Os resultados dessa pesquisa serão publicados na revista norte-americana *Plos One*. »

## CARACTERÍSTICAS SUPERIORES

Testes realizados em casa de vegetação mostraram que, além de resistir ao déficit hídrico, as plantas de algodão GM também apresentaram sistemas aéreos e radiculares melhores do que as não transgênicas. Isso é de muito impacto porque significa que, além de tolerantes à seca, as plantas possuem características morfológicas superiores. Os próximos passos serão os estudos de fenotipagem a campo e a transferência das características para variedades comerciais de algodão.

O gene *DREB* está sendo utilizado também pelas Unidades Embrapa Soja e Embrapa Agroenergia para desenvolvimento de plantas de soja e cana com tolerância à seca, sob a coordenação dos pesquisadores Alexandre Nepomuceno e Hugo Molinari, respectivamente.



Foto: Fabiano José Perina/Embrapa



Foto: José Ednilson Miranda/Embrapa

## CONTROLE DO BICUDO

Paralelamente aos estudos envolvendo a tolerância à seca em algodão, pesquisadores da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e da Embrapa Algodão concentram também esforços em pesquisas aplicadas biotecnologicamente ao controle do bicudo-do-algodoeiro, por meio de estratégias de superexpressão de toxinas Cry (Bt) e de silenciamento gênico, por meio da tecnologia de RNA interferente (RNAi). Após adaptações desenvolvidas na Embrapa, especificamente para este inseto-praga, a equipe conseguiu obter plantas transgênicas que são capazes de interromper o ciclo do bicudo. Essas plantas de algodão GM se encontram em fase de fenotipagem a campo para reintrodução no Programa de Melhoramento do Algodão da Embrapa.

Além de garantir a estabilidade da produção no Cerrado, a Empresa de pesquisa espera contribuir também para o restabelecimento da cultura do algodão na região Nordeste do Brasil.

Parceria entre a Embrapa e o Instituto Brasileiro do Algodão (IBA), braço tecnológico da Associação Brasileira de Produtores de Algodão (Abrapa), com participação do Instituto Mato-grossense de Algodão (IMAMt), está também sendo consolidada e poderá ser crucial para que o Brasil supere os impactos negativos do bicudo-do-algodoeiro.



## OUTRAS INICIATIVAS

Outras pesquisas na área de engenharia genética estão sendo conduzidas e merecem destaque. Confira algumas abaixo. São exemplos de introdução de genes de interesse em espécies vegetais. Pesquisas relacionadas a animais geneticamente modificados serão abordadas em uma próxima edição da revista **XXI** – *Ciência para a Vida*.

- » *Pesquisa sobre transgenia em cana-de-açúcar, com o objetivo de obtenção de cultivares comerciais com maior tolerância à seca, foi iniciada em 2008, sob a coordenação do pesquisador Hugo Molinari, da Embrapa Agroenergia. O trabalho tem apoio do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) e do Japan International Research for Agricultural Sciences, empresa de pesquisa vinculada ao governo japonês.*
- » *Árvores geneticamente modificadas estão em pesquisa nos Estados Unidos e no Brasil. Segundo a pesquisadora Isabel Gerhardt, da Embrapa Informática Agropecuária, as características introduzidas têm sido aumento de velocidade de crescimento e produção de biomassa, melhoria da qualidade da madeira, tolerância a estresses bióticos (insetos, doenças) e abióticos (seca, temperatura), tolerância a herbicidas, entre outros. Nos Estados Unidos, uma espécie-símbolo como a castanheira-americana, dizimada pelo cancro, poderá voltar a ser cultivada graças à introdução de um gene de trigo, que a torna mais*

*tolerante ao fungo causador da doença. Essas plantas já foram liberadas para testes em pequenas áreas experimentais. No Brasil, alguns pedidos de liberação planejada no ambiente para pesquisa foram solicitados junto à Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) para árvores frutíferas, como citros e mamoeiro, envolvendo tolerância a doenças, e também para espécies florestais, como eucalipto, com características de maior velocidade de crescimento e melhoria da qualidade da madeira.*

- » *A CTNBio aprovou em 2015 a liberação comercial de eucalipto transgênico, sendo o Brasil o primeiro País a fazê-lo para utilização como floresta plantada. A espécie liberada é um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, contendo um gene da planta *Arabidopsis thaliana*, envolvido em processos de expansão da parede celular e alongamento da célula. De acordo com a pesquisadora Isabel Gerhardt, o eucalipto modificado tem maior produtividade, porque tem velocidade de crescimento acelerada, acumulando maior biomassa de madeira em menor tempo. Nos Estados Unidos, a empresa ArborGen aguarda a aprovação pelo Departamento de Agricultura para plantio comercial de um eucalipto geneticamente modificado mais tolerante ao frio.*
- » *A Embrapa Florestas, sob liderança da pesquisadora Juliana Degenhardt-Goldbach, vem desen-*

*volvendo trabalhos de pesquisa com o objetivo de introduzir genes de tolerância à seca em espécies de eucalipto, além de buscar identificar outros genes envolvidos nos processos de aumento de biomassa. O sequenciamento completo do genoma do eucalipto, que teve o pesquisador Dario Grattapaglia, da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, como um dos líderes do projeto, também deverá facilitar a identificação de genes e sequências regulatórias importantes para o melhoramento dessa espécie florestal.*

- » *A Unidade Mista de Pesquisa em Genômica Aplicada a Mudanças Climáticas (UMIP GenClima), em Campinas (SP), reúne, em uma aliança estratégica para o Brasil, as expertises da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e da Embrapa para o desenvolvimento de tecnologias genéticas e biotecnológicas voltadas à criação de plantas tolerantes a condições ambientais adversas. Esforços dos pesquisadores das duas instituições estão voltados para a prospecção de novos genes de alto valor biotecnológico, que, transferidos por meio da transformação genética a variedades de plantas, as tornem mais resistentes à seca, a variações de temperatura e a concentrações de dióxido de carbono na atmosfera.*



**navegue**

Manual de Transformação Genética de Plantas  
<http://bit.ly/21BAAso>

# DO INÍCIO AO FIM

Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) contabiliza desde os primeiros insumos até os resíduos e destino final do objeto de estudo



Por Vivian Chies

Arte: Renato da Cunha Tardin Costa

Carros elétricos são menos poluentes. Verdade? Depende. Eles não geram gases de efeito estufa queimando combustível. Mas de onde vem a energia elétrica com que eles foram abastecidos? Se for de usinas termoeletricas que utilizam carvão mineral ou óleo diesel, por exemplo, o saldo pode não ser tão positivo assim. E se a comparação for com um veículo movido a etanol? Aí surgem também outras questões: de que planta é obtido esse biocombustível? Que terras foram utilizadas para cultivá-la? Que outros insumos são utilizados no processo industrial? Que resíduos são gerados durante a fabricação? Qual o destino deles?

Essas perguntas procuram informações do que tem sido chamado de ciclo de vida do produto: como ele nasce (insumos), é transportado, consumido e, finalmente, morre (consumo, descarte e reciclagem). A metodologia mais utilizada hoje para quantificar possíveis impactos ambientais de todas essas etapas é a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV).

O professor Armando Caldeira Pires, da Universidade de Brasília (UnB), chama atenção para o que a ACV avalia de fato. “Na verdade, o que ela faz é analisar o impacto ambiental da atividade humana”, afirma o professor. “Nós tiramos uma matéria-prima da esfera ambiental, a transformamos por vários processos da esfera tecnológica e então ela volta para a esfera ambiental”, resume. O que ACV faz é medir os fluxos de materiais e energia e identificar os potenciais impactos ambientais ao longo desse percurso.

A pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical (CE) Maria Cléa de Figueirêdo explica que o primeiro passo para realizar uma ACV é o planejamento. Nessa fase, define-se o objetivo do estudo. Certificação do produto, comparação de materiais ou melhoria de processo são as principais possibilidades. “Isso vai refletir lá na frente, uma vez que o nível de detalhamento e revisão por terceiros é bem mais complexo se estou buscando a certificação”, exemplifica. É preciso decidir também qual será o escopo da análise. Pode-se fazer





a avaliação de todo o ciclo de vida do produto, desde a aquisição de matéria-prima até sua disposição final, ou até o produto sair da fábrica, por exemplo.

Na sequência, são identificados todos os processos, insumos, resíduos e outros itens que fazem parte do objeto de estudo. Então, os potenciais impactos ambientais de todas essas entradas e saídas levantadas são quantificados. Nessa fase, que é chamada de inventário, os técnicos utilizam softwares e bases de dados internacionais para a complexa matemática de dados que os espera. Ao final, os diferentes números obtidos são convertidos em uma única unidade de medida – toneladas de carbono equivalente é uma

das utilizadas – para permitir comparações. Os dados são relacionados sempre a uma função do produto. Assim, em uma análise da castanha-de-caju, por exemplo, todas as informações seriam relativas a um quilo do alimento ou à quantidade de calorias por ele fornecidas.

A última etapa é a interpretação dos dados gerados. A partir dela, pontos críticos podem ser identificados e planos de ação elaborados para reduzir o impacto ambiental. Para Cléa, da Embrapa Agroindústria Tropical, ACV não deve ser usada apenas para obter números, mas servir como um instrumento de melhoria do processo de produção.

O também pesquisador Gilmar Santos, da Embrapa Agroenergia, diz que, justamente por fornecer subsídios para comparação entre produtos e melhoria de processo, a ACV pode servir também como um instrumento para tomada de decisão e marketing via rotulagem ambiental. Os resultados dos estudos podem orientar empresários e produtores rurais na escolha de materiais, rotas tecnológicas e insumos, assim como prover o consumidor de informação ambiental para escolher entre dois produtos, por exemplo. Da mesma forma que empresas e consumidores, governos também podem utilizar a ACV como instrumento para a formulação de políticas públicas na área ambiental. »

### IMPACTOS AMBIENTAIS SÃO QUANTIFICADOS

ACV ganhou credibilidade internacional por ter um embasamento científico muito forte e permitir quantificar potenciais impactos ambientais. A necessidade de pesquisa para uso de ACV continua existindo, especialmente no Brasil. Uma das necessidades é o desenvolvimento de métodos de avaliação de impactos apropriados para as condições locais. “Muitos impactos são globais, mas muitos mais são regionais”, lembra Cléa. Gases de efeito estufa, por exemplo, geram consequências para todos os países, independentemente de onde são emitidos. Escassez hídrica, por outro lado, é um problema regional. “Os impactos regionais precisam ser trabalhados metodologicamente para refletir as condições de cada região do planeta”, frisa.

A adaptação metodológica é parte dos esforços da Rede de Avaliação de Ciclo de Vida da Embrapa, que reúne nove Unidades de pesquisa e a sede da Empresa. Capacitação de pessoal é outro objetivo da rede. Atualmente, pelo menos 17 projetos de pesquisa da instituição utilizam ACV. Em Fortaleza (CE), Cléa utiliza essa ferramenta para avaliar tecnologias em desenvolvimento. O trabalho é feito quando se chega, no laboratório, a uma tecnologia viável do ponto de vista técnico. A pesquisadora e sua equipe avaliam como podem melhorar o desempenho ambiental do produto, antes do escalonamento.

Por exemplo, a análise de uma tecnologia em desenvolvimento para extração de nanocristais de diversos resíduos lignocelulósicos identificou um consumo muito elevado de água e energia no processo com fibra de coco, além de desperdício de material. O procedimento, então, foi totalmente repensado e, hoje, além dos nanocristais, está sendo extraída lignina para a produção do biogás que alimenta o sistema. “O objetivo não é excluir possibilidades, mas buscar oportunidades de melhoria”, ressalta Cléa.

Da mesma forma, um estudo baseado em ACV de pegada de carbono do melão permitiu estabelecer sistemas alternativos de produção, utilizando recursos como a adubação verde para reduzir a quantidade de fertilizantes nitrogenados utilizada. Com isso, os pesquisadores observaram redução de 20% na pegada de carbono da fruta. “Ela não era tão alta quando comparada com outros países, mas vimos que havia opções para melhorar”, diz Cléa. Trabalho semelhante deve ser realizado agora com a manga em parceria com a Embrapa Semiárido (PE).

Foto: Maria Cléa Brito de Figueirêdo/Embrapa



Foto: Tayane de Lima Santos/Embrapa



Foto: Tayane de Lima Santos/Embrapa



Foto: Viviane da Silva Barros/Embrapa



## GRANDES CADEIAS

Para a cana-de-açúcar, também está sendo desenvolvido um estudo completo, que vai fornecer o perfil ambiental dos três principais produtos obtidos dessa cultura: açúcar, etanol e bioeletricidade. Os pesquisadores vão apresentar inventários de ciclo de vida para diferentes regiões e ainda um outro consolidado para o País, obtido por média ponderada. O projeto é liderado pela Embrapa Meio Ambiente (SP), que está trabalhando mais diretamente no levantamento de dados da etapa agrícola da cadeia produtiva.

Líder desse projeto ACV Cana, a pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente Marília Folegatti Matsuura explica que os modelos para aferir emissões do sistema de produção de cana-de-açúcar disponíveis não são adequados para a realidade brasileira. “Estamos fazendo, então, um trabalho intenso de pesquisa, de ciência, no ajuste desses modelos ou na proposição de novos”, diz.

Está mais adiantada a análise da etapa industrial, sob responsabilidade da Embrapa Agroenergia, em cooperação com o Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), que já dispunha de dados. Para o pesquisador Alexandre Cardoso, justamente por ser apresentada como alternativa de redução de impactos ambientais em relação aos combustíveis de origem fóssil, a bioenergia precisa desse tipo de análise. “É justo que tanto a petroquímica quanto as biorrefinarias passem por comparações para que não se caia em armadilhas”, opina.

Marília lembra que o mundo presta muita atenção ao etanol brasileiro e cobra comprovação de seu desempenho ambiental, já que somos um dos poucos países com capacidade de exportar o produto. O etanol de cana é um dos mais limpos tanto em termos de emissões de gases de efeito estufa quanto de balanço energético. “A cana, por ser uma planta muito eficiente em converter radiação solar em energia e ter uma alta produtividade agrícola, apresenta balanço energético muito favorável”, detalha.

Outras duas cadeias-alvo das pesquisas da Embrapa são a da soja e a da pecuária. Junto com a cana, elas completam as três demandas mais recorrentes sobre o agronegócio brasileiro. Já existem alguns estudos também sobre essas duas cadeias, mas a partir de dados secundários – informações estatísticas e setoriais. Os estudos da Embrapa estão baseados diretamente nos sistemas de produção. Marília explica que a grande vantagem dessa tendência é poder identificar formas de atuar para melhorar os processos e, assim, o desempenho ambiental da cadeia produtiva.



Foto: Gustavo Popino/Embrapa



Foto: André May/Embrapa

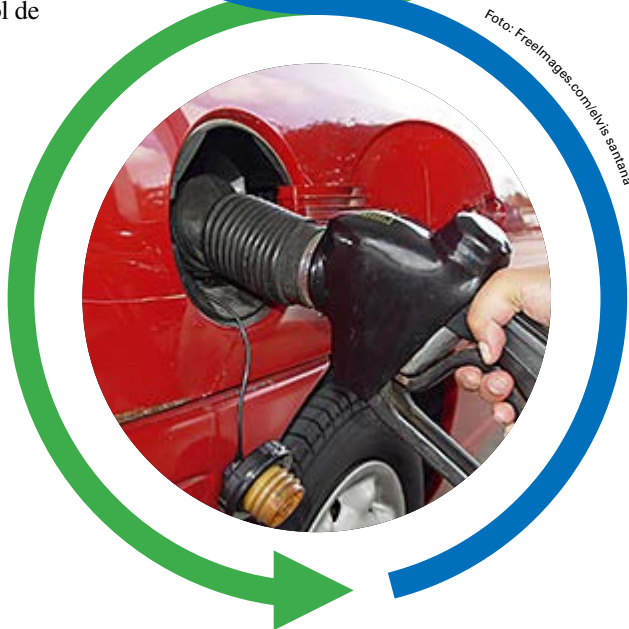


Foto: FreeImages.com/ivis santana



### SISTEMAS NATURAIS COMO INSPIRAÇÃO

Além do forte embasamento científico e da capacidade de gerar dados quantitativos, também contribui para o sucesso da ACV o fato de ela ser regulamentada por um conjunto de normas ISO (ISO 14.040) e constituir requisito para a rotulagem ambiental de produtos.

O professor Armando Caldeira Pires, da UnB, conta que “os conceitos básicos de ACV já vêm sendo discutidos desde a década de 1950, quando os primeiros biólogos e bioeconomistas começaram a observar o funcionamento dos sistemas naturais, ecológicos, e a espelhar esse funcionamento para avaliação de sistemas industriais”.

O primeiro estudo baseado em ACV a se tornar referência mundial foi realizado em 1965, quando a Coca-Cola estava avaliando diferentes materiais para a composição de suas embalagens. De acordo com o professor Gil Anderi, da Universidade de São Paulo (USP), na década de 1970, com a crise do petróleo, “essas avaliações começaram a ser importantes porque permitiam estimar o desempenho ambiental de fontes alternativas”.

Mas foi na década de 1990, com a publicação da primeira norma da família ISO 14.040, que a adoção da metodologia tomou maior impulso. Outra norma, a ISO 14.025, de 2006, estabeleceu regras para a rotulagem ambiental com base em ACV. A partir dela, certificações fundamentadas por estudos desse tipo puderam ser exigidas no comércio internacional. Foi o que fez a França, passando a solicitar rótulo ambiental para 46 tipos de frutas importadas, inclusive a manga brasileira.



### BRASIL

No Brasil, empresas exportadoras já vêm fazendo ACV de seus produtos para garantir a colocação deles no mercado externo, especialmente o europeu. Naquele continente, o fator ambiental já é o terceiro item com maior peso na decisão de compra do consumidor, ressalta Caldeira Pires.

No entanto, o mercado brasileiro ainda tem muito o que avançar no que diz respeito à ACV. Um dos pontos críticos mais destacados pelos profissionais com atuação na área é a construção de inventários para prover as bases de dados internacionais de informações precisas sobre as condições de produção brasileira.

Marília, da Embrapa Meio Ambiente, conta que, atualmente, só há dados para quatro produtos brasileiros na principal base utilizada: soja, cana, madeira e eletricidade. “Mas soja e cana, por exemplo, são inventários construídos por equipes europeias e os dados não são atuais. Então, quando se usa esse dado para comparar o nosso produto com o de outro país, em geral o nosso é desfavorecido”, alerta. “Só quem conhece o setor consegue fazer um inventário de qualidade. Por isso, a nossa lição de casa é investir nisso”, complementa.

Em março, foram entregues inventários nacionais e regionais de soja, milho e algodão, feitos por técnicos brasileiros, para a base de dados do Instituto Brasileiro de Informação de Ciência e Tecnologia (Ibict). Eles estão em processo de revisão e, em breve, devem estar disponíveis não só na base local, mas também na European reference Life-Cycle Database. “A partir daí, qualquer pessoa no mundo que vá fazer um trabalho sobre a nossa soja, por exemplo, vai poder usar dados que a equipe de pesquisadores brasileiros gerou”, destaca Marília. À medida que as pesquisas forem avançando, as informações podem ser atualizadas. Os inventários de cana-de-açúcar, com informações regionais e dados consolidados para o País, também estão prestes a ser entregues.



## REDE EMPRESARIAL

Além da construção de bancos de dados, o professor Gil Anderi, da USP, lembra outros dois desafios apontados, ainda em 2004, durante workshop para estabelecer estratégias para a consolidação de ACV no Brasil. O primeiro deles é o comprometimento dos segmentos econômicos. Anderi diz que nota o crescimento do interesse, com o aumento de demandas de empresas a seu grupo de pesquisa. Um marco na adesão do setor empresarial aos estudos nessa área foi, certamente, a criação da Rede Empresarial Brasileira de ACV, em meados de 2012.

O grupo inicial que formou a rede era composto por Braskem, Danone, Embraer, GE, Grupo Boticário, Natura, Odebrecht, Oxiten e Tetra Pak. Outras companhias já se juntaram à rede, inclusive a Embrapa. Marília conta que o grupo está impulsionando o programa brasileiro de ACV, especialmente a construção dos inventários. Tem atuado ainda na capacitação de pessoal, outro desafio identificado no workshop de 2004.

Anderi aponta a necessidade de acreditação de profissionais para realizar estudos e atuar na construção dos inventários de dados. Ele tem observado, com entusiasmo, que as empresas que o procuraram não estão interessadas apenas em consultoria, mas em preparar seus profissionais, se não para executar a ACV, para praticar o *life cycle management* (gestão do ciclo de vida), ou seja, incluir a preocupação com o ciclo de vida na gestão dos processos produtivos.



navegue

V Congresso Brasileiro em Gestão de Ciclo de Vida:  
<http://bit.ly/1PAN0sr>

ACV/ Ibict:  
<http://acv.ibict.br>

## INCLUSÃO DE INDICADORES SOCIAIS

O conceito de ciclo de vida tem influenciado a construção de outras ferramentas de avaliação de desempenho de produtos e processos, a exemplo da ecoeficiência. Algumas delas extrapolam a questão ambiental e geram informações para medir o desempenho em outras áreas. É o caso da ACV Social e da Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida, pesquisa desenvolvida pelo Grupo de Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida, coordenado pela professora Cássia Ugaya, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ela foi uma das editoras do livro *Towards Life Cycle Sustainability Assessment*, publicado em 2011 pelo Pnuma e a Setac, visando a contribuir para o desenvolvimento sustentável.

A ACV Social é uma metodologia mais recente. Em 2004, foi lançada uma força-tarefa para avaliar a inclusão de indicadores sociais em ACV e, em 2009, o Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas (Pnuma) e a Sociedade de Química Ambiental e Toxicológica (Setac) publicaram as diretrizes para trabalhos nessa área. Cássia diz que o interesse pelo tema está crescendo, mas é ainda uma metodologia em fase inicial de implantação.

O grande objetivo de ACV Social é analisar e identificar pontos de melhoria nas relações que se estabelecem, ao longo do ciclo de vida de um produto, entre diversos grupos. Nesse sentido, a primeira categoria em que se pensa é a dos trabalhadores que atuam desde a produção até a reciclagem ou destino final. Há liberdade de negociação de contratos? Existe trabalho forçado? Os salários são justos? Essas são algumas questões que os avaliadores têm de responder.

É preciso analisar ainda potenciais impactos da atuação da organização com a comunidade local, para identificar, por exemplo, se o funcionamento de uma indústria está limitando o acesso das pessoas a determinados recursos. Da mesma forma, casos de corrupção a que a empresa esteja ligada podem comprometer a avaliação do relacionamento dela com a sociedade.

Para Cássia, “visto que o esforço para melhoria em um dos aspectos pode resultar na piora dos demais, somente a avaliação conjunta dos aspectos ambientais e sociais, associados aos econômicos, permitirá realmente contribuir para o desenvolvimento sustentável”.





# Café com endereço e qualidade

Com a conquista do selo de origem, o produto brasileiro cresce no mercado nacional e internacional

Por Carolina Costa, Cibele Aguiar, Flávia Bessa, Giovana Chiquim e Thaici Martins

Arte: Fábio Sian Martins

Revelar onde um produto agropecuário foi produzido pode ser um diferencial considerável que remete diretamente à sua qualidade e a características únicas que somente uma determinada região produtora possui. Não por acaso, os selos de Indicação Geográfica (IG) são buscados como poderosas chancelas de qualidade a ponto de alguns se tornarem grifes. É o caso do vinho

do Porto, em Portugal, do presunto italiano de Parma e do espumante produzido na região de Champagne, na França. No Brasil, graças ao trabalho da Embrapa e dos produtores rurais da região Sul, os vinhos do Vale dos Vinhedos foram os primeiros produtos nacionais a receber tanto a Indicação de Procedência quanto a de Denominação de Origem, modalidades de IG. O café brasileiro não poderia ficar de fora.

Processos de IG apoiados pela pesquisa científica ganham força nas regiões produtoras e têm contribuído para elevar a qualidade do café brasileiro. A despeito de ser um histórico produtor cafeeiro, o País está apenas começando no que se refere aos processos de identificação de origem de grãos. Até agora, o Brasil possui quatro selos de IG de grãos de café: Cerrado Mineiro, Mantiqueira de Minas (Região da Serra da Mantiqueira de Minas Gerais, no Sul de Minas), Norte Pioneiro do Paraná e Alta Mogiana Paulista. São conquistas recentes e as iniciativas espalhadas por outras regiões produtoras já demonstram que o setor despertou para a importância de demarcar as





origens da produção de café diferenciado, de qualidade e atestado com o selo de origem.

A boa notícia é fruto de trabalho organizado e coletivo dos cafeicultores rurais para o reconhecimento de seu território e a delimitação de cada região. A iniciativa conta com apoio de dezenas de instituições de pesquisa, ensino e extensão reunidas no Consórcio Pesquisa Café, coordenado pela Embrapa Café, além de parceiros e



## CONHECIMENTO COMPARTILHADO

A produção de café no Brasil, nos últimos anos, tem sido responsável por cerca de um terço do mercado mundial. Ou seja, de cada três xícaras de café consumidas no mundo, uma é brasileira, o que faz do País o maior produtor e exportador do mundo e segundo maior consumidor. Esse protagonismo é resultado da união de esforços de cerca de cem instituições de pesquisa, ensino e extensão rural integrantes e parceiras do Consórcio Pesquisa Café, coordenado pela Embrapa Café, com atuação nas principais regiões produtoras de café no País e, principalmente, de cafeicultores que adotaram as tecnologias desenvolvidas e do trabalho da extensão rural. Desde sua criação, há 18 anos, o Consórcio tem mudado positivamente o cenário

da cafeicultura nacional, em sintonia com o setor produtivo, agroindustrial e exportador. O objetivo foi estabelecer os princípios e procedimentos para desenvolver pesquisa de forma integrada e participativa, visando estabelecer canais formalizados e eficazes de intercâmbio científico e tecnológico entre as instituições e congregar todos os recursos disponíveis em busca de melhores e mais benéficos para o setor cafeeiro. A criação da Embrapa Café, em 1999, para coordenar o Programa Pesquisa Café completou o rol das instituições envolvidas na transformação recente da cafeicultura brasileira. Atualmente o Consórcio Pesquisa Café conta com noventa e duas instituições, sendo que as instituições fundadoras foram: Empresa

Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA), Embrapa, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epmig), Instituto Agrônomo (IAC), Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro-RIO), Universidade Federal de Lavras (Ufla) e Universidade Federal de Viçosa (UFV). Esse arranjo estimula o compartilhamento de conhecimento e tem permitido a integração de pesquisadores das instituições consorciadas, para geração de tecnologias em sintonia com os desafios do agronegócio café brasileiro.



Foto: Guy Carvalho / Embrapa

incentivo governamental. Para a engenheira-agrônoma Helena Maria Ramos Alves, pesquisadora da Embrapa, essa tendência revela uma mudança cultural, quando o setor produtivo começa a perceber que a diferenciação do

café, aliada à história de seu povo, ao modo de cultivo e ao associativismo, podem agregar valor ao produto brasileiro. “A IG é o respaldo legal para o Brasil apresentar no cenário global a imagem de produtor de cafés diferen-

ciados por origens e sabores. Além disso, a geração do conhecimento científico e tecnológico, a proteção e a transformação desse tipo de produto em inovação são essenciais para o desenvolvimento econômico, social e cultural do nosso País. Ao valorizarmos as diferenças, estamos também contrabalançando o lado negativo da globalização”, completa.

A conquista do selo expressa que determinada região se especializou e tem capacidade de oferecer um produto diferenciado e de excelência, segundo o gerente-geral da Embrapa Café, o engenheiro-agrônomo Gabriel Bartholo. “Ao atestar a procedência regional, o selo distingue processos de produção e características sensoriais do café produzido na região e reconhece qualidades particulares do produto, agregando-lhe valor de mercado, visibilidade e projeção da região no Brasil e no mundo”, detalha. Além disso, o especialista afirma que

## A MARCA DA NOTORIEDADE

O registro de Indicação Geográfica (IG) é um bem coletivo conferido a produtos ou serviços que são característicos de um local de origem, o que lhes atribui reputação, valor intrínseco e identidade própria, além de os distinguir em relação aos similares disponíveis no mercado por sua qualidade, especialidade e tipicidade. No Brasil, o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (Inpi), órgão do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

(MDIC), é a instituição responsável por conceder o registro e emitir o certificado para associações e cooperativas representativas dos cafeicultores.

As IGs são reguladas pela Lei de Propriedade Industrial (Lei 9.279/1996) e podem ser na modalidade Indicação de Procedência (IP) ou Denominação de Origem (DO). São dois registros diferentes, que não possuem uma hierarquia ou ordem de solicitação, e que geralmente

são representados nos produtos por um selo. O registro de Indicação de Procedência garante a tradição histórica da produção do café em certa região geográfica específica. Já a Denominação de Origem indica que as características de qualidade e sabor do café se devem exclusivamente ao ambiente, meio geográfico, incluindo fatores naturais e humanos, em que é produzido e a processos e tecnologias utilizados naquele território.

Foto: Arquivo Embrapa



a IG permite proteção do produto ao reduzir as falsificações. Protege também sua variedade e imagem, a renda do produtor e os direitos do consumidor. Bartholo acredita que isso propicia a fixação do homem no campo, a adoção de práticas sustentáveis e a valorização da tradição regional, do território e do patrimônio cultural. Para ele, a IG garante a manutenção das características e padrões de qualidade do produto e melhora a organização da cadeia produtiva.

Foto: Arquivo Embrapa



## II O SELO PIONEIRO

A região do Cerrado Mineiro, a primeira produtora de café demarcada no Brasil em 1995, foi também a primeira a obter a Indicação Geográfica para café no País, concedida na modalidade Indicação de Procedência (IP). A região, recentemente, conquistou a inédita Denominação de Origem (DO) para café no País. O novo registro vai além das especificidades do território. Ele valoriza e diferencia ainda mais o café produzido naquela região por

ser único e possuir características que somente podem ser obtidas naquele local. Isso envolve não somente fatores naturais como clima, solo, relevo e altitude, mas também fatores humanos e tecnológicos. A soma desses fatores forma o “saber fazer”, que distingue o produto daquela região.

A conquista do selo para o café do Cerrado Mineiro foi fruto de muita luta que começou com um entrave comercial internacional. De uma hora para outra, os produtores dessa região perderam o direito de vender o café para a Europa

sem a intermediação de uma distribuidora da Espanha, a qual havia registrado a denominação “Café do Cerrado” em seu nome. O caso levou 15 anos para ser resolvido e, hoje, os produtores valorizam cada detalhe em amplo programa de rastreabilidade.

Escaldada pela pendência judicial, a Federação dos Cafeicultores do Cerrado investe pesado na organização dos produtores, em sistemas de certificação, planejamentos estratégicos e marketing. Os esforços tornaram a marca conhecida no País e no exterior.

## III POLÍTICAS PÚBLICAS

Na lista de produtos brasileiros com possibilidade para o registro de IG, o café tem merecido destaque por sua história e potencial de valor agregado. Está em fase de elaboração, no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), um projeto estruturante para IGs de produtos agropecuários brasileiros e o café é o tema-piloto, a partir do qual traba-

lham pesquisadores do Consórcio Pesquisa Café e integrantes de Grupo de Trabalho especial formado para avaliar o panorama relacionado às potencialidades da espécie.

Tanto o Mapa quanto o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) organizam políticas para o fortalecimento de atividades com potencial

de demarcação e para a formação de profissionais sobre os procedimentos envolvidos em processos de IG. A atenção atribuída à IG confirmou-se em 2005, quando o Mapa criou a Coordenação de Incentivo à Indicação Geográfica de Produtos Agropecuários (CIG), ligada à Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo (SDC).

Foto: Arquivo Embrapa



“Construímos uma nova região para um novo mundo do café”, declara o presidente da Federação, Francisco Sérgio de Assis.

Atualmente cerca de 300 fazendas estão credenciadas a utilizar o selo de Denominação de Origem. São 55 municípios abrangidos, localizados no Alto Paranaíba, Triângulo Mineiro e Noroeste de Minas, apresentando padrão edafoclimático uniforme com temperatura média de 23°C. O relevo é plano com altitude variando entre 800 a 1.300 metros, o que possibilita a produção de cafés de alta qualidade.

A Federação representa 4,5 mil cafeicultores em Minas Gerais que trabalham na produção do “Café de Atitude” e produz cinco milhões de sacas de 60 quilos de café por ano. A instituição reúne nove cooperativas, sete associações e uma fundação. Grande parte do café produzido em mais de 160 mil hectares é exportada. Hoje, Estados Unidos, Japão, Bélgica, Alemanha,

Canadá e Reino Unido são os principais mercados consumidores do café produzido no Cerrado Mineiro. O volume de café comercializado com o selo de Denominação de Origem chega a 150 mil sacas, com ágio médio de 30 a 50 reais por saca vendida diretamente para Europa, Estados Unidos e Japão.

### INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Os trabalhos pioneiros de calagem e adubação de solos que permitiram

a expansão do cultivo do café em solos de Cerrado foram realizados pelo Instituto Agrônomo (IAC) em experimentos na região de Bataiais, em ambiente típico de Cerrado no Estado de São Paulo. Pesquisas realizadas nessa região entre 1958 e 1969 com a cultivar Mundo Novo IAC 379-19 indicaram a viabilidade técnica e econômica do cultivo do cafeeiro arábica em solos de baixa fertilidade natural, mediante a apli-



Foto: Thinkstock/Embrapa

## CULTIVARES UTILIZADAS NA REGIÃO

As cultivares mais utilizadas no Cerrado Mineiro, ocupando cerca de 90% das áreas cultivadas, são Catuaí Vermelho IAC 99, Catuaí Vermelho IAC 144, Catuaí Amarelo IAC 62, Mundo Novo IAC 376-4, Mundo Novo. IAC 379-19, Bourbon Amarelo IAC J9, Bourbon Amarelo IAC J10 e Acaíá IAC 474-19, desenvolvidas pelo IAC. Além dessas, os produtores

locais utilizam Topázio MG 1190, Rubi MG1192, Catiguá MG2 e Acaíá Cerrado MG 1474, lançadas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) em conjunto com a Universidade Federal de Lavras (Ufla) e Universidade Federal de Viçosa (UFV), e Catuaí Amarelo 2SL e Acauã, lançadas pelo Procafé, instituições integrantes

do Consórcio Pesquisa Café. De acordo com o gerente-geral da Embrapa Café, Gabriel Ferreira Bartholo, os produtores locais utilizam também, em menor escala, cultivares melhoradas resistentes à ferrugem, como a cultivar IAC 125 RN, que trazem a vantagem de reduzir custos com a aplicação de defensivos, diminuindo o impacto ambiental.

cação racional de calcário e fertilizante químico. O experimento foi alvo de incontáveis excursões de interessados, de todas as regiões do País, que, nos anos seguintes, iniciaram o plantio de café nos "solos de Cerrado" da região Mogiana Paulista, e, posteriormente, ocuparam com sucesso outras áreas tidas como improdutivas das regiões de Minas Gerais e outros estados vizinhos.

O desenvolvimento da cultura do café em áreas de Cerrado, com relevo plano, incentivou o desenvolvimento de uma cafeicultura cem por cento mecanizada e altamente tecnicada. Pesquisas realizadas pelo IAC na área de café ao longo dos seus 127 anos de existência, com foco no desenvolvimento de cultivares, adequação de adubação, espaçamentos, densidade populacional, sistemas de podas e irrigação, dentre outros, foram fundamentais para o estabelecimento da base tecnológica para a modernização da cafeicultura brasileira. "De forma direta ou indireta essas pesquisas básicas contribuíram significativamente para a cafeicultura brasileira ser o que é hoje, altamente produtiva e considerada uma das melhores do mundo", diz o diretor do Centro de Café do IAC, Gerson Giomo. Na área de qualidade do café, além de cultivares específicas para nichos de mercado, como o Bourbon, Ibairi e Laurina, destacam-se também os estudos de processamento pós-colheita realizados na década de 1960 pela "Seção de Tecnologia Agrícola do IAC", que contribuíram para a consolidação da técnica de processamento denominada hoje "cereja descascado", amplamente utilizada nas principais regiões de produção de café no Brasil.

Foto: Arquivo Embrapa



A mecanização da colheita, com expressiva redução do custo de produção, também nos remete a outra importante contribuição do IAC para o desenvolvimento da cafeicultura brasileira. Os primeiros estudos com colhedeira mecânica de café foram realizados pelo IAC na década de

Foto: Arquivo Embrapa



1970 a partir de uma máquina utilizada na colheita de cerejas. Após os estudos e adaptações preliminares, o projeto foi transferido à iniciativa privada para validação no setor produtivo, culminando com o lançamento da primeira colhedeira de café do mundo em 1979.

A partir de 1997, instituições do Consórcio Pesquisa Café, coordenado pela Embrapa Café, juntaram esforços em projetos multidisciplinares e desenvolveram outras tecnologias inovadoras para a região, naturalmente caracterizada por estiagens prolongadas e solos de baixa fertilidade. Entre as principais tecnologias utilizadas nesse sistema produtivo destacam-se a correção da fertilidade do solo, adubação, irrigação e uso de cultivares melhoradas.

Nos últimos anos, pesquisas realizadas por outras instituições integrantes do Consórcio Pesquisa Café – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), Universidade Federal de Lavras (Ufla), Universidade de Uberaba (Uniube) e Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – também contribuíram para o aprimoramento de técnicas para produção em solos tropicais de Cerrado, possibilitando a utilização da calagem e gessagem para correção da acidez do solo. Foram introduzidas também técnicas de adubação para melhorar a fertilidade do solo da região.

“Podemos dizer que as instituições do Consórcio tiveram papel decisivo para que a cafeicultura do



Cerrado viesse a ter hoje o sucesso que tem, pois viabilizaram a produção em nossos solos”, disse o superintendente da Federação dos Cafeicultores do Cerrado, Juliano Tarabal. Ele acrescenta que a região do Cerrado Mineiro é reconhecida por ter cem por cento das propriedades mecanizadas, empregar a agricultura de precisão, fazer uso da fertirrigação, quimigação e irrigação subterrânea, entre outras técnicas. A região possui o custo de produção mais competitivo da cafeicultura brasileira. Além disso, a cafeicultura familiar local é também altamente competitiva, realiza mecanização, adota tecnologias e comercializa com apoio da Federação.

### CAFEICULTURA DE MONTANHA

Os mineiros também foram pioneiros na conquista de um selo de origem de café para uma microrregião. O selo “Mantiqueira de Minas” identifica desde 2011 o café arábica lá produzido.



Foto: Thinkstock/Embrapa

O selo de Indicação de Procedência (IP) foi conquistado pela Associação dos Produtores de Café da Mantiqueira (Aprocam), entidade representante dos cafeicultores do território. “A microrregião representada pela Aprocam, situada na Serra da Mantiqueira, possui condições especiais de clima e ambientes propícios à produção

de cafés especiais. A Serra abriga uma das regiões de maior altitude do Brasil e tem predominância de relevo montanhoso, clima chuvoso no verão e frio e seco durante o período de maturação dos frutos e também durante a colheita, tendo como resultado final uma bebida exemplar”, declara Lília Maria Dias Junqueira, gerente administrativa da Associação. O café produzido na microrregião é classificado como especial, com base nos critérios definidos pela Associação Brasileira de Cafés Especiais (Brazil Specialty Coffee Association - BSCA).

Para o vice-presidente da Aprocam, Antônio José Junqueira Villela, apesar de a região ter um microclima excelente para a produção de cafés especiais, a qualidade do grão deve ser garantida por uma série de medidas, como a escolha da cultivar a ser plantada, o tratamento agrônômico adequado, a utilização de descascadores de café, a pavimentação dos terreiros e o cuidado na colheita e na pós-colheita. A importância da tecnolo-

### POTENCIAL GENÉTICO

A região Mantiqueira de Minas destaca-se no cenário nacional pela alta qualidade dos cafés produzidos, sendo uma das mais premiadas no Brasil. As cultivares mais utilizadas nessa região, ocupando cerca de 90% das áreas plantadas, são Bourbon Amarelo, Bourbon Vermelho, Catuai Amarelo, Catuai Vermelho, Mundo Novo, Acaí e Catucaí. O predomínio é de cultivares geradas pelo IAC, que desen-

volve trabalhos de melhoramento genético do cafeeiro arábica desde 1932. A cultivar Bourbon Amarelo sempre está presente nos lotes finalistas de concursos de qualidade, confirmando seu elevado potencial genético para a produção de cafés especiais no Brasil.

A microrregião está localizada no Sul de Minas Gerais e congrega 25 municípios. São cerca de 7,8 mil produtores, 89% deles agri-

cultores familiares, segundo dados da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater). A produção anual é de pouco mais de 1,3 milhão de sacas de café colhidos em mais de 69 mil hectares. A cultura do café gera, na região, aproximadamente 150 mil empregos diretos e indiretos. Os grãos produzidos são vendidos, principalmente, para o mercado externo como Japão, Estados Unidos e Europa.

Foto: Arquivo Embrapa



logia na conquista da Indicação de Procedência foi o reconhecimento da região na produção de cafés especiais caracterizando a notoriedade, que é um dos requisitos para obtenção da Indicação de Procedência.

Agora, a Aprocam está em busca do selo na modalidade Denominação de Origem e conta com o apoio da pesquisa. Nos últimos anos, foram desenvolvidos estudos para encontrar evidências científicas capazes de provar que as características sensoriais do café da Mantiqueira de Minas dependem do meio geográfico e do saber fazer humano.

#### O PAPEL DA PESQUISA

Para colaborar com a identificação dos cafés de terroir produzidos na microrregião, estão sendo desenvolvidos projetos

pioneiros de pesquisa. O primeiro trabalho focado nessa área, já finalizado, foi coordenado pelo professor Flávio Meira Borém, da Universidade Federal de Lavras (Ufla), instituição participante do Consórcio Pesquisa Café. Intitulado “Protocolo de identidade, qualidade e rastreabilidade para embasamento da Indicação Geográfica

dos Cafés da Mantiqueira”, o projeto foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Um segundo projeto, aprovado no âmbito do Consórcio Pesquisa Café em 2009, está realizando a caracterização ambiental detalhada de toda a área demarcada. O estudo envolve

geotecnologias, e o uso de modelagens matemáticas e validação no campo, com o objetivo de se obter a caracterização detalhada da região. O projeto, intitulado “Distribuição Espacial e Padrões Ambientais dos Cafés Especiais da Microrregião da Serra da Mantiqueira de Minas Gerais por meio de Processamentos Geocomputacionais”, é coordenado pela pesquisadora da Embrapa Café Helena Maria



Foto: Arquivo Embrapa

## INDICAÇÃO GEOGRÁFICA

Ramos Alves, que participa das iniciativas na Serra da Mantiqueira e em outras microrregiões do Sul de Minas.

Ambos os projetos investigam as relações do cafeeiro com o ambiente e contam com parcerias estratégicas. Para essa caracterização do ambiente, a pesquisadora da Epamig Margarete Marin Lordelo Volpato recolhe os dados de seis estações meteorológicas automáticas instaladas no território demarcado da Mantiqueira de Minas, em diferentes



condições de produção de café. De acordo com a pesquisadora, esse deta-

lhamento possibilitará análise comparativa entre a qualidade do café e as condições geográficas e de clima onde é produzido. A partir dos resultados obtidos pelos projetos, está sendo possível conhecer a dinâmica espacial e temporal da cafeicultura regional, estabelecer as relações entre o ambiente e a qualidade dos cafés de alto desempenho sensorial obtidos na região e fornecer a fundamentação científica requerida para a obtenção da Denominação de Origem.

Foto: Helena Alves/Embrapa



Além da Ufla, participam das pesquisas cientistas do IAC, da Epamig, da Universidade de Brasília (UnB), da Fundação Procafé e da Embrapa Café e Embrapa Meio Ambiente. Ainda há a colaboração dos cafeicultores da região e suas entidades representativas, como a Aprocam, e cooperativas, a exemplo da Cocarive, CoperRita e Coopervass, do Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) e de instituições públicas como a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (Emater-MG) e Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais (Faemg).

## ESPECIAL DO PARANÁ

O café especial produzido no Norte Pioneiro do Paraná recebeu, em 2012, a certificação de Indicação Geográfica, na modalidade Indicação de Procedência. A certificação do Norte Pioneiro como região produtora de cafés especiais é fruto de um trabalho realizado por várias instituições representantes e parceiras da cadeia produtiva do café na região, e orientadas pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae).

### HISTÓRICO

Uma das principais conquistas do Projeto de Cafés Especiais, criado em 2006 e ancorado pelo Sebrae (PR), foi a Indicação de Procedência, resultado de trabalho que iniciou com o associativismo dos cafeicultores da região reunidos em torno da Associação de Cafés Especiais do Norte Pioneiro do Paraná (Acenpp) e, depois, da Cooperativa de Cafés Especiais Certificados do Norte Pioneiro do Paraná

(Coenpp). A principal finalidade do projeto, que culminou na certificação, foi a mudança dos paradigmas de produção e de comercialização, com foco na qualidade e no consumidor. Para chegar à IG, os produtores percorreram um longo caminho, que incluiu pesquisas e definição dos padrões de qualidade, da **articulação com parceiros**, além de capacitações. “A busca da qualidade é um processo contínuo. A certificação é um meio, mas o fim deve ser a qualidade, a comercialização e a agregação do valor ao produto, para melhorar a realidade do homem do campo”, afirma Odemir Capello, consultor do Sebrae (PR) e gestor do Projeto de Cafés Especiais.

O selo é a conquista de um trabalho de 15 anos dos cafeicultores do norte paranaense e também de muita atividade de pesquisa. Boa

Entre as instituições diretamente envolvidas estão a Associação de Cafés Especiais do Norte Pioneiro do Paraná (Acenpp), a Cooperativa de Cafés Especiais Certificados do Norte Pioneiro do Paraná (Coenpp), o Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar) e Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater), Secretaria de Agricultura e Abastecimento (Seab), Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar), Associação dos Municípios Norte Pioneiro (Amunorpi), Federação da Agricultura do Estado do Paraná (Faep) e o Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Paraná (Crea-PR).

parte dos 40 anos de história do Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar) foi dedicada ao desenvolvimento do café. Esses trabalhos se intensificaram em 1997, com a Criação do Consórcio Pesquisa Café. Desde então, a produ-  
ti-



Foto: Arquivo Embrapa

vidade média do estado saltou de sete para 24 sacas de café beneficiado por hectare e a qualidade do grão foi aprimorada. “É um somatório de tecnologias, desde a adubação até o pós-colheita e a caracterização do produto final. O Consórcio Pesquisa Café foi o agente agregador em todo o processo”, afirma o diretor técnico-científico do Iapar, Armando Androcioni, para quem há outras regiões do Paraná com vocação para esse tipo de certificação.

As mudanças contaram ainda com um intenso trabalho de transferência de tecnologia realizado pela Emater do Paraná, a partir da década de 2000. Milhares de cafeicultores foram instruídos a produzir de acordo com as boas práticas, como aquisição de mudas de qualidade, adoção de técnicas de proteção do solo, adubação, adensamento, redução de defensivos químicos nas lavouras, controle de pragas e doenças, poda, colheita e pós-colheita,

higiene e rastreabilidade da produção. Os produtores também incorporaram ao processo de produção as regras da legislação ambiental e de responsabilidade social.

### **PESQUISA**

O aprimoramento da qualidade do café contou com a pesquisa científica. Especialistas do Iapar fizeram testes para avaliar as características regionais expressas na qualidade do café, bem

Foto: Rui Faquini / Embrapa





como análise bioquímica e sensorial. Os estudos comprovaram a vocação da região para a produção de cafés finos, apresentando condições climáticas propícias com temperaturas médias anuais entre 19° e 22°C, resultado da combinação da altitude (de 500 a 900 m) e latitude (23° e 24°S). Essas condições permitem a fixação mais intensa dos atributos sensoriais ao fruto e conferem excelente caracterização da bebida, como doçura intensa, suavidade, corpo equilibrado, acidez cítrica agradável e marcante sabor residual, com aroma variando entre chocolate, caramelo, floral, cítrico e frutado.

De acordo com o presidente da Acenpp, Luiz Roberto Saldanha, a IG é uma ferramenta de comunicação com o mercado, reconhecida em todo o mundo. Ele explica que os consumidores, cada vez mais exigentes, querem saber a origem do produto, como foi produzido e a qualidade do grão. “A Indicação Geográfica, combinada à estruturação associativa da comercialização e do rigoroso controle de qualidade implantado no Projeto de Cafés Especiais, responde às três perguntas e certifica a procedência, o processo de produção e os atributos únicos da bebida”, diz.

A analista técnica de Acesso à Inovação e Tecnologia do Sebrae Nacional, Hulda Oliveira Giesbrecht, avalia que a distinção é uma chancela que confirma características exclusivas ao café do Norte Pioneiro do Paraná. “A Indicação Geográfica comprova que o produto daquela região é único. Além disso, os produtores que estão naquela área assumem o compromisso de continuar produzindo da mesma forma para manter a qualidade”, analisa Hulda. Ela acrescenta que a



Foto: Guy Carvalho / Embrapa

certificação promove uma melhoria contínua, agrega valor ao produto, contribui para a redução de custos e o aumento de produtividade, interferindo em toda a cadeia produtiva.



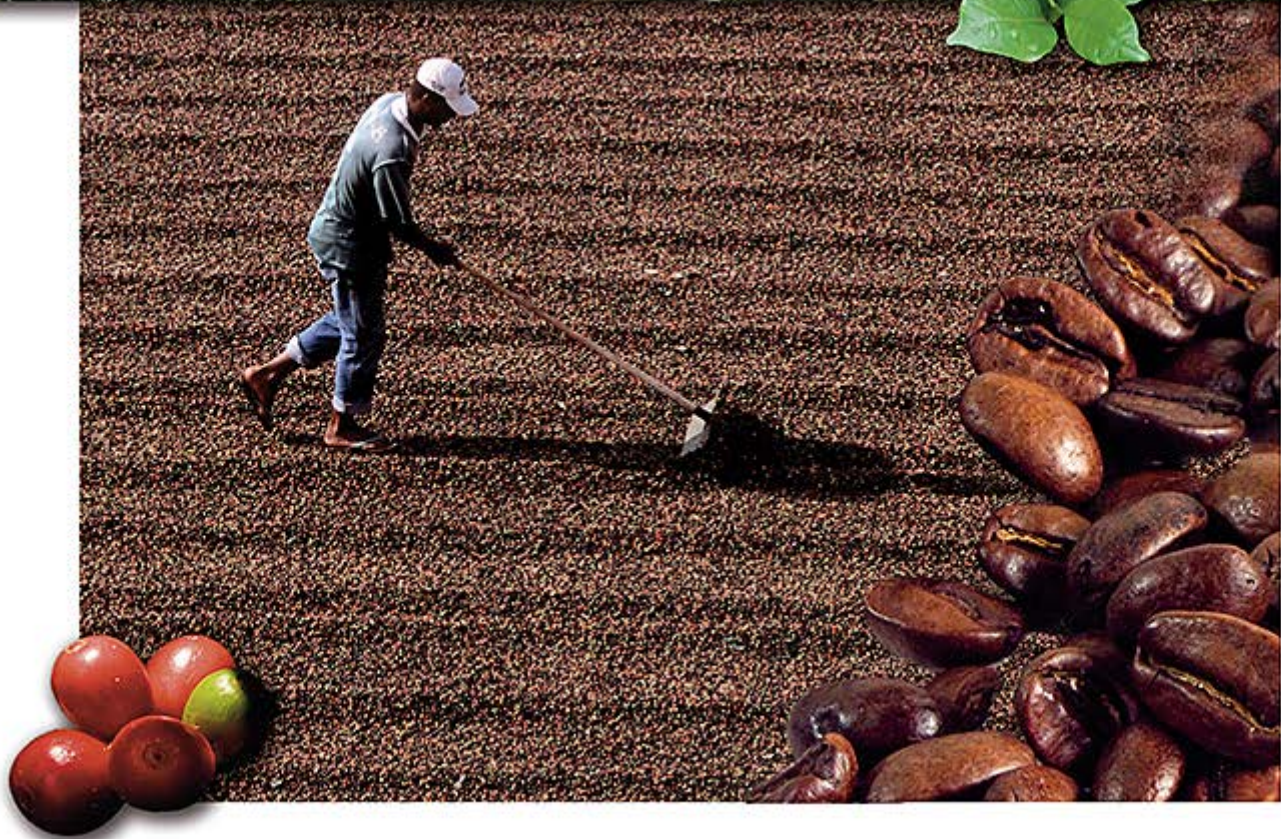
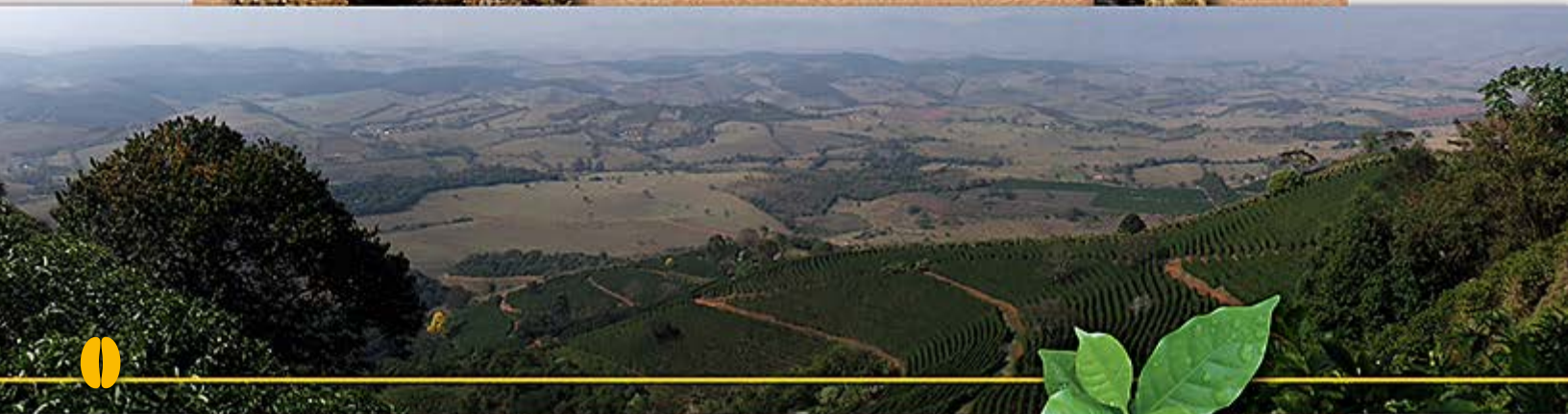
Hoje os 7,5 mil cafeicultores da região são responsáveis pela produção de 1,1 milhão a 1,3 milhão de sacas beneficiadas por ano, o que corresponde em média a 50% da produção paranaense de café. A safra estadual oscila entre 1,6 e 2 milhões de sacas por ano. A região – que abrange 45

municípios – é a primeira do Paraná a receber a distinção.

## ● O SUCESSO DE ALTA MOGIANA

Uma ampla faixa de terra no nordeste do Estado de São Paulo é uma das mais tradicionais regiões produtoras de café do País. Desde o fim do século XIX, a região compreendida por Franca e mais 11 municípios tinha suas sacas de café escoadas pelos trilhos da Companhia Mogiana de Estradas de Ferro, o que lhe rendeu o nome de Alta Mogiana. Essa região, reconhecida tradicionalmente pela qualidade do café, obteve em 2013 o selo de Indicação Geográfica na modalidade Indicação de Procedência, gerenciado pela Associação dos Produtores de Cafés Especiais da Alta Mogiana (AMSC).

A chave do sucesso para a conquista do selo de Indicação Geográfica para a região foi a contratação de consultores, a capacitação de cafeicultores, desde o plantio, colheita e especialmente processamento pós-colheita, até a classificação e degustação de café e a organização dos produtores.



Fotomontagem de Fábio Stan Martins a partir de imagens de: Helena Alves, Fábio Stan Martins, Kim-Ir-Sen Pires Leal, Rui Faquini e Arquivo Embrapa

A Alta Mogiana é uma das regiões do Brasil que produz cafés finos, conhecidos como de bebida mole. Trata-se de cafés encorpados, talhados para o preparo expresso, de baixa acidez, adocicados, de prolongado retrogosto com notas suavemente achocolatadas. Favorecida pela condição climática, a região produz café da espécie arábica, sendo as variedades mais cultivadas Catuaí Vermelho, Catuaí Amarelo, Mundo Novo, Bourbon Amarelo e Obatã IAC 1669-20, desenvolvidas pelo Instituto Agrônomo (IAC), participante do Consórcio Pesquisa Café. Os cafés são caracterizados pelo corpo cremoso aveludado, acidez média equilibrada e retrogosto prolongado

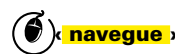


Foto: Arquivo Embrapa

com doçura de caramelo e notas de chocolate amargo. A região é tradicional produtora dos melhores cafés paulistas em virtude de sua altitude, clima favorável e larga experiência na produção de cafés finos.

O registro da região de Alta Mogiana abrange os municípios de Pedregulho, Franca, Cristais

Paulista, Altinópolis, Batatais, Jariquara, Patrocínio Paulista, Rifaina, Restinga, São José da Bela Vista, Itirapuã e Ribeirão Corrente. •



[www.embrapa.br/cafe](http://www.embrapa.br/cafe) Embrapa Café



Foto: Arquivo Embrapa

## MUNDO NOVO E CATUAÍ

O diferencial da cultivar Mundo Novo e suas diversas linhagens é a alta produtividade, longevidade e facilidade de adaptação em praticamente todas as regiões cafeeiras do Brasil. “Desde o seu lançamento, a Mundo Novo apresentou uma produtividade de até 200% a mais que a Típica, introduzida no Brasil em 1727”, diz o pesquisador colaborador do Instituto Agrônomo (IAC), Luiz Carlos Fazuoli. Em 1972, chegam ao campo as cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo, resultantes de

cruzamento da cultivar Mundo Novo com a cultivar Caturra Amarelo – planta de porte baixo e excelente qualidade de bebida. Após intensivo trabalho de melhoramento genético obteve-se a cultivar Catuaí, que reúne as características de produtividade e vigor da Mundo Novo e o porte baixo da Caturra, constituindo uma verdadeira revolução na cafeicultura brasileira pela sua ampla capacidade de adaptação às mais diversas regiões cafeeiras do País e, principalmente, por

facilitar as operações de colheita decorrentes de seu porte baixo. As cultivares Mundo Novo e Catuaí Vermelho são consideradas desbravadoras do Cerrado Mineiro e hoje se encontram espalhadas pelo Brasil afora, estando presentes em cerca de 90% da área cultivada com café arábica no País. É importante destacar que essas cultivares possuem de 50 a 75% de Bourbon na sua formação genética, apresentando, portanto, elevado potencial para produzir cafés de altíssima qualidade.

# ENZIMAS

## A CHAVE DA BIOTECNOLOGIA

Por Aline Bastos

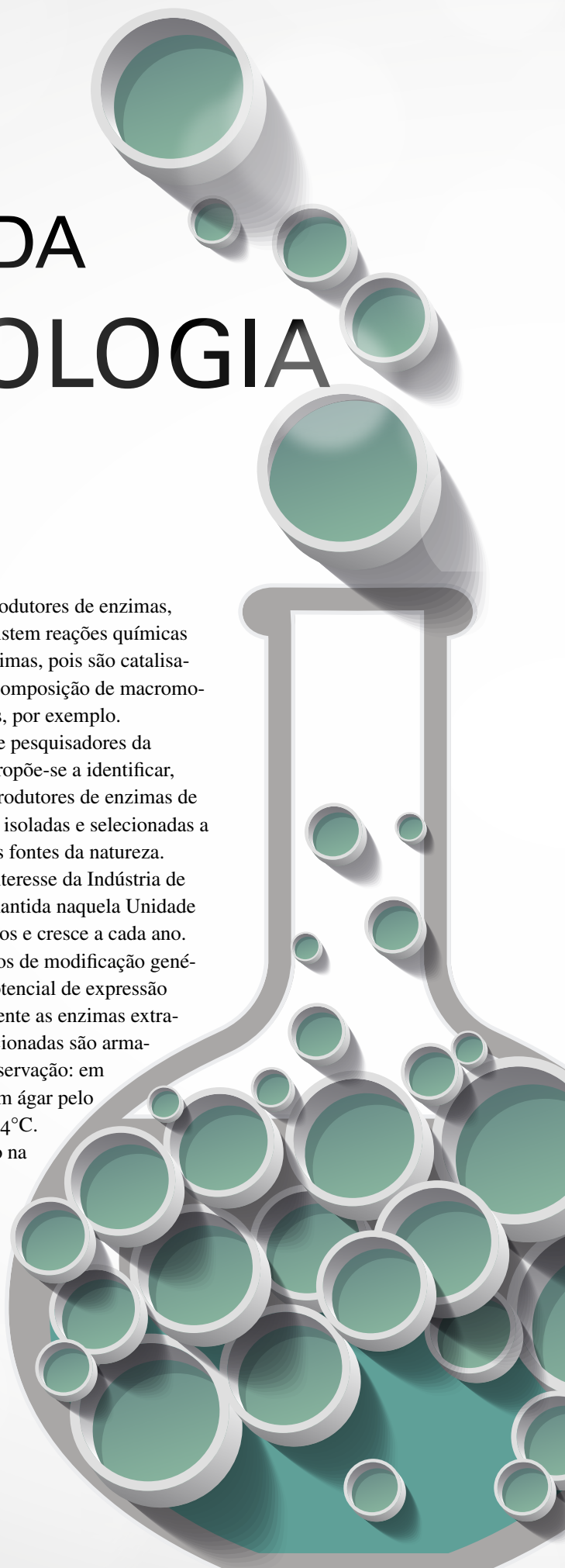
Arte: Luciana Fernandes

Os microrganismos são os principais produtores de enzimas, como amilases, lipases e proteases. Existem reações químicas que só são possíveis na presença de enzimas, pois são catalisadores biológicos, que participam da decomposição de macromoléculas de gorduras, amidos e proteínas, por exemplo.

Há cerca de trinta anos, um grupo de pesquisadores da Embrapa Agroindústria de Alimentos propõe-se a identificar, catalogar e preservar microrganismos produtores de enzimas de interesse industrial. As linhagens foram isoladas e selecionadas a partir de amostras de solo, água e outras fontes da natureza.

A Coleção de Microrganismos de Interesse da Indústria de Alimentos e Agroenergia (CMIIAA), mantida naquela Unidade de pesquisa, abrange 230 microrganismos e cresce a cada ano. Muitas linhagens passaram por processos de modificação genética clássica, visando a aumentar seu potencial de expressão de metabólitos importantes, principalmente as enzimas extracelulares. As culturas microbianas selecionadas são armazenadas utilizando dois métodos de preservação: em solo por ultracongelamento a  $-80^{\circ}\text{C}$  e em ágar pelo método de Castellani em refrigerador a  $4^{\circ}\text{C}$ .

Um microrganismo para ser utilizado na produção de enzimas deve ser, preferencialmente, seguro sob o ponto de vista biológico (status GRAS – *generally recognized as safe*); apresentar elevada capacidade de síntese e excreção da enzima; suportar condições ambientais adversas relacionadas com a pressão osmótica, a temperatura e a força iônica do meio; e ser tolerante



à presença de substâncias tóxicas, que podem ser geradas no processo de tratamento da matéria-prima ou pelo próprio metabolismo celular. Além disso, somente é aceito para ser incluído o material biológico que tiver autorização de coleta pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e acesso pelo Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN). A Coleção é Fiel Depositária do Patrimônio Genético junto ao CGEN e tem como curadora a pesquisadora Janine Passos Lima da Silva, também responsável pelo Laboratório de Microbiologia da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

A seleção dos microrganismos é, portanto, bastante criteriosa e encontrar um novo produtor de enzimas é um desafio constante enfrentado pelos pesquisadores. “Há microrganismos nos mais diversos habitats e, com o avanço científico, quase todos já estão mapeados e catalogados. Por isso, vários cientistas vão a lugares longínquos, como a Antártida e outros, à procura de novas linhagens. Uma nova espécie descoberta pode representar um grande avanço para a ciência, pois há uma expectativa muito grande na prospecção de novas substâncias produzidas pelo metabolismo microbiano e, conseqüentemente, de novas aplicações industriais”, comenta Edmar Penha, pesquisador do Laboratório de Bioprocessos da Unidade.

Enquanto não vão a lugares remotos, os pesquisadores da Embrapa trabalham com técnicas de mutação genética clássica, que geram novas cepas, a partir das linhagens de microrganismos modificados da Coleção. “É preciso testar o potencial

de produção de enzimas de cada uma delas em diversas condições nutricionais e ambientais, para evidenciar alterações positivas. É um trabalho exaustivo”, conta Edmar Penha. Esses estudos relacionados à produção e ao uso das enzimas, como a escolha do meio de cultivo, das condições de fermentação e tipos de reatores; bem como estudo de variáveis que conduzam à otimização do processo de produção e imobilização das enzimas podem levar muitos anos. “Dedicamos uma vida inteira ao estudo e desenvolvimento científico, mas o sucesso pode ou não acontecer. Isso é próprio da ciência”, pondera o pesquisador Edmar Penha.

#### TECNOLOGIA LIMPA

A aplicação de enzimas é uma alternativa aos processos químicos convencionais por se tratar de uma tecnologia mais limpa, que consome pouca energia e gera mínimo impacto ambiental. Com base nesse conceito, em 1996, o grupo liderado à época pela pesquisadora aposentada Sônia Couri registrou a patente “Extração enzimática do óleo de soja”. Esse processo possibilita a obtenção do óleo de soja com qualidade superior ao do processo que utiliza solvente orgânico. Além disso, o extrato não solúvel (isento de solvente orgânico), um subproduto desse processo, após secagem a vácuo, pode ser usado na alimentação humana, para fabricação de pães e bolos. Os ensaios realizados por meio dessa tecnologia utilizaram enzimas produzidas por microrganismos isolados, melhorados e testados pela equipe de pesquisa ao longo de vários anos; entretanto os resultados ainda não estão sendo aplicados pela indústria. “Há um longo caminho a seguir até se atingir resultados, produtos ou processos

que possam chegar ao mercado”, afirma Leda Gottschalk, pesquisadora do Laboratório de Bioprocessos da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

Os processos enzimáticos representam ainda uma fronteira de conhecimento pouco explorada pela indústria. A expectativa é que as enzimas exerçam, em um futuro próximo, um papel fundamental e transformador na indústria alimentícia, especialmente em processos de produção de margarinas, óleos comestíveis e produtos lácteos com características nutricionais e funcionais desejáveis. “As enzimas já são aplicadas nos processos de panificação para melhorar a textura da massa e intensificar o aroma dos produtos; na produção de leite sem lactose; na maturação dos queijos para modificação do seu aroma e textura; e no processamento de carnes e peixes, para desengordurar ossos usados na produção de gelatina”, explica a pesquisadora Leda Gottschalk.

O Brasil ainda não possui indústrias nacionais que produzam enzimas para fins comerciais, por isso todas são adquiridas de multinacionais. Contudo, já existe na Embrapa e em universidades brasileiras o *know how* de produção, preservação, recuperação e purificação de enzimas, embora muitas vezes em escala de laboratório. “As pesquisas nessa área devem continuar avançando, pois são estratégicas para o desenvolvimento da biotecnologia no nosso país”, conclui o pesquisador Edmar Penha. •



« navegue »

<http://bit.ly/1LRcXyV>

# PENSANDO CIÊNCIA, REPENSANDO INOVAÇÃO

Por Ester Vilela de Andrade Gomide e Evaldo Ferreira Vilela



Foto: Carolina Pereira

**Ester Gomide**



Analista da Embrapa Gado de Leite

**Campos de atuação:** Gestão e planejamento em Ciência e Tecnologia, gestão da programação de pesquisa e suporte ao desenvolvimento e gerenciamento de projetos.



Foto: Divulgação

**Evaldo Vilela**



Professor Titular da Universidade Federal de Viçosa, presidente da Fapemig e membro da Academia Brasileira de Ciências.

**Campos de atuação:** Ecologia Química, Entomologia, Gestão de Ciência e Tecnologia.

Na economia globalizada, a necessidade de conhecimento para melhorar a competitividade das empresas carrega consigo um foco em investimentos de pesquisa e desenvolvimento direcionados para a obtenção da inovação. Nessa tônica, torna-se cada vez mais difícil mobilizar recursos para investimento em pesquisa sem o retorno prático imediato. Essa questão traz à tona a discussão que teve origem em 1945, no modelo de Vannevar Bush, sobre a diferenciação entre pesquisas básica e aplicada como fases distintas do processo de produção de conhecimento científico e tecnológico. Esse modelo trata conhecimento e o uso deste como objetivos conflitantes, sem compreender as pesquisas duplamente orientadas.

Já o modelo de Donald Stokes, de 1997, apresenta o Quadrante de Pasteur, o qual combina a relevância da pesquisa para o conhecimento básico e para as aplicações econômicas ou sociais imediatas, mostrando o fluxo constante entre a teoria e a prática.

Por sua vez, Charles Mees, em 1920, tratou a diferença entre ciência pura e aplicada como meramente de intenção. A história corrobora o argumento com pesquisas desenvolvidas no interesse da ciência pura que provaram ser de grande valor para a indústria. Foi assim no caso de Ada Yonath, Prêmio Nobel de Química em 2009, que lutou contra a descrença da comunidade científica até conseguir desvendar a estrutura do ribossomo. Esse conhecimento contribui hoje para a elucidação da ação dos antibióticos, além de ter motivado outras pesquisas. Artur Ávila, ganhador da Medalha Fields de 2014, ilustra de forma bem-humorada a busca pela aplicabilidade da pesquisa. Ele pede que imaginemos um babilônio pleiteando verbas para pesquisar números primos, justificando que o propósito é a criptografia, a

ser usada 5.000 anos depois para pagamento de contas com cartão de crédito!

Assim, no discurso que tem como foco a inovação, é necessária cautela para não transformar objetivos em jargões marqueteiros que dificilmente serão atingidos. Reconhecer que a importância da pesquisa científica continua sendo responder às questões que desafiam o conhecimento existente e que os progressos vivenciados pela humanidade não teriam ocorrido se fossem orientados apenas por demandas do setor produtivo é o primeiro passo para uma modificação da lógica de financiamento.

Obviamente, o aumento crescente dos pedidos de patente demonstra que a transformação de novos e relevantes conhecimentos em possibilidades de aplicações práticas é possível e desejável. Para o setor empresarial, esse avanço tecnológico se traduz em ganhos de produtividade e competitividade. Entretanto, é preciso aceitar que essa transformação advém de uma base sólida de conhecimentos acumulados. Essa lógica foi apresentada pelos economistas Wesley Cohen e Daniel Levinthal, em 1990, mostrando que a capacidade de desenvolver produtos e processos inovadores depende do conjunto de conhecimentos prévios.

As inovações estão associadas às incertezas e aos riscos do pioneirismo e nem sempre serão demandadas pelo mercado. Mais importante que determinar se a pesquisa será útil para o avanço científico e tecnológico, ou para a mitigação de problemas sociais e econômicos, é certificar-se de que ela será útil na sua essência, ou seja, que resultará na refutação ou aceitação de novos pressupostos que fundamentarão os avanços.

O caminho para a inovação passa necessariamente pela descoberta de novos fundamentos, portanto é irrevogável o apoio à pesquisa, mesmo sem o vislumbre de sua imediata aplicação prática.

Ciência que transforma a vida



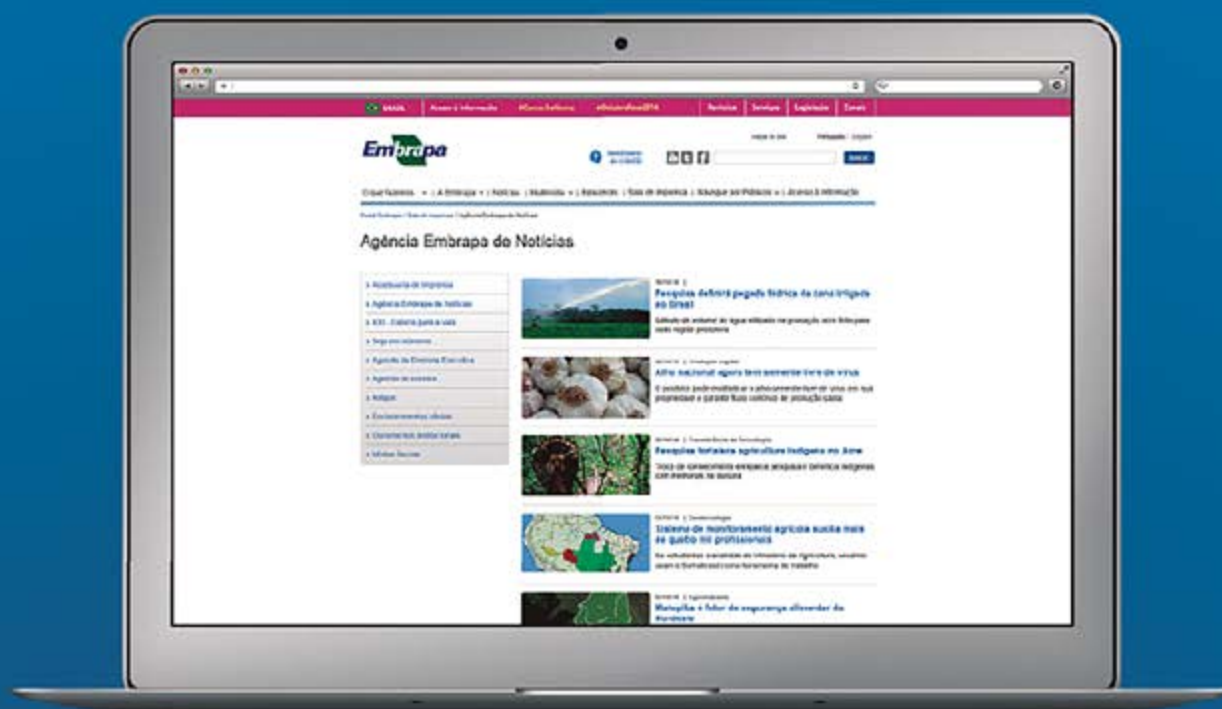
Conheça as tecnologias que  
ajudaram a transformar o Brasil:  
[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Agência Embrapa de Notícias



Assine o Boletim da Agência Embrapa de Notícias  
e fique informado sobre as novidades mais recentes da pesquisa agropecuária  
[www.embrapa.br/sala-de-imprensa](http://www.embrapa.br/sala-de-imprensa)

