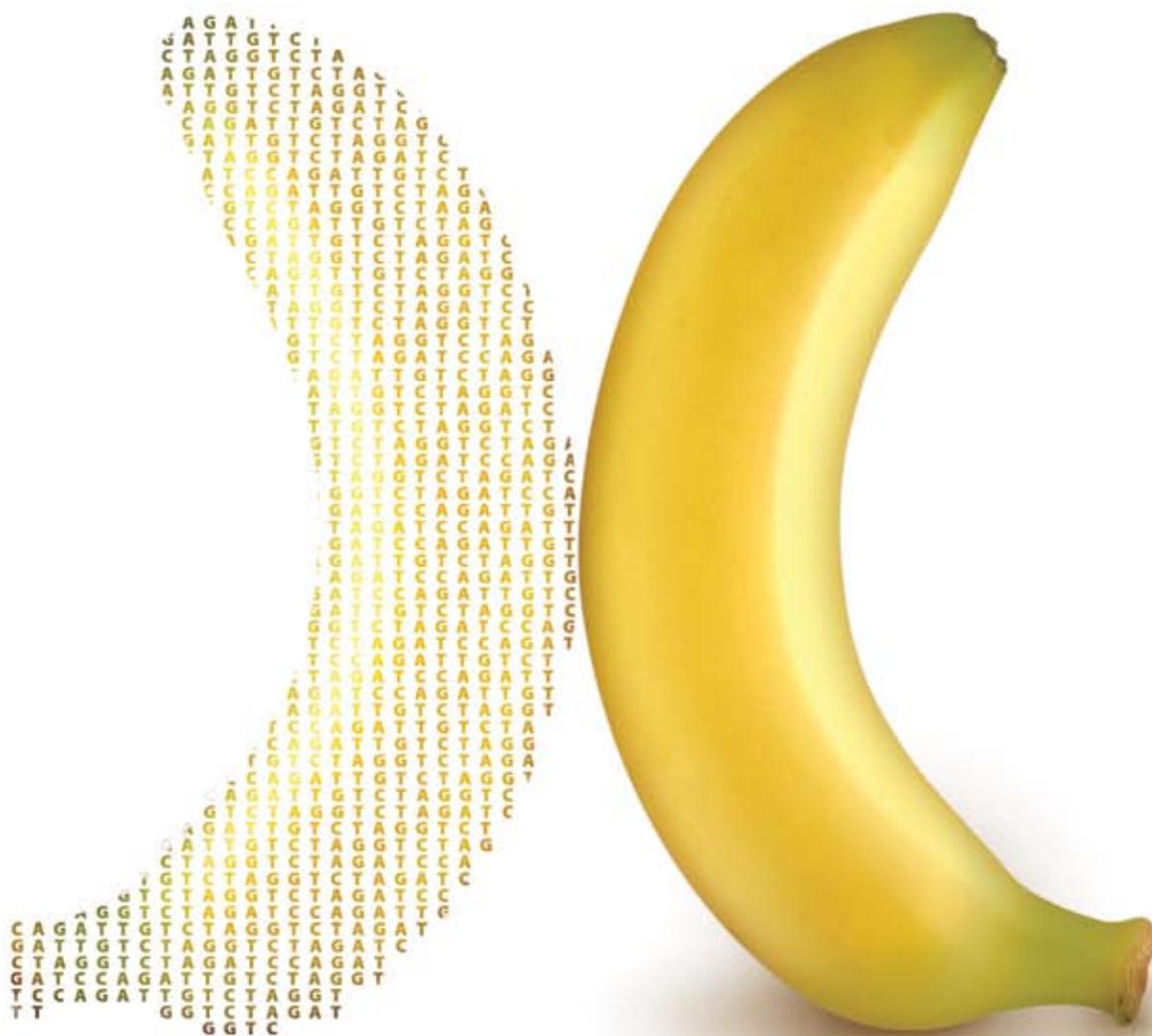


# XXI

ABR 2013 #3

*Ciência para a vida*



## Alimentos do futuro

Cientistas desvendam DNA para compreender a função de genes e construir as bases de uma nova geração de plantas e animais



A produção de pescados é a nova fronteira da agropecuária brasileira. O País tem todos os ingredientes necessários para se tornar uma potência mundial nessa área. A próxima edição da revista **XXI** – Ciência para a Vida trará um panorama das pesquisas que visam a tornar o País um dos líderes na produção aquícola.

Você também pode contribuir com a publicação.

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



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



## O ATO DE DESVENDAR

Década de 1970. O modelo de desenvolvimento adotado no Brasil indicava as indústrias e os espaços urbanos como o caminho natural dos investimentos. Mas a grave crise de alimentos que atingiu o País e a alta dos preços dos produtos agrícolas mostraram que o modelo não se sustentava. Era a hora de investir em pesquisa agropecuária, na formação de gente qualificada para resolver as limitações do campo brasileiro. Mais de 2 mil pesquisadores foram enviados ao exterior para estudar. Rompia-se o “pensar pequeno”, nas palavras do ex-presidente da Embrapa Eliseu Alves.

Dr. Eliseu, hoje assessor da Presidência da Embrapa, o atual presidente Maurício Lopes e o jovem pesquisador da Empresa Thiago Souza mostram, na entrevista que abre esta terceira edição da revista **XXI** - Ciência para a Vida, que, além da curiosidade própria do ofício da investigação científica, move as três gerações de pesquisadores o acreditar na história, na força e no futuro da instituição.

E, sobre o futuro, as três gerações de pesquisadores comungam a crença de que ele é construído a partir das escolhas feitas hoje. Da capacidade de antecipar cenários. De aliar a ciência básica e a ciência aplicada e atuar em redes de pesquisa, nas quais as fronteiras de uma disciplina dão lugar à visão multidisciplinar, e as fronteiras dos países são ultrapassadas, rompidas, assim como o foram nos anos 70. Com a diferença de que hoje o aprendizado é mútuo, a via é de mão dupla.

A ciência atual, preservando o rigor científico e os princípios éticos, busca mesmo romper limites. O estudo da genômica abre perspectivas fantásticas para os cientistas que se propõem a desvendar, num trabalho minucioso, o código genético de organismos. Nesse olhar profundo sobre os genes, está a chave para a obtenção de plantas e animais mais resistentes a doenças, a pragas ou a estresses climáticos e de melhor qualidade agrônômica, industrial e nutricional. Para isso, pesquisadores se juntam em redes internacionais, se associam por intermédio de suas instituições. A ciência é, de fato, cada vez mais global.

E nem sempre é fácil. Experimentos podem, sim, não dar certo. Mas o que seria da ciência se não fosse a dedicação de quem a pratica e a disposição de continuar, apesar das dificuldades, e de fazer avançar o conhecimento? “Tudo vale a pena se a alma não é pequena”, já dizia Fernando Pessoa.

A Empresa que nasceu na década em que o Brasil constata que a agricultura devia ser também protagonista do modelo de desenvolvimento é a mesma que investiu e continua apostando na formação dos seus pesquisadores. É a Embrapa que completa, neste mês de abril, 40 anos, ciente de que a sólida base do seu passado confere a ela lastro para investir no futuro, mas não é suficiente. Por isso, trabalha arduamente, amplia suas redes de atuação e relacionamento, e busca antever o futuro, assim como a ciência, que se mantém no contínuo ato de desvendar.

— Os editores

03

CARTA AO LEITOR

06

NOTAS



08

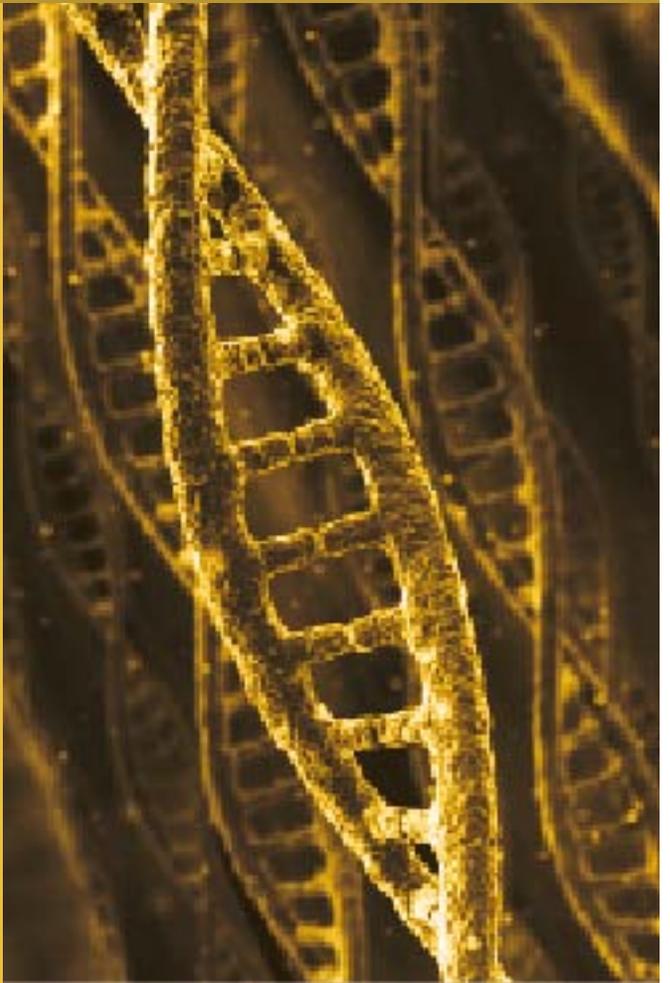
ENTREVISTA ESPECIAL 40 ANOS



Três gerações de pesquisadores discutem passado, presente e futuro da agricultura e da pesquisa agropecuária.

14

GENÔMICA



A ciência desvenda o DNA e abre as portas para um futuro mais sustentável.

**Presidente**  
Maurício Lopes

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

*Publicação de responsabilidade  
da Secretaria de Comunicação  
da Embrapa*

**Chefe da Secretaria de Comunicação**  
Gilceana Galerani  
**Coordenador de Jornalismo**  
Jorge Duarte  
**Coordenador de Gestão da  
Marca e Publicidade**  
Robinson Cipriano  
**Coordenadora de Relações Públicas**  
Tatiana Martins  
**Coordenadora de Articulação  
e Estudos em Comunicação**  
Heloiza Dias

**EXPEDIENTE**

**Editores**  
Marita Féres Cardillo  
Marcos Esteves  
**Editor de Arte**  
André Scofano  
**Projeto gráfico**  
Nayara Brito  
**Designers**  
André Scofano  
Roberta Barbosa  
**Revisão**  
Marcela Bravo Esteves

**CONSULTORES CIENTÍFICOS  
PARA ESTA EDIÇÃO**

Alan Andrade, Alexandre Caetano,  
Daniela Lopes, Dario Grattapaglia,  
Eduardo Romano, Fernando Haddad,  
Gabriel Bartholo, Juliana Astúa,  
Luciano Nass, Manoel Teixeira Souza  
Júnior, Maurício Franco, Milene  
Castellen, Raquel Ghini, Ricardo  
Vilela Abdelnoor, Samuel Paiva,  
Sílvio Crestana e Sílvio Vaz Júnior

**Impressão**  
Embrapa Informação Tecnológica  
**Tiragem**  
14.000 exemplares



Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**



Parque Estação Biológica s/n°  
Edifício Sede 70.770-900, Brasília-DF  
Fone: 61 3448 4834 | Fax: 61 3347 4860  
sac@embrapa.br | www.embrapa.br

28

**CENÁRIOS**



Biorrefinarias:  
oportunidades  
para a  
agricultura.

30

**CIÊNCIA GLOBALIZADA**



Problemas complexos  
e avanços nas  
tecnologias da  
informação e  
comunicação tornam  
o mundo científico  
cada vez mais  
interligado.

36

**PLANTAS E MAIS CO<sub>2</sub>**



Estudo avalia  
efeitos do  
aumento da  
concentração  
de dióxido de  
carbono nas  
plantas.

40

**CLONAGEM**



Brasil domina  
a técnica,  
mas clonar  
animais ainda  
representa  
um grande  
desafio para  
pesquisadores.

42

**ARTIGO**

## FERRAMENTA BRASILEIRA PARA ESTUDAR GENOMAS

A bioinformática está revolucionando as pesquisas em genômica, colocando à disposição dos pesquisadores uma quantidade de sequências de DNA que há dez anos seria inimaginável. O desafio atual é analisar toda essa informação, que não para de ser gerada.

A edição de fevereiro da revista Pesquisa Fapesp traz o trabalho dos pesquisadores João Meidanis e Pedro Feijão, que estão buscando métodos mais simples e eficientes para comparar genomas . •



« navegue »

[www.revistapesquisa.fapesp.br/2013/02/11/mais-bits-a-servico-do-dna/](http://www.revistapesquisa.fapesp.br/2013/02/11/mais-bits-a-servico-do-dna/)  
Revista Fapesp

## PLANTAS RARAS

O Brasil é conhecido por sua diversidade biológica. São milhares de espécies de plantas entre as quais algumas raras e até em risco de extinção. E algumas podem estar mais perto do que você imagina. É isso que mostra o site do projeto Plantas Raras do Brasil ([www.plantararas.org.br](http://www.plantararas.org.br)), iniciativa que reuniu 170 pesquisadores de 55 instituições e mapeou 2.291 espécies brasileiras. O trabalho também gerou um livro, que pode ser baixado, além de uma ferramenta que permite localizar plantas raras em todas as regiões do País. •

— Fonte: Portal Ciência Hoje On-Line

## PARCERIA I

Testar dezenas de genes que podem gerar lavouras resistentes a estresses climáticos será trabalho de um grupo de pesquisadores da Embrapa e da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), que participa de uma parceria inédita no País. A equipe vai trabalhar na Unidade Mista de Pesquisa em Genômica Aplicada a Mudanças Climáticas (Unip GenClima), em Campinas (SP), e os resultados dos estudos serão aplicados em programas de melhoramento genético. •

## PARCERIA II



Marcelino Ribeiro / Embrapa

As áreas de melhoramento e genômica também são os focos da parceria entre a Embrapa e a SGB, Inc. (SG Biofuels), empresa dos EUA que atua no segmento de energias renováveis, biomassa e produtos químicos. A norte-americana possui a maior biblioteca de material genético de pinhão-manso do mundo e a Embrapa mantém o maior banco ativo de germoplasma dessa oleaginosa do Brasil. •



Sérgio Francês / Agência Câmara

## GOL DO BAIXINHO

A demora na liberação de mercadorias utilizadas em estudos científicos, que afeta boa parte dos pesquisadores brasileiros, virou tema de uma proposta de emenda do deputado federal Romário (PSB-RJ). O ex-atacante está propondo a criação, pelo CNPq, de um cadastro nacional de pesquisadores para facilitar a importação de bens destinados à pesquisa. A proposta que modifica a Lei nº 8.010/90 está sendo analisada pelas comissões da Câmara. •

## DNA DE CARA NOVA

Pesquisadores da Universidade de Cambridge, no Reino Unido, estão sugerindo um novo formato para a molécula de DNA, após 60 anos de seu descobrimento. A representação da estrutura, denominada dupla-hélice, é uma das imagens mais populares da ciência. Ela ilustra a reportagem de capa desta edição e é referência para a própria marca da **XXI**. A pesquisa confirmou evidências que apontavam para a existência de outro tipo de DNA, com um formato de hélice quádrupla. A descoberta pode ajudar os cientistas a entender o processo de formação do câncer e desenvolver novos tratamentos para a doença. •

— Fonte: Ciência Hoje

## FUNGOS E BIOCOMBUSTÍVEIS

Fungos que vivem na parte interna das plantas (endofíticos) têm grande potencial para produção de biocombustíveis. É o que mostra um estudo realizado pelo analista do Laboratório de Microbiologia dos Solos da Embrapa Tabuleiros Costeiros José Guedes de Sena Filho, em conjunto com pesquisadores do laboratório Strobel, do Departamento de Bioquímica e Biofísica Molecular da Universidade de Yale. A pesquisa decifrou o rDNA de um fungo capaz de produzir Compostos Orgânicos Voláteis (VOC, sigla em inglês), que são moléculas da mesma classe das utilizadas em aditivos para gasolina. Além disso, também foi descoberto um novo triterpeno (componente de ceras de superfícies de plantas) que pode ser utilizado na extração de diclorometano (solvente ideal para muitos processos químicos). •



Reprodução Wikimedia

## SUSTENTABILIDADE



Wanderley Porfírio / Embrapa

Está confirmado: o manejo adequado de pastagens e a introdução dos sistemas Integração Lavoura-Pecuária (iLP), Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) e Sistemas Agroflorestais (SAF) podem, de fato, contribuir com a redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE). Essa é a conclusão do estudo "Mitigando Emissões de Gases na Agricultura: Bases para o Monitoramento do Programa ABC", realizado por uma parceria entre Embrapa, Unicamp e Embaixada Britânica.

O estudo, o primeiro no Brasil a utilizar um método alinhado ao Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), ratifica a estratégia brasileira para cumprir as metas de redução de emissão de GEE, com as quais se comprometeu, voluntariamente, na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 15). Foram avaliadas algumas ações recomendadas no Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas (Plano ABC).

A pesquisa coletou mais de 4 mil amostras de solo de 242 pontos de cinco biomas em todas as regiões do País e constatou que a recuperação de pastagens degradadas com o manejo adequado aumenta consideravelmente o estoque de carbono no solo.

A previsão apontada pelo trabalho é de que a recuperação de uma área de 19 milhões de hectares e a introdução dos sistemas de produção integração Lavoura-Pecuária (iLP), integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) e Sistemas Agroflorestais (SAF) podem reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> em 132 milhões de tCO<sub>2</sub>eq, até 2020. •



# TRÊS PESQUISADORES, UMA BOA PROSA

por Jorge Duarte

Quarta-feira, 27 de fevereiro, fim de tarde. A entrevista com três gerações de pesquisadores contemplou assuntos ligados à agricultura, à pesquisa agropecuária e à Embrapa, que faz 40 anos neste mês de abril. Reuniu os mineiros Maurício Lopes e Eliseu Alves e o goiano Thiago Souza, respectivamente, presidente, ex-presidente (e fundador) e um jovem cientista da Empresa, contratado em 2011. A entrevista tomou o rumo de três horas de boa prosa. Só faltou o pão de queijo. Confira aqui os principais trechos. Uma versão maior está disponível em [clique aqui](#).

## **XXI – O que é a agricultura brasileira hoje e qual foi o papel da Embrapa?**

*Thiago Souza* – Chamou minha atenção a notícia de que o Brasil será o maior produtor de grãos de soja e milho do planeta em 2013, segundo levantamento norte-americano. Estamos nos consolidando como grandes exportadores de milho. Nunca o Brasil produziu e exportou tanto esse produto e dezenas de outros. É resultado de trabalho com afinco. De estudos sobre como plantar em áreas de Cerrado, correção e nutrição dos solos, ajustes fitotécnicos e vários outros avanços do conhecimento na área de ciências agrárias. Entendo que essas conquistas possuem a marca da Embrapa.

*Maurício Lopes* – O que aconteceu no Brasil? É o que nos perguntam lá fora. Como o Brasil conseguiu avançar tanto em um espaço de tempo tão curto? Um país que importava alimentos e, até os anos 1970, era conhecido como país do futebol, grande produtor de café e açúcar e, de repente, se torna uma potência agrícola? Acho que dois grandes eventos nos ajudaram a remover as limitações. O primeiro foi a capacidade do Brasil de transformar grandes extensões de solos tropicais, ácidos e pobres em nutrientes, em grandes extensões de solos férteis e que competem hoje com os melhores solos do planeta. O segundo, a tropicalização de um sem número de cultivos. Remover as grandes limitações do ambiente, tratar a acidez, construir fertilidade dos solos e tropicalizar cultivos e também sistemas de produção animal foram grandes passos.

*Eliseu Alves* – Em 1973, havia uma grave crise de alimentos no Brasil. O preço dos alimentos subiu

a uma taxa enorme, chegando a 48% em um período de oito a dez anos. O pessoal que pensou em desenvolvimento econômico brasileiro foi muito influenciado pela Índia. A ideia básica era que havia muita mão de obra no Brasil e não valia a pena investir dinheiro na agricultura brasileira, porque esse excesso de mão de obra iria impedir o progresso. Era industrializar e urbanizar o Brasil, e buscar o excesso de mão de obra do campo. Em 1973, ficou claro que esse modelo não podia continuar e havia chegado a hora de investir na agricultura. Já tinha sido tentado algo anteriormente. Houve um esforço grande de construir armazéns, baseado na ideia de que 25% de tudo que se produzia era perdido até chegar ao consumidor. Não deu certo. Depois veio um conceito americano, de que havia muito conhecimento na gaveta dos pesquisadores. Faltaria difusão de tecnologia e durante 17 anos da minha vida profissional fiquei nessa área.

Mas também não deu certo. Resolveram criar um pequeno grupo no Rio de Janeiro para estudar o porquê de a agricultura brasileira não se modernizar. Influenciado pelo então grupo do Delfim Netto, esse outro grupo chegou à conclusão de que, se não se investisse maciçamente em pesquisa, não teria jeito. Acreditávamos que não dava para pensar pequeno, teríamos que criar uma empresa que estivesse no Brasil inteiro. E disso nasceu a Embrapa. A primeira pergunta foi: o que não deixa a pesquisa ir para a frente? A resposta veio clara: sem pesquisador não existe produtividade. Então resolvemos investir maciçamente em pesquisa. Em pouco tempo, de 2.000 a 2.500 pessoas foram estudar, no Brasil e no exterior, com

plano de carreira, salário. A Embrapa rompeu com o pensar pequeno.

*Thiago Souza* – A agricultura brasileira sempre teve ciclos: café, cana, grãos no Sul do País. Eram terras propensas e havia o conhecimento empírico dos pioneiros que vieram de outros países. O Brasil se transformou quando colonizou o Cerrado, desenvolvendo, validando e disseminando tecnologias apropriadas para a região. Isso possibilitou que elevássemos os nossos volumes de produtividade para patamares que chamaram a atenção do mundo.

*Maurício Lopes* – Foi uma vitória das Ciências Agrárias no Brasil. A Embrapa removeu as grandes limitações que atrasavam a locomotiva do setor privado e os investimentos. O setor público foi fundamental para investir na remoção de limitações que todos achavam irremovíveis. Quem viajou pelos Cerrados nos anos 70 e 80 se perguntava: “Para que serve isso aqui?”. As pessoas recebiam de herança uma propriedade e falavam: “Eu não quero isso, não serve para nada”. E não valia nada. O investimento na agricultura na região, então, funcionou como uma locomotiva que vai limpando o trilho, abrindo espaço e dando confiança para o investidor. Foi uma combinação vitoriosa de investimento em competência e da busca de conhecimentos nos melhores lugares do mundo.

*Eliseu Alves* – A minha geração aprendeu que a agricultura americana era importante não por causa dos solos, nem por causa dos americanos, mas pelo conhecimento. Então tínhamos que gerar conhecimento, pois não podíamos copiar de lá. Foi uma mudança enorme e que, muitas vezes, passa despercebida. »

**A Embrapa continua sendo capaz de fornecer a base para o avanço futuro?**

*Maurício Lopes* – Perfeitamente. Acho que estamos em uma transição. Reduzimos a ênfase em alguns mercados de inovação. A base está construída e não faz sentido sermos grandes players em alguns dos mercados de sementes e cultivares. Temos sim que garantir a presença e uma base estratégica nesses mercados. Há espaço para ampliar o conhecimento de recursos naturais desse País, que é gigantesco, diverso e extremamente complexo. Há, por exemplo, esforço em monitoramento por satélite, zoneamento, modelagem de novos sistemas, integração de sistemas, sustentabilidade. São agendas que o setor privado não tem como abraçar, de alto risco para eles, inclusive porque grande parte do conhecimento sobre tecnologia é para domínio público. O desafio da Embrapa e de seus parceiros é acompanhar a dinâmica do ambiente de inovação e buscar espaços onde podemos contribuir. Quais são as ações estruturantes para os novos saltos da agricultura no futuro? Atentar para as mudanças climáticas globais, sustentabilidade, especialização e agregação de valores aos nossos produtos, automação, além da inclusão produtiva de milhares de pequenos produtores. A Embrapa está perfeitamente preparada para fazer essa transição para uma nova realidade em que há novos desafios e oportunidades.

*Thiago Souza* – A Embrapa está se modernizando para continuar oferecendo a base tecnológica para o País permanecer crescendo. Sou um jovem pesquisador, atuei por alguns anos na iniciativa privada após concluir o



**"Somos uma empresa tecnológica, temos a obrigação de transitar no ambiente privado de inovação e não só de pesquisa."**

*Maurício Lopes*

doutorado, saí do mercado e ingressei na Embrapa. Nessa transição, constatei e vivi realidades bem distintas. Há pontos muito positivos em nossa empresa, inúmeras possibilidades, mas também grandes oportunidades de melhoria. Alguns acontecimentos recentes me motivam a ver o futuro com olhos mais tranquilos. Um é o Sistema Agropensa, iniciativa da Embrapa de desenvolvimento estratégico, que agrega inteligência competitiva e governança à Empresa, avaliando riscos para o futuro.

*Maurício Lopes* – É o grande desafio de uma organização que cresceu e ganhou muita presença, que tem muita visibilidade. A agenda se ampliou muito e ela recebe uma demanda muito grande, inclusive em âmbito internacional. O grande risco de a gente pensar no futuro é não fazer as escolhas certas. Se ficarmos à mercê de pressões e demandas e não tivermos mecanismos para tomada de decisão e fazer escolhas corretas, corremos um grande risco de dispersar os nossos recursos e a nossa competência num número grande e variado de ações. Outro grande desafio é saber os mecanismos com os quais contaremos nos próximos 20 anos para operar num mercado extremamente dinâmico, complexo, cujos tempos de resposta são diferentes dos tempos do ambiente público tradicional. Somos uma empresa tecnológica, temos a obrigação de transitar no ambiente privado de inovação e não só de pesquisa. Temos que ter habilidade de conversar com grandes empresas, de buscar inovação com elas. Não dá mais para trabalhar como nos primeiros 40 anos.

*Eliseu Alves* – Uma empresa com o porte da Embrapa deve, cada vez mais,

ter gente preparada na área de Ciências Básicas para fazer pesquisa aplicada. Caso contrário, não conseguiremos conversar com a iniciativa privada, os parceiros e as universidades. A Embrapa tem um programa de pós-doutorado para garantir que pesquisadores possam enfrentar esse grande desafio de continuar capazes em Ciências Básicas, em Ciências Aplicadas. Eu imagino que o modelo mais apropriado para a Embrapa é esse modelo de alta pressão dos Estados Unidos, como o de ciências para guerra, em que é necessário ser muito bom em ciências básicas e, ao mesmo tempo, capaz de aplicá-las e produzir resultado a curto prazo. É o casamento de alta inteligência com a iniciativa privada, que executa a maior parte.

*Maurício Lopes* – É o que a gente chama de inovação. E inovação não acontece no laboratório, mas no mundo real. Daí a importância de a empresa ter mecanismos cada vez mais eficientes e poderosos de relação com o setor produtivo. Essa é a grande diferença da Embrapa para a universidade. A Presidenta Dilma anuncia 32 bilhões de dólares para dar um estímulo para a indústria brasileira. Por quê? Nós somos grandes produtores de conhecimento que não é transformado em inovação, porque falta para as universidades o mecanismo de aplicação, falta para a indústria brasileira esse ímpeto e essa ênfase em conhecimento capaz de gerar impacto lá na ponta. Essa é a cultura que o Brasil ainda tem que consolidar na indústria. Na agricultura já está consolidado.

**Como fazer chegar os resultados de pesquisa à grande parcela dos produtores que ainda estão em nível abaixo do aceitável em uso de tecnologia?**

**"Há um problema seríssimo de pobreza. Uma parte dá para resolver. Outra parte terá que ser encaminhada, em um primeiro momento, para um programa de transferência de renda."**

*Eliseu Alves*



*Maurício Lopes* – Há uma visão simplista de que a tecnologia é capaz de resolver as grandes limitações para esses agricultores. Temos um passivo no mundo inteiro, não só no Brasil, de políticas públicas que viabilizem a transição dos agricultores com carência de capacitação, educação, infraestrutura, suporte, energia. Tecnologia faz diferença, mas há outras deficiências, e, na base de tudo, está a grande carência de educação.

*Eliseu Alves* – O Censo 2006 indicou que 500 mil estabelecimentos em quatro milhões e quatrocentos produziram 87% do valor da produção do universo da pesquisa e 27 mil produziram 51% da renda. Há concentração e número de excluídos grandes. Nos Estados Unidos e na Europa é a mesma coisa. A concentração e exclusão de estabelecimentos não é uma coisa particular. Eu não acho natural, mas precisamos ser pragmáticos. Há um problema seríssimo de pobreza. Uma parte dá para resolver. Outra terá que ser encaminhada, em um primeiro momento, para um programa de transferência de renda, o que o governo vem fazendo acertadamente. Não tem outro jeito.

*Maurício Lopes* – Precisamos de um sistema de assistência e apoio aos agricultores que terão que viver por muito tempo sobre a tutela do Estado. Mas há um universo talvez de mais de um milhão de produtores que pode, com apoio, subir de nível. Eles precisam de tecnologia, políticas públicas adequadas, talvez uma agência de assistência técnica que dê suporte, faça capacitação de profissionais e oriente o trabalho dos agricultores.

*Thiago Souza* – E há uma necessidade de capilaridade, um grande desafio. »

*Eliseu Alves* – Hoje, temos cerca de 20 mil profissionais de assistência técnica no campo. Cálculos da Confederação Nacional da Agricultura indicam que o Brasil precisaria de 60 mil. Ou seja, há um déficit de 40 mil profissionais. Temos muitas escolas formando técnicos, há um espaço fantástico para treinamento e capacitação de técnicos que vão aumentar a capilaridade do sistema e chegar até as comunidades, inclusive na área social. Há que se trabalhar a dimensão de qualidade de vida, de acesso à informação, à educação, para uma transição a um futuro em que os jovens se disponham a suceder a seus pais no negócio agrícola, com conforto, com renda e tudo mais. É outro conceito de assistência técnica rural. Temos que ter múltiplas soluções, reforçar o sistema Emater, o trabalho do MDA, ajudar aqueles que ainda irão viver por muito tempo sob a tutela do Estado.

**Qual região brasileira hoje que está pronta para dar um grande salto de produtividade?**

*Maurício Lopes* – Há uma grande revolução da agricultura na região chamada Mapitoba, confluência dos quatro estados: Maranhão, Piauí, Bahia e Tocantins. É uma área de Cerrado meio de transição para o norte Amazônico, para o oeste do semiárido. Tem escoamento da produção facilitado e, hoje, é o epicentro do desenvolvimento da agricultura do Brasil junto com o Mato Grosso. O grande salto para o futuro da agricultura é crescer na vertical. O crescimento da agricultura deve ser em eficiência, produtividade e diversidade. A discussão do Código Florestal mostrou que o crescimento horizontal da produção vai ser cada vez



**"O caminho é trabalhar com ganho vertical de produtividade. Não dá mais pra você ir nessa lógica: tem que produzir mais boi, então vamos abrir mais área de floresta."**

*Thiago Souza*

mais limitado em função das questões ambientais, da discussão da sustentabilidade. É a outra grande revolução que a agricultura brasileira fará. Vamos ter que conhecer a economicidade de trabalhar sistemas integrados. Por que o sul da Bahia não virou deserto? Por que nossa agricultura no Cerrado não virou só voçoroca? Eu cresci no tempo em que você viajava e via voçoroca para todo lado. O plantio direto foi a revolução que conteve o processo de desgaste dos solos tropicais.

*Thiago Souza* – O plantio direto também ajudou a fazer o mundo enxergar o Brasil com outros olhos. Na mesma área, conservação do solo, produção de soja e, na sequência, milho safrinha. O caminho é trabalhar com ganho vertical de produtividade, em vez do ganho horizontal. Não dá mais pra você ir nessa lógica: tem que produzir mais boi, então vamos abrir mais área de floresta. Isso está cada vez mais fora de nossa realidade. Há um espaço fantástico para crescer em produtividade. A faixa dos 720 mil km<sup>2</sup> de transição da Amazônia é como um banco. Com uma gestão da produção adequada, ela vai continuar aumentando a produtividade sem necessidade de pressionar mais a floresta, de haver desmatamento. O Brasil tem que entender o que é a Amazônia e fazer riqueza com a Amazônia. Só assim será possível conservá-la de maneira eficiente.

*Maurício Lopes* – Há boa temperatura, umidade, todos os ingredientes. Se obtivermos fertilidade nos solos e no sistema integrado, garantimos a conservação. Ali é a grande fronteira do Brasil, mas é necessário entender e modelar estratégias inteligentes para aproveitar o seu potencial.

*Eliseu Alves* – E se fosse mantida a

produtividade da agricultura brasileira em 1970, só para produzirmos as safras de grão atuais teríamos que ter invadido 60 milhões de hectares e, se contarmos a pecuária fiscalizada, iríamos para 150 milhões de hectares. A Ciência e a Tecnologia estão preservando o meio ambiente. Hoje cada vez mais se precisa de menos terra para produzir.

*Thiago Souza* – E há diversidade, outros caminhos como apicultura, extrativismo que, em muitos casos, pode dar sustentação para comunidades inteiras. São muitas amazônias. Temos que entender que amazônias são essas e ter muito conhecimento pra usá-las de forma inteligente, conhecer o recurso, manejá-lo adequadamente. Recentemente, estive no Mato Grosso do Sul, região de Dourados, tradicionalmente produtora de carne bovina. Ali houve uma forte expansão do plantio de cana-de-açúcar para a fabricação de álcool. As áreas de pastagem, algumas já até degradadas, estão dando lugar à produção de cana, álcool e açúcar. O principal motivo é o baixo preço da carne bovina, muito por causa do embargo europeu.

### **Qual o perfil do pesquisador do futuro?**

*Maurício Lopes* – A ciência, como nós conhecemos, está em mutação. A física está se associando com a biologia, por exemplo. O DNA vai ser usado como uma mídia para estocar informação. Essas fronteiras entre as ciências estão gradualmente se dissolvendo. A química, a física, a biologia estão entrando em um mundo onde essas fronteiras não estão tão claras. Nos campos da fisiologia, da genética molecular, da genética quantitativa e outros, as divisas estão se dissolvendo.

O profissional do futuro terá que transitar em alguns ou vários desses domínios.

*Thiago Souza* – Principalmente atuar com redes cada vez mais diversificadas e multidisciplinares.

*Eliseu Alves* – É uma combinação, acho que não devemos nos afastar do reducionismo. Devemos ter funcionários capazes de mergulhar em uma determinada área e desvendá-la, dissecá-la. Assim como devemos ter profissionais com capacidade integradora muito grande.

*Thiago Souza* – A nova orientação de chamada de projetos dentro da lógica de portfólios demonstra isso.

*Maurício Lopes* – E outro grande desafio é integrar e congregar projetos para prover soluções a problemas que exigem ações integradas. Claro que, em alguns casos pontuais, ainda vai existir o pesquisador que faz o seu projeto, o desenvolve e produz um grande impacto.

*Thiago Souza* – O que será cada vez mais raro.

*Maurício Lopes* – Sim, cada vez mais raro. Por que as grandes empresas estão se aproximando mais das universidades? A indústria farmacêutica, por exemplo. Ela não tem mais condição de bancar os custos iniciais de desenvolvimento de uma nova droga, porque o risco de desenvolver algo que não será validado no mercado é muito alto. E precisa de muita gente fazendo coisas novas. Então ela se aproxima da universidade, reduz os custos iniciais de desenvolvimento e viabiliza resultados com maior eficiência. Aqui é a mesma coisa. Vamos precisar cada vez mais da habilidade de mobilizar não só muitos pesquisadores em uma

unidade só, mas pesquisadores de muitas unidades. A Embrapa Agrosilvipastoril\* talvez seja um dos experimentos de mudança institucional da Embrapa mais interessantes, porque é uma unidade *hub*, congrega pesquisadores do milho, da soja, do gado de corte, do trigo, todos trabalhando para formular soluções para os problemas da agricultura que estão no entorno dela. Talvez esse seja um modelo para o futuro, unidades *hub*.

*Thiago Souza* – Os centros de pesquisa estão se adaptando a esse modelo. Estou lotado em uma unidade voltada a produtos, a Embrapa Arroz e Feijão\*\*. Lá há colegas que trabalham com soja, algodão, milho, gado de leite e de corte, e outras áreas. Creio que a atuação dos centros de pesquisa terá abordagem plural. O grande desafio é mobilizar, definir a agenda e a atuação.

*Maurício Lopes* – É provável que hoje estejamos mobilizando cerca de 15 mil pessoas. Temos conosco parceiros privados e universidades, por exemplo. É quando a inteligência faz diferença. Empresas e pessoas preparadas, que conectam e multiplicam sua capacidade. O melhor investimento é enviar um jovem pesquisador para fazer pós-doutorado fora do País, criar condições para conhecer múltiplas realidades e criar vínculos.

*Eliseu Alves* – O que é uma boa instituição de pesquisa? É a que produz resultados concretos para a sociedade e pesquisadores mais bem treinados a cada ano. •

\* Unidade da Embrapa em Sinop (MT)

\*\* Unidade da Embrapa em Goiânia (GO)



# CIÊNCIA DESVENDA O DNA

O sequenciamento de genomas de plantas e animais coloca à disposição de cientistas informações que podem ajudar a amenizar questões que ameaçam a sustentabilidade, como estresses climáticos e o uso excessivo de produtos químicos nas lavouras.

por **Fernanda Diniz**

Em 1953, a descoberta da estrutura da molécula de DNA pelos cientistas James Watson e Francis Crick revolucionou a pesquisa científica e criou novos paradigmas para a biologia, a medicina, a agricultura, a indústria e muitas outras áreas que se beneficiam dos desenvolvimentos tecnológicos nas ciências da vida. O modelo desenvolvido por Watson e Crick demonstrou que o DNA se assemelha a uma escada em caracol, o que lhes rendeu o Prêmio Nobel de Medicina nove anos depois.

De lá para cá, os avanços cientí-

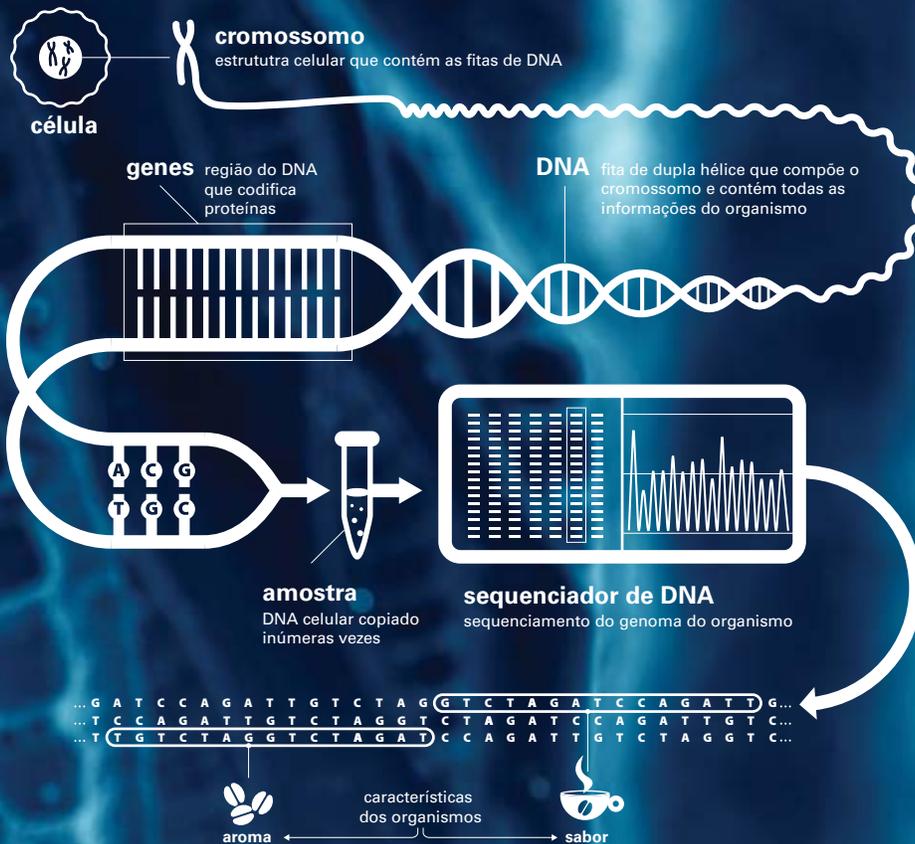
ficos têm sido tantos e tão rápidos, que ultrapassaram as paredes dos laboratórios e já fazem parte do dia a dia dos cidadãos.

Muitas das expressões que hoje invadem o cotidiano da sociedade contemporânea a partir dos veículos de comunicação, como células-tronco, genoma, transgênicos e clonagem, entre outras, são derivadas da descoberta de estrutura do DNA. Porque, de todas as áreas da biologia, a que mais avançou foi a de biologia molecular. A descoberta da estrutura de DNA, sigla para

ácido desoxirribonucléico, uma molécula orgânica que contém e transmite as instruções genéticas que coordenam o desenvolvimento e funcionamento de todos os seres vivos, levou à definição de outros conceitos muito importantes para a evolução das pesquisas científicas e seus impactos para o dia a dia da humanidade.

Por isso, antes de entrar no tema central desta matéria, que é a evolução da genômica no Brasil e seus benefícios para a agropecuária, é importante lembrar alguns conceitos.

## UNIVERSO DA GENÔMICA



### O QUE É GENE?

Genes são segmentos de DNA que carregam e transmitem de geração para geração grande parte da informação genética dos seres vivos. São eles também os responsáveis pela diversidade observada entre os indivíduos dentro das populações.

### DO GENE PARA A GENÉTICA

A genética é a ciência que estuda a estrutura molecular e a função dos genes, o comportamento do gene no contexto de uma célula ou de um organismo,

os padrões de herança e transmissão de características de pais para filhos, bem como a distribuição e alterações da variação hereditária em populações. Uma vez que os genes são componentes universais dos seres vivos, a genética é uma ciência unificadora aplicada ao estudo de todos os sistemas vivos, desde vírus, bactérias e fungos, passando por plantas e animais até os seres humanos.

### E, FINALMENTE, PARA A GENÔMICA

As pesquisas com o DNA e os avanços tecnológicos na microeletrô-

nica, computação e nanotecnologia abriram caminho para a decodificação e compreensão do genoma. O genoma corresponde a toda a informação hereditária de um organismo codificada em seu DNA (ou, em alguns vírus, no RNA). Isto inclui tanto os genes como as sequências não codificadoras.

A genômica é uma ciência moderna que tem como objetivo entender como os genes e as sequências não codificadoras envolvidas na regulação dos genes estão organizados e interagem para o funcionamento global do ser vivo. »



A utilização de ferramentas genômicas, aliadas ao melhoramento genético clássico, pode resultar em economia de tempo de 25 para 8 anos no desenvolvimento de uma nova variedade de café.

Rui Fagundes / Linkinagem

## Novos paradigmas para o melhoramento genético

Mas por que desenvolver pesquisa genômica e que benefícios ela traz para a agropecuária e para o consumidor?

A genômica permite aos cientistas avançar na compreensão da estrutura e do funcionamento das plantas, animais e microrganismos e utilizar este conhecimento para a seleção e geração de novas variedades e linhagens pelo melhoramento. Desvendar o DNA desses organismos significa conhecer os genes e suas funções, ou seja, entender a relação entre as características que eles possuem e os genes responsáveis por elas.

Por exemplo, se uma planta possui uma característica de resistência a alguma doença e esta característica pode ser passada para seus descendentes, ela certamente está associada a um ou mais genes. Se os cientistas conhecerem esses genes e suas funções, eles poderão transferi-los para outras plantas e assim obter a mesma resistência.

O primeiro passo para entender o funcionamento do genoma de um organismo é sequenciá-lo, de preferência de forma completa: fazer a leitura de todo o DNA desse organismo, base por base.

Depois, essas sequências são disponibilizadas em bancos de dados genéticos, que ficam à disposição dos cientistas para iniciar a segunda fase, chamada de genômica funcional, ou pós-genômica. Nesta etapa, muito mais complexa e desafiadora, os genes e as sequências reguladoras são estudadas para compreender como funcionam e interagem.

Os estudos de genômica levam também à identificação de marcadores moleculares, que funcionam como uma espécie de "impressão digital" molecular. Eles são utilizados, entre outros, para medir a variação genética existente entre indivíduos e marcar mais facilmente a posição de genes e trechos de interesse no genoma.

Marcadores moleculares permitem

maior agilidade e rapidez no trabalho dos melhoristas, pois permitem, por exemplo, acompanhar a transmissão de blocos de genes de pais para filhos, e assim selecionar as melhores plantas e animais mais rapidamente. Em plantas perenes, como é o caso do café, por exemplo, a utilização de ferramentas genômicas aliadas ao melhoramento genético clássico, por cruzamentos, pode resultar em economia de tempo de 25 para oito anos quando do desenvolvimento de uma nova variedade, como explica o pesquisador e atual gerente-geral da Embrapa Café, Gabriel Bartholo.

O desenvolvimento de variedades resistentes a pragas e doenças pode ajudar a reduzir os gastos dos produtores com defensivos agrícolas, que custam cerca de R\$ 600 milhões/ano aos bolsos dos produtores, além de poluírem o meio ambiente com quase 30 mil toneladas de produtos químicos.

# Embrapa na genômica

2004

Conclusão da primeira etapa do sequenciamento do DNA do café

*Embrapa + FAPESP + Consórcio do Café*



2008

Conclusão do sequenciamento do genoma da soja

*Departamento de Energia - Estados Unidos*

Início do Consórcio Nacional para Estudos do Genoma da Soja (Genosoja) com coordenação da Embrapa



## Genoma da soja

Sequenciado em 2008 pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, novos desafios são apresentados ao Consórcio Internacional do Genoma da Soja, formado por grupos de pesquisa dos EUA, China, Japão, Coreia e Brasil. De acordo com o pesquisador da Embrapa Soja Ricardo Abdelnoor, “o que instiga os pesquisadores agora é compreender a função de cada um dos 66 mil genes da leguminosa, conhecimento fundamental para o entendimento dos mecanismos envolvidos nos vários aspectos do desenvolvimento da planta, que certamente será muito útil para os programas de melhoramento”. Abdelnoor coordena a participação brasileira no Consórcio Internacional, por intermédio do Consórcio Nacional para Estudos do Genoma da Soja (Genosoja), que reúne dez instituições de pesquisa e ensino e é financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e da Rede da Embrapa para o Estudo do Genoma da Soja (Regesoja). Os estudos conduzidos por esses grupos de pesquisa visam disponibilizar informações sobre a estrutura e funcionalidade dos genes da soja, a fim de gerar conhecimento e tecnologias que levem a novas alternativas de controle dos principais problemas que acometem e limitam a exploração da cultura da soja no Brasil, como doenças, nematoides e eventos climáticos, a exemplo da seca.

2009

Conclusão do sequenciamento do DNA do gado bovino taurino

*Grupo Internacional de cientistas com participação da Embrapa*



2011

Conclusão do sequenciamento do genoma do eucalipto *Eucalyptus grandis*

*Embrapa + 14 empresas privadas + 07 instituições públicas de pesquisa*



2012

Conclusão de parte do sequenciamento do genoma de ovinos

*Consórcio Internacional com participação da Embrapa*



Divulgação do sequenciamento da banana

*Grupo Internacional com participação da Embrapa*



Divulgação do sequenciamento do genoma dos citros

*Consórcio Internacional com participação da Embrapa e CCSM*



Continuação do sequenciamento do genoma ovino com foco no controle da *scrapie*

*Embrapa + UFRGS*



Início do sequenciamento do DNA de gado bovino zebuino

*Embrapa*



## Genoma dos citros

Concluído e disponibilizado no início de 2012 pelo Consórcio Internacional do Genoma de Citros (ICCG), que reuniu grupos do Brasil (Embrapa Mandioca e Fruticultura e Centro de Citricultura Sylvio Moreira - CCSM), Estados Unidos, França, Espanha e Itália. Em continuação ao trabalho de genômica, um projeto coordenado pela pesquisadora Juliana Astúa, da Embrapa, em parceria com o CCSM, tem como foco as interações entre a planta, a bactéria causadora do HLB ou *greening* dos citros e seu inseto vetor, o psilídeo *Diaphorina citri*. O objetivo é desenvolver estratégias de manejo e controle da doença, causadora de danos irreversíveis à cultura.

⊗ Dominette: vaca fêmea da raça *Hereford*, cujo genoma foi sequenciado no *Projeto Genoma Bovino*. Foto: Reprodução Wikimedia.



# Pesquisa aponta gene tolerante à seca

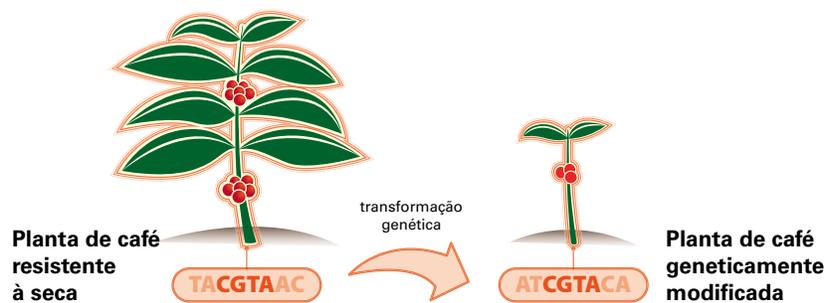
Com dados gerados pelo projeto Genoma Café, será possível acelerar a seleção de novas cultivares de melhor qualidade, com mais aroma e sabor e mais qualidade nutricional.

Em 2004, o Brasil foi pioneiro na conclusão da primeira etapa do sequenciamento do café, o que resultou na formação do maior banco de dados do mundo para a cultura. São 200 mil sequências de DNA, ferramentas poderosas para identificar a função de cada gene. O trabalho, realizado em parceria entre a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e a Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), com o apoio do Consórcio Pesquisa Café, colocou o Brasil na vanguarda da pesquisa científica em nível mundial.

Hoje, mais de 30 mil genes, das 200 mil sequências que compõem o banco, já estão identificados e sendo utilizados em pesquisas. Uma delas, desenvolvida em parceria entre a Embrapa e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), identificou um gene que confere alta tolerância à seca em plantas de café e outras culturas. O pedido de patente do gene já foi encaminhado ao Instituto Nacional da

**Café** | movimentada cerca de 95 bilhões de dólares no mercado mundial, perdendo apenas para o petróleo. O Brasil é o maior produtor de café do mundo e ocupa cerca de 30% desse mercado. Com dados gerados pelo projeto Genoma Café, será possível acelerar a seleção de novas cultivares de melhor qualidade, com mais aroma e sabor e melhores propriedades nutricionais (teores de cafeína, vitaminas, sais minerais, serotonina e ácidos clorogênicos), com vistas à maior satisfação dos consumidores e à conquista do mercado com produtos de maior valor agregado e benefícios para toda a cadeia produtiva.

Thinkstock/Embrapa



Propriedade Industrial (INPI) e, atualmente, o seu desempenho está sendo testado em outras plantas de interesse agrônomo, como soja, cana-de-açúcar e algodão.

A identificação desse gene só foi possível graças ao sequenciamento do genoma do café. Segundo Eduardo Romano, pesquisador da Embrapa, essa fase, chamada de pós-genômica ou genômica funcional, é aquela em que os pesquisadores identificam e estudam os genes na busca de características de interesse agrônomo, como tolerância a estresses climáticos e resistência a pragas e doenças, entre muitas outras.

Para chegar ao gene que confere tolerância à seca, os pesquisadores submeteram plantas de café arábica, que é a variedade mais utilizada comercialmente no Brasil e no mundo, a 10 dias sem água. Com o passar do tempo, eles verificaram, por análises moleculares, que a expressão desse gene aumentava a cada dia em condições de seca. “É o que chamamos de restabelecimento da homeostase, ou seja, a defesa natural da planta para sobreviver em condições de estresse”, explica Romano.

De posse dessa informação, os pesquisadores isolaram o gene e o transferiram por engenharia genética para plantas-modelo em laboratório. O objetivo era checar se a planta se tornaria mais tolerante à seca e se teria condição de passar essa característica para as suas progênies, ou seja, próximas gerações. “Essa é a fase que chamamos de **prova**

**de conceito.** Para que uma tecnologia possa ser validada cientificamente, é preciso provar que o gene realmente confere a característica desejada, no caso a tolerância à seca, e se é capaz de passá-la para as suas futuras gerações”, completa o pesquisador.

As plantas geneticamente modificadas e suas descendentes permaneceram saudáveis após 40 dias sem água se tornando muito mais tolerantes do que as plantas que não receberam o gene. Além deste, vários outros genes candidatos para a tolerância à seca já foram identificados e estão também em processo de validação, completa o pesquisador Alan Andrade, da Embrapa.

#### PÓS-GENÔMICA

Além da tolerância à seca, as pesquisas de pós-genômica desenvolvidas pela Embrapa em prol do melhoramento genético do café são voltadas também à melhoria da qualidade do grão.

Segundo Alan Andrade, um dos responsáveis pela conclusão do genoma, o banco tem sido de extrema importância para a pesquisa brasileira, uma vez que oferece informações genéticas para as 45 instituições que compõem o Consórcio Pesquisa Café, distribuídas em 14 estados brasileiros. O objetivo, como afirma Andrade, é identificar e estudar molecularmente esses genes na busca de características de interesse agrônomo, como resistência a pragas e doenças, entre outras.

Uma das linhas de pesquisa priorizada está voltada para o melhor entendimento dos fatores que afetam a qualidade do café. Andrade explica que estão sendo usadas ferramentas extremamente avançadas e que envolvem o conhecimento do genoma, proteoma (funcionamento das proteínas) e compostos metabólicos (metaboloma). O processo para a identificação desses fatores que determinam a qualidade do café consiste em análises integradas do perfil de expressão gênica, de proteínas e dos metabólitos presentes nos grãos.

Segundo o pesquisador, a qualidade final do café está diretamente associada à sua composição bioquímica. “Atuando nos três níveis, ou seja, genômico, proteômico e metabólico, é possível conhecer em detalhes os genes que controlam a qualidade do café”, afirma.

O pioneirismo do Brasil na primeira etapa de estudos do genoma do café motivou a formação de uma rede internacional de pesquisas em genômica do cafeeiro (*International Coffee Genome Network – ICGN*). Dessa iniciativa, foi formado um Consórcio Internacional, com a participação da Embrapa, que já concluiu o sequenciamento do genoma completo de *Coffea canephora*. Os resultados desse trabalho estarão, em breve, disponibilizados publicamente, afirma Andrade. Com a utilização de mais essa ferramenta, os avanços no melhoramento genético do cafeeiro serão ainda mais rápidos.



# Estudos abrem perspectivas de variedades de banana mais resistentes e nutritivas

**Banco de dados DATAMusa conta com genes identificados para resistência a insetos, fungos e nematoides.**

Um ano depois do sequenciamento do genoma do café, em 2005, a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, a Universidade Católica de Brasília e o Instituto Francês de Pesquisa Agrônômica (CIRAD) terminaram a primeira fase do estudo do genoma da banana, quarta cultura agrícola mais importante do planeta.

O término dessa primeira etapa da pesquisa, iniciada pelas instituições em 2002, deu origem ao banco de dados DATAMusa, um dos maiores do mundo em genômica de banana, constituído por 5.317 genes com características de interesse para o melhoramento genético dessa fruta.

O estudo foi desenvolvido com base no genoma A da banana. O A é o mais

importante deles, pois engloba de 70 a 100% das variedades comerciais no Brasil. O uso das informações contidas no DATAMusa abre uma ampla gama de possibilidades de melhoramento genético e de transgenia direcionadas para a cultura.

O banco conta com genes identificados para resistência a insetos, fungos e nematoides causadores de doenças e tolerância à seca, mas outros poderão ser muito importantes para programas de biofortificação, a partir da geração de variedades mais nutritivas, dentre outras inúmeras possibilidades como também melhorias no aspecto e sabor.

Em 2012, resultado de outro trabalho, foi divulgado, pela revista *Nature*, o sequenciamento de 90% do genoma da bananeira [*Musa acuminata*], realizado por um consórcio internacional com a participação da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Foram identificados cerca de 36 mil genes, os quais deverão ser estudados para aplicações no melhoramento genético da cultura, entre outras aplicações.



Helaine Samara / Embrapa

**Banana** | tem enorme importância social, pois é fonte barata de energia, minerais e vitaminas. No Brasil, segundo maior produtor mundial de banana, com uma produção de cerca de 6,5 milhões de toneladas por ano – cerca de 9,5% da produção mundial – essa fruta é fundamental para a complementação da dieta alimentar das populações de baixa renda.



Dario Grattapaglia / Embrapa

**A compreensão das bases moleculares de plantas perenes, como o eucalipto, será útil para a geração sustentável de bioenergia no futuro.**

**Eucalipto** | é uma árvore que reúne crescimento rápido, ampla adaptabilidade e excelente madeira para fins industriais. Ele é plantado em mais de 100 países tropicais e subtropicais e cumpre um papel essencial de floresta de substituição para a produção de papel, celulose, energia e madeira sólida de forma sustentável, permitindo assim deixar as florestas nativas preservadas. Existem vários mitos sobre o eucalipto. O eucalipto, na verdade, tem uma tripla função altamente benéfica para o meio ambiente: sequestra carbono da atmosfera; é fonte eficiente de produção de fibras e bioenergia e contribui para a recuperação de áreas degradadas.

## Brasil lidera rede de pesquisa internacional

O Brasil foi um dos países líderes no projeto internacional do sequenciamento do genoma completo do eucalipto (*Eucalyptus grandis*). Em janeiro de 2011, o genoma da árvore brasileira BRASUZI (Brazil Suzano S1) de *Eucalyptus grandis* foi concluído com sucesso e disponibilizado para o mundo na internet em [www.phytozome.net/eucalyptus.php](http://www.phytozome.net/eucalyptus.php). Este genoma vem sendo intensamente acessado por diversos grupos, em todo o mundo, que desenvolvem pesquisas nas áreas de descoberta de genes, mapeamento e estudos evolutivos, entre outros.

O sequenciamento desse genoma se beneficiou de uma outra iniciativa, coordenada pelo pesquisador Dario Grattapaglia da Embrapa: a concepção e liderança do projeto Genolyptus (Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma de Eucalyptus) entre 2001 e 2009, financiado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e pelo setor privado. Esta rede de inovação foi estabelecida entre 14 empresas privadas e sete instituições públicas de pesquisa, envolvendo mais de 40 pesquisadores, e resultou na construção de uma plataforma integrada de recursos experimentais de campo, bases de dados genômicos e produtos na forma de clones elite, consolidando a integração das ferramentas moleculares no melhoramento de espécies de Eucalyptus no Brasil.

“Um dos grandes desafios para a geração sustentável de bioenergia no futuro é a compreensão das bases moleculares do crescimento e adaptabilidade de plantas perenes úteis para a produção de energia” diz Grattapaglia. Sobre a Rede, ele afirma: “Reunindo em um espírito pré-competitivo, ainda raro no País, universidades, a Embrapa e empresas brasileiras, o projeto alcançou importantes avanços na pesquisa genômica do eucalipto aplicada ao melhoramento genético”.

O sequenciamento do genoma completo do eucalipto está permitindo agora a identificação de genes e dos segmentos de DNA, que são as “chaves” que regulam a expressão do genoma como um todo, bem como o desenvolvimento de tecnologias de marcadores moleculares de alto desempenho que estão acelerando o melhoramento genético. Além disso, os genomas de outras 12 espécies de eucalipto já foram sequenciados na Embrapa em 2012 permitindo entender a variação existente entre estas espécies em aspectos de tolerância a seca, frio e doenças.



# Cientistas querem criar mapa genético de bovinos

Em 2009, um grupo internacional de cientistas, entre eles participantes brasileiros da Embrapa e de outras instituições, decifrou o genoma do gado bovino. A pesquisa ganhou a capa da prestigiosa revista científica americana "Science" e irá gerar ferramentas para estudos que têm o objetivo de identificar e isolar genes que afetam características de importância para a bovinocultura brasileira, como por exemplo: resistência a endo e ectoparasitas e a estresses abióticos, precocidade sexual e produtiva, qualidade do leite e da carne produzidos.

Ao longo de todo o genoma, os cientistas puderam identificar cerca de 22 mil genes, alguns dos quais sem paralelo nos outros genomas de mamífero decifrados (homem, chimpanzé, rato, camundongo e cão). Os resultados trazem dados sobre a evolução do gênero bovino nos últimos milhões de anos e também ajudam a visualizar os efeitos que a seleção artificial induzida, pela domesticação por seres humanos, sobre a composição genética desses indivíduos.

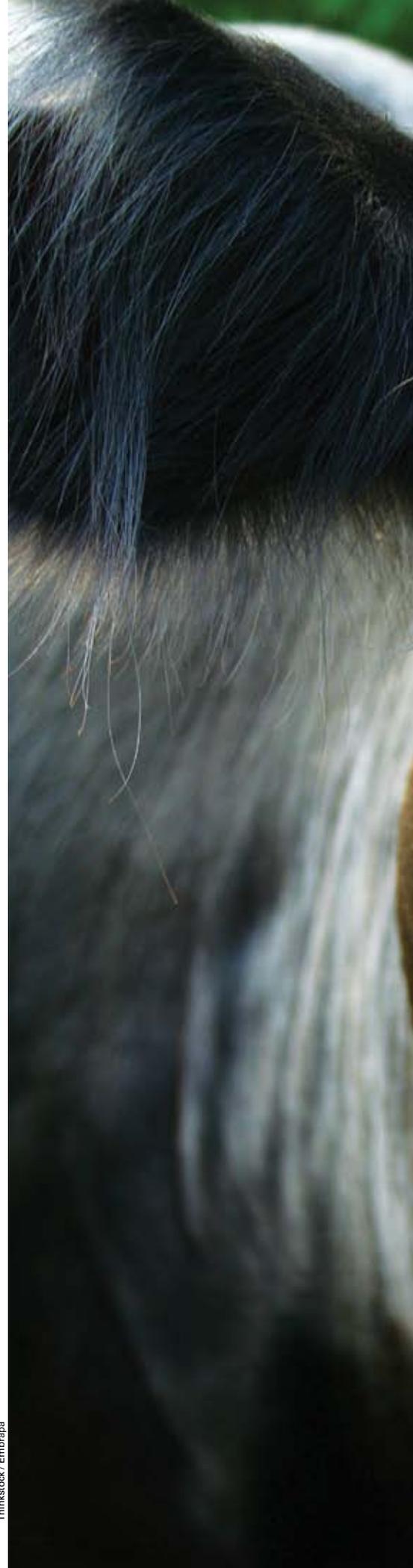
Mas a aplicação mais empolgante dos resultados está na construção de uma espécie de mapa genético chamado pelos cientistas de HapMap. Ele rastreia, ao longo do genoma, as variações mínimas existentes entre

indivíduos, em que uma única letra química do DNA é trocada por outra (fenômeno conhecido pela sigla inglesa SNP – pronuncia-se "snip" –, polimorfismo de nucleotídeo único).

"Os SNPs listados no HapMap constituem uma ferramenta que já está sendo usada para selecionar nos animais os marcadores ligados à qualidade da carne e do leite", explica o pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia Alexandre Caetano, que participou do sequenciamento.

Essas informações genéticas vão permitir elevar a qualidade do gado de corte e leiteiro e transformar o que já é um grande produto de exportação numa mercadoria de alto valor agregado. Antes, toda a seleção dos animais era com base em fatores que podem ser vistos, os chamados fenotípicos. "Agora, é como se abrissemos a 'caixa-preta' desse sistema", ressalta Caetano.

A expectativa é de que o conhecimento adquirido com o sequenciamento do genoma bovino resulte em economia de tempo e recursos para o melhoramento, sanidade, nutrição, farmacologia, bioquímica, reprodução e rotas biológicas vitais, entre outras áreas. Para o dia a dia do brasileiro, a expectativa é de que a pesquisa traga mais sabor para a mesa.





## Avança o sequenciamento de zebuínos

Em 2009, o Brasil também foi pioneiro no sequenciamento do genoma bovino de taurinos, ao participar de um consórcio internacional. Naquela época, como explica Alexandre Caetano, que coordena a Rede Genômica Animal da Embrapa, o custo total do sequenciamento do genoma bovino foi de US\$ 54 milhões. Hoje, com as novas ferramentas propiciadas pelas tecnologias de NGS (*Next Generation Sequence*), o sequenciamento de um genoma fica em torno de US\$ 10 mil.

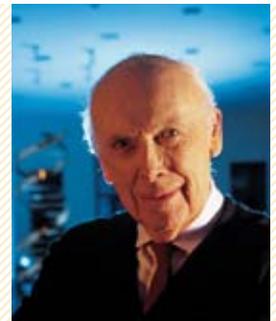
Parte da explicação para uma redução tão brusca nas cifras genômicas está relacionada à evolução das metodologias de sequenciamento de DNA nos últimos três anos. As tecnologias conhecidas como NGS tornaram-se amplamente disponíveis no mundo, reduzindo o custo de sequenciamento de DNA em mais de duas ordens de magnitude e democratizando as pesquisas nessa área, antes restrita a grandes consórcios internacionais e empresas multinacionais.

Essas novas tecnologias envolvem equipamentos ultramodernos, processos inovadores para a construção de bibliotecas de sequenciamento e geração de dados, além de novas abordagens para a análise dos dados gerados.

“Os métodos de sequenciamento de DNA evoluíram mais rápido nos últimos anos do que os computadores”, constata Caetano. Se, há quatro anos, levava-se anos para sequenciar um genoma, hoje isso é feito em dias. A projeção é que em breve o custo possa cair até US\$ 100. A julgar pela velocidade de desenvolvimento dessas novas tecnologias, é provável que essa realidade esteja bem mais próxima do que se imagina. »

### CURIOSIDADE

O primeiro genoma complexo sequenciado com técnicas NGS foi o do cientista norte-americano James Watson, responsável pela descoberta da estrutura da molécula de DNA e citado no início dessa matéria.





Fabiano Bastos / Embrapa

O objetivo do projeto é produzir uma montagem de referência e catalogar a variabilidade genética do gado zebuino.

#### REBANHO BRASILEIRO

O gado bovino possui duas subespécies, *Bos taurus taurus* (gado taurino, de origem europeia) e *Bos taurus indicus* (gado zebuino, de origem asiática).

Segundo Caetano, o genoma sequenciado em 2009 foi de um animal taurino (de origem europeia), uma vez que a iniciativa foi resultante de um consórcio internacional que envolvia países cujo setor produtivo é baseado em raças desse grupo genético.

Em 2012, a Embrapa, contando com o trabalho de equipes de várias de suas unidades de pesquisa – Recursos Genéticos e Biotecnologia; Gado de Corte; Gado de Leite; Pecuária Sul e Informática Agropecuária –, iniciou o sequenciamento do genoma do gado

zebuino, que representa cerca de 80% do rebanho brasileiro.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), esse rebanho conta com aproximadamente 209 milhões de bovinos e é considerado o maior comercial do mundo. Dentre as raças zebuínas, predominantes no plantel nacional, destaca-se a raça Nelore, responsável por 90% desta parcela.

#### NOVO FOCO

Além de utilizar as novas plataformas genômicas oferecidas pelo mercado atual, o sequenciamento de zebuínos tem também um novo foco, como explica o coordenador da Rede Genômica Animal da Embrapa. “Destá vez, trata-se de gerar uma ferramenta que permita identificar as diferenças genô-



micas entre os taurinos e zebuínos, assim como prospectar e catalogar os polimorfismos genéticos existentes nas raças zebuínas”, afirma.

Polimorfismos genéticos (geralmente deleções ou substituições nas bases de DNA) são mutações que passam a fazer parte do pool genético das populações. Por isso, são tão importantes para compreender a base da evolução de uma espécie e constituem a fonte primária de toda a variabilidade genética. Os polimorfismos podem estar associados a uma série de fatores, como patologias, produtividade, crescimento, entre outras.

O estudo coordenado pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia tem como objetivo gerar uma sequência referência do gado zebuíno no Brasil. Para isso, está sendo sequenciado o

genoma de um touro da raça Nelore, escolhido pelo pedigree (que mostra a árvore genealógica) e pela disponibilidade de sêmen nos bancos genéticos. Este animal carrega o importante predado de genearca, ou seja, um ancestral importante para esta raça do ponto de vista genético. Por serem animais ancestrais, suas características genéticas estão distribuídas nos bovinos do plantel brasileiro atual.

Paralelamente, os cientistas envolvidos neste projeto estão trabalhando na análise de outros nove animais (todos genearcas). O objetivo é analisar os polimorfismos que definem a variabilidade desse grupo genético.

Para compreender a importância da geração de um genoma de referência, podemos compará-lo à foto de um quebra-cabeça, que deve ser seguida

para a montagem correta das peças.

As sequências estão sendo geradas pelo Laboratório de Serviços da Universidade de Illinois, nos Estados Unidos, e a análise dos dados, feita no Laboratório de Multiusuários da Embrapa Informática Agropecuária.

#### **MÉRITO NOSSO**

O projeto da Embrapa está na fase de geração e análise de dados. Quando ficar pronto, o genoma referência do gado zebuíno será uma conquista muito importante para a Embrapa e para a pecuária nacional. “E, dessa vez, o mérito será 100% brasileiro”, comemora Caetano.

Além de gerar uma sequência referência do genoma de zebuínos, os dados permitirão fazer comparações com o genoma de taurinos.



# Ovinos têm genes investigados

O Brasil foi o único país da América do Sul a participar do Consórcio Internacional de Genômica de Ovinos, que reuniu cientistas de outros 19 países – Austrália, Áustria, China, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Índia, Irã, Israel, Itália, Quênia, Nova Zelândia, Noruega, Espanha, Suíça, Turquia, Reino Unido e Estados Unidos – e resultou na identificação de 50 mil marcadores moleculares, em 2012. O Consórcio estudou o DNA de 2.819 ovinos de 74 raças representantes de todos os países participantes. Essas informações genéticas podem auxiliar os pesquisadores na identificação de genes associados à seleção, produção, qualidade e tratamento de doenças que atacam as ovelhas.

O Brasil contribuiu com DNA de 90 animais de três raças locais de ovinos naturalizadas no Brasil que compõem o programa de conservação e uso sustentável de recursos genéticos animais da

Embrapa: Santa Inês, Morada Nova e Crioula Lanada.

Segundo o pesquisador da Embrapa Samuel Paiva, essas raças foram selecionadas porque são seculares no Brasil e, por isso, possuem características de adaptabilidade e rusticidade que podem ser muito úteis para programas de melhoramento genético. “As raças Santa Inês e Morada Nova são deslanadas, o que já é resultado do processo de adaptação aos trópicos. A Crioula demonstra grande resistência a parasitas”, explica o pesquisador. Além disso, são produzidas em todas as regiões brasileiras e muito importantes para a ovinocultura do país.

A participação do Brasil no Consórcio Internacional pode trazer inúmeros resultados para a produção de ovinos a longo prazo, pois “abriu uma porta nova e muito promissora para o conhecimento do genoma desses animais”, ressalta Paiva.

**Projeto** | a participação brasileira foi coordenada pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e contou com a participação de outras seis unidades da Embrapa – Pecuária Sul; Gado de Leite; Informática Agropecuária; Caprinos e Ovinos; Tabuleiros Costeiros e Meio Norte, além das seguintes universidades: Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB; Universidade de Brasília – UnB e Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGH. Participou também a empresa privada Gaasa e Alimentos Ltda.

**Análises levaram à identificação de 50 mil marcadores genéticos, que podem colaborar na prospecção de genes associados à produção, qualidade e sanidade de ovelhas.**



## Estudo com genomas pode auxiliar o controle da *scrapie*

Um dos frutos do conhecimento genômico de ovinos é a pesquisa desenvolvida em parceria entre a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS com o objetivo de detectar a suscetibilidade à *scrapie*, uma doença neurodegenerativa fatal que ataca o sistema nervoso desses animais. Trata-se do maior estudo genético já realizado com ovinos no Brasil, pois envolveu genomas de 1.400 animais de 13 raças, incluindo localmente adaptadas (naturalizadas) e importadas.

A *scrapie* pertence ao grupo de encefalopatias espongiformes transmissíveis (EET), assim como a doença que ficou mundialmente conhecida como “mal da vaca louca”. Ambas atuam no sistema nervoso central dos animais e levam à morte. As encefalopatias espongiformes transmissíveis não podem ser tratadas e nem prevenidas com vacina porque são causadas por uma mutação em partículas de proteínas normais dos animais, chamadas príons. Quando modificadas, essas partículas se tornam patogênicas, levando à morte de neurônios e a doenças degenerativas do sistema nervoso central.

De acordo com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, a *scrapie* foi detectada pela primeira vez no Brasil em

1985 em ovinos importados do Reino Unido. Em 2001, novos casos da doença ocorreram em ovinos importados dos Estados Unidos. O MAPA intensificou a adoção de medidas sanitárias para conter a disseminação da doença no rebanho nacional. Entre essas medidas, destacam-se a decisão de tornar a *scrapie* uma enfermidade de notificação obrigatória e a criação de um programa sanitário específico, adequado à realidade do País, que está em fase de elaboração.

### INFORMAÇÕES GENÉTICAS

O estudo desenvolvido pelos cientistas da Embrapa e da UFRGS pode ser determinante para a elaboração desse programa, já que permite mapear os diferentes níveis de suscetibilidade dos animais à *scrapie* nas principais regiões produtoras do País.

A proteína príon, cuja mutação é responsável pela *scrapie*, é codificada por um gene chamado de PRNP e as mutações específicas desse gene estão fortemente associadas à resistência e suscetibilidade dos ovinos.

A análise dos genes realizada pela Embrapa e pela UFRGS mostrou

que o grau de suscetibilidade dos animais está relacionado à combinação genética dos códons 136, 154 e 171 do gene PRNP. Assim como uma língua é constituída basicamente por um dicionário de palavras, o código genético é constituído por códons. Entender as combinações entre os códons é o que permite aos cientistas decifrar o código genético, assim como nós precisamos compreender as palavras para entender o significado de uma mensagem.

Além de eficiente, o método de genotipagem utilizado foi adaptado para ser mais rápido e econômico que os convencionais. “Nós adaptamos um método capaz de reduzir os custos de genotipagem em até 70%, pela redução na concentração de reagentes nas três etapas principais do ensaio (purificação, ampliação, extensão de base e de limpeza final)”, explicam os pesquisadores Samuel Paiva e Alexandre Caetano, que participaram do estudo. Essa redução de custos pode contribuir para o desenvolvimento de processos de genotipagem em países onde os custos de ensaio são um importante fator limitante. •



**navegue**

[www.plosbiology.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pbio.1001258](http://www.plosbiology.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pbio.1001258) revista PLoSBiology  
[www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034528811002463](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034528811002463) revista Research in Veterinary Science

# BIORREFINARIAS: OPORTUNIDADES E DESAFIOS PARA A AGRICULTURA

por Vivian Chies

O século XX foi marcado pelo uso intensivo de recursos fósseis para produzir combustíveis, eletricidade e uma imensa gama de itens, que vai de defensivos agrícolas a cosméticos e tecidos. No entanto, o caráter finito das reservas de petróleo e os impactos ambientais desse modelo produtivo têm impulsionado a adoção da biomassa como matéria-prima para esses mesmos produtos.

No Brasil, o uso de biocombustíveis obtidos a partir de vegetais e gorduras animais já está consolidado. O nosso etanol de cana-de-açúcar tem um balanço energético bastante favorável e está nos postos de abastecimento há mais de 30 anos. Recentemente, o biodiesel foi incorporado à nossa matriz energética, reduzindo a dependência de importação de diesel e gerando renda no campo.

No entanto, o setor agroindustrial pode ser também matéria-prima para a produção de compostos químicos, polí-

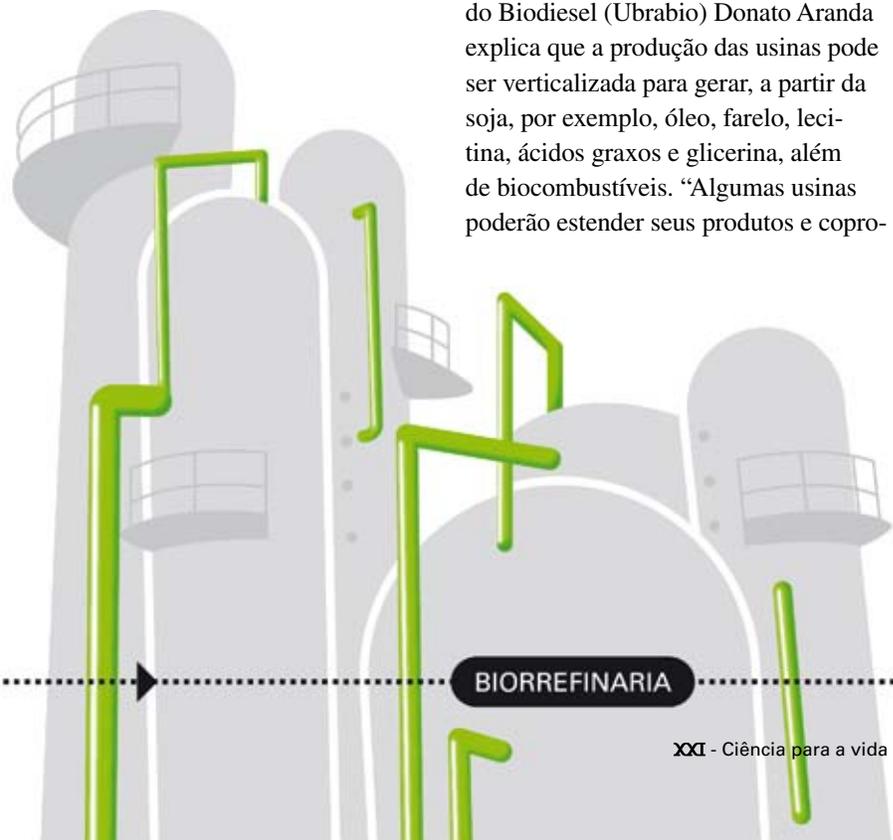
meros e outros materiais, produzidos em biorrefinarias. Esse conceito de indústria prevê o aproveitamento total da biomassa. A ideia é reproduzir o que acontece em uma refinaria de petróleo: uma única matéria-prima passa por diferentes processos e dá origem a calor, combustíveis, gases, compostos químicos, fertilizantes, polímeros, etc. A diferença é que a fonte de carbono fóssil é substituída por biomassa – e alimentos, como proteínas vegetais, também podem ser obtidos.

As usinas sucroalcooleiras brasileiras já têm trabalhado nesse conceito. Além de produzir etanol e açúcar, elas geram energia elétrica, queimando o bagaço. A vinhaça, resíduo da produção, é utilizada na fertirrigação dos canaviais ou dá origem a biogás.

Também já surgem iniciativas para a fabricação de plásticos biodegradáveis na própria usina. A expectativa é de que, com o avanço tecnológico, outros produtos integrem essa lista.

O diretor-técnico da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica), Antonio de Padua Rodrigues, não tem dúvidas de que o futuro da indústria sucroalcooleira energética está nas biorrefinarias. "Hoje, o objetivo mundial é não apenas evoluir para uma economia de baixo carbono, mas também para uma economia de baixa dependência do petróleo, até porque o seu custo de extração é cada vez mais elevado", opina.

A indústria de biodiesel também pode caminhar nessa direção. O consultor-técnico da União Brasileira do Biodiesel (Ubrabio) Donato Aranda explica que a produção das usinas pode ser verticalizada para gerar, a partir da soja, por exemplo, óleo, farelo, lecitina, ácidos graxos e glicerina, além de biocombustíveis. "Algumas usinas poderão estender seus produtos e copro-



duto para processos oleoquímicos. Nesse caso, ácidos graxos fracionados, ácidos graxos hidrogenados, álcoois graxos e aminas graxas poderão vir a ser produzidos. No Brasil, já existe uma empresa produzindo parte desses produtos”, conta Aranda.

### BIOMASSAS

Das lavouras, saem principalmente quatro tipos de biomassas: amiláceas (milho, mandioca), sacarinas (cana-de-açúcar), lignocelulósicas (resíduos agrícolas, espécies florestais) e, ainda, oleaginosas (soja, dendê). Das duas primeiras, obtém-se glicose; da terceira, lignina, celulose e hemicelulose. O acesso ao açúcar sacarino e amiláceo é quimicamente mais simples do que aos açúcares contidos na celulose e na hemicelulose – glicose e xilose –, bem como o acesso à lignina.

A partir da glicose é possível produzir etanol e polímeros “verdes”. Esse tipo de açúcar é largamente utilizado pela indústria sucroquímica, que produz e desenvolve derivados dos

açúcares, geralmente os que possuem de cinco a seis carbonos na cadeia estrutural. É o caso da glicose e da xilose, embora o uso em larga escala desta última ainda esteja em fase de pesquisa e desenvolvimento. Uma vantagem desses açúcares é que eles podem ser utilizados para a obtenção de bloco-construtores e de intermediários de síntese, produtos químicos de alto valor agregado usados na produção de fármacos, aditivos alimentares, polímeros, entre outros. “As biorrefinarias e a química verde podem contribuir para reduzir o déficit comercial brasileiro com relação a esses produtos”, ressalta o pesquisador da Embrapa Agroenergia Silvio Vaz Júnior.

Dos materiais lignocelulósicos ainda se extrai a lignina, molécula que pode originar monômeros fenólicos, antioxidantes, surfactantes (para fabricação de cosméticos e saneantes) e polieletrólitos (utilizados para condução de corrente elétrica em processos eletroquímicos). Já os óleos vegetais contêm ácidos graxos e ésteres, que podem ser empregados na produção de biodiesel, glicerina e surfactantes.

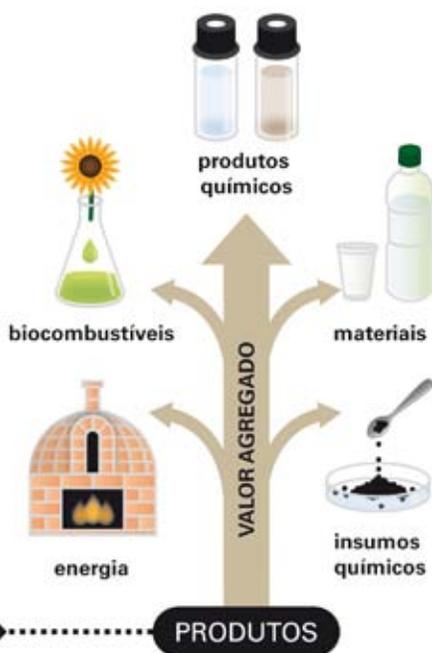
Vaz Júnior explica que, embora possam avançar, as tecnologias de utilização da glicose, dos ácidos graxos e de seus ésteres já está consolidada. “Viabilizar o aproveitamento completo da xilose e da lignina é o grande desafio para a utilização dos resíduos lignocelulósicos agroindustriais, como o bagaço da cana-de-açúcar e o licor negro da indústria de celulose e papel”, comenta.

### ABASTECIMENTO

As necessidades de tecnologias para viabilizar o avanço do conceito de biorrefinarias não estão apenas na área industrial, mas também na agricultura. “Precisamos garantir o fornecimento de biomassa em volume suficiente para atender à demanda que se espera para os próximos anos”, diz o chefe-geral da Embrapa Agroenergia, Manoel Souza.

Nesse sentido, o desenvolvimento da cadeia produtiva de plantas oleaginosas tem sido um dos principais alvos da pesquisa. Atualmente, apenas a soja apresenta pacote tecnológico, logística e escala de produção para atender à demanda industrial. Sem deixar de lado esforços para aumentar a produtividade desse grão, investimentos têm sido feitos na domesticação de espécies com alto potencial de produção como o pinhão-manso e palmeiras nativas do Brasil (macaúba, babaçu, inajá e tucumã). Uma das principais apostas do setor produtivo é o dendê, cultura em estágio de desenvolvimento mais avançado, que apresenta produtividade de óleo até 12 vezes maior do que a da soja.

Além da experiência já acumulada no uso da biomassa para produção de biocombustíveis, o Brasil tem como vantagem sua imensa biodiversidade. “Os desafios tecnológicos nas biorrefinarias encontram eco na química de produtos naturais e, sem sombra de dúvida, demandam um intenso trabalho de caracterização e uso de grande parte da biomassa brasileira ainda não explorada”, conclui Souza. •



• navegue

[www.issuu.com/embrapa/docs/revista\\_ed\\_4](http://www.issuu.com/embrapa/docs/revista_ed_4) Revista da Agroenergia

[www.embrapa.br/cnpae](http://www.embrapa.br/cnpae) II Simpósio Nacional de Biorrefinarias

[www.cnpae.embrapa.br/publicacoes/livros-1/Biorrefinarias\\_CenariosPerspectiva.pdf/view](http://www.cnpae.embrapa.br/publicacoes/livros-1/Biorrefinarias_CenariosPerspectiva.pdf/view)

Livro Biorrefinarias: cenários e perspectivas

# CIÊNCIA GLOBALIZADA



por Marcos Esteves e Edilson Fragalle | colaboração Graziela Galinari

Entre 1990 e 2003, mais de cinco mil cientistas de todo o mundo se dedicaram a desvendar o genoma humano. O projeto envolveu 17 países entre os quais Estados Unidos, Japão, França, Alemanha, Reino Unido, China, Rússia e Brasil. Em Genebra, pesquisadores de cerca de 80 nacionalidades realizaram trabalhos no CERN, o mais importante laboratório de física de partículas do mundo. Esses são alguns dos exemplos mais emblemáticos de uma prática cada vez mais importante em diversas áreas da pesquisa.

A ciência é um empreendimento global, aponta o relatório *Knowledge, networks and nations - Global scientific collaboration in the 21<sup>st</sup> century* da Royal Society. De acordo com o relatório, a atividade científica está envolvendo mais países, cidades e instituições do que nunca. O documento sinaliza um mundo científico cada vez mais interligado, onde 35% dos artigos científicos publicados em revistas internacionais são colaborativos, dez pontos percentuais a mais que nos últimos anos do século XX.

Para o presidente da Embrapa, Maurício Lopes, o planeta vem passando por mudanças bastante significativas e o futuro aponta para uma sociedade total-

mente inserida num ambiente de ciência, tecnologia e inovação. “Na agricultura, os desafios de alimentar uma população que deve chegar a nove bilhões de pessoas, em 2050, em um cenário de mudanças climáticas que pode limitar a produção, não são triviais e nenhum país, isoladamente, é capaz de fazer frente a isso”, afirma.

**A atividade científica está envolvendo mais países, cidades e instituições do que nunca. Relatório da Royal Society aponta um mundo científico cada vez mais interligado.**

A evolução das tecnologias da comunicação e a redução no custo das viagens são alguns dos fatores apontados para esse crescimento. Além disso, a colaboração é tida como fator importante para a melhora dos resultados e tem contribuído para reduzir os custos de Pesquisa & Desenvolvi-

mento, o que indica para uma tendência irreversível.

Para o pesquisador Carlos Eduardo Lazarini, coordenador do Labex (Laboratório Virtual da Embrapa no Exterior) nos Estados Unidos, a criação de redes de pesquisa tem se tornado, especialmente nos últimos anos, um fator crucial na internacionalização da cooperação científica. “Nenhuma instituição é capaz de deter todos os talentos necessários para a busca dessas soluções. Aí entra o papel da multi-institucionalidade como componente essencial nesses arranjos, facilitando a obtenção de soluções difíceis de conseguir individualmente”, explica. Segundo ele, os benefícios das redes passam pelo aumento na produtividade da pesquisa, da diminuição do tempo de produção das soluções e da sua aplicação em diferentes países, além da redução dos custos operacionais.

“O avanço tecnológico transcende fronteiras, fortalecendo a necessidade da formatação de redes de pesquisa que possam maximizar a utilização dos recursos humanos e financeiros, com o objetivo de solucionar problemas comuns”, sintetiza o pesquisador Gilberto Schmidt, coordenador do Labex Coreia, em Suwon.

## O PESQUISADOR LÍDER

**Conhecimentos e características pessoais**

- domínio da língua Inglesa
- segunda língua estrangeira: espanhol ou mandarim
- conhecimento em Tecnologia da Informação
- habilidades em Comunicação
- experiência no exterior
- visão interdisciplinar
- profundidade técnica e reconhecimento dos pares

**Habilidades profissionais**

- atuar em redes de cooperação
- projetar cenários
- avaliar impacto de tecnologias ex-ante
- fazer prospecção tecnológica
- trabalhar na Convergência Tecnológica (Ciências da Vida, Ciências Exatas, Ciências da Natureza, Ciências Humanas)

**Áreas de atuação**

- Neurolinguística, Inteligência Artificial, Sociologia, Direito, Ética, Bioética, Nanoética, Diferenças Raciais

*Perfil sugerido pelo pesquisador Sílvio Crestana*

### BRASIL ENTRE OS EMERGENTES

De fato, nem mesmo os Estados Unidos, país que ocupa o topo do ranking mundial de produção em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, é capaz de enfrentar sozinho as questões mais relevantes da ciência. Segundo o relatório da Royal Society, com um orçamento doméstico de US\$ 400 bilhões, os EUA lideram o mundo em termos de produção de pesquisa, com 20% de autoria dos trabalhos publicados. Reino Unido, Japão, Alemanha e França são as outras potências científicas mundiais. Juntos, esses países são responsáveis por 59% dos gastos em P&D.

Mas, a partir do século XXI, essa geografia começou a mudar com o crescimento dos investimentos em P&D em novos polos, em especial China, Índia, Coreia do Sul e Brasil, entre outras nações.

No caso brasileiro, o País ocupa o 13º lugar no ranking das nações com maior volume de produção científica do mundo. De acordo com a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), entre 2007 e 2008, o Brasil aumentou em 56% o número de artigos publicados em revistas internacionais especializadas. Em termos globais, isso representa cerca de 2% do conhecimento produzido no mundo. Nas áreas de pesquisas agrícolas e ciências naturais, a participação global da ciência brasileira em nível mundial dobra, passando para 4%.

Contribuir para a consolidação de C&T e aumentar a competitividade do Brasil é um dos objetivos do Programa Ciência sem Fronteiras, uma iniciativa conjunta do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e do Ministério da Educação (MEC), que pretende oferecer 101 mil bolsas de graduação e pós-graduação no exterior. Segundo a Capes, até janeiro de 2013, o "Ciência Sem Fronteiras" já ofereceu 22.646 bolsas de graduação e pós-graduação em 16 países. Os EUA são o país que mais atrai estudantes, com 5.027 bolsistas. »



**navegue**

[www.royalsociety.org/policy/projects/knowledge-networks-nations/report/](http://www.royalsociety.org/policy/projects/knowledge-networks-nations/report/) Relatório "Knowledge, networks and nations"

[www.cienciasemfronteiras.gov.br](http://www.cienciasemfronteiras.gov.br) Ciência sem Fronteiras

# Agricultura em rede

Colocar alunos de graduação e pós-graduação em contato com as principais e mais competitivas instituições ligadas à tecnologia e inovação é uma estratégia que já deu resultados positivos na história recente do País. Na década de 1970, a Embrapa já havia detectado a importância do treinamento em outros países. Centenas de pesquisadores foram enviados para programas de Mestrado e Doutorado na Europa e nos Estados Unidos, principalmente, numa clara aposta na chamada “Economia do Conhecimento”. “A Embrapa é, na verdade, uma instituição internacional praticamente desde a sua criação. O envio de jovens pesquisadores nos anos 70 para o exterior permitiu que a Empresa criasse vínculo em uma rede bastante sólida fora do Brasil”, afirma Maurício Lopes.

Duas décadas depois, as universidades brasileiras já estavam bem estruturadas em seus programas de pós-graduação, por isso, a nova aposta internacional precisava estar alicerçada em outro modelo, que permitisse a ampliação das redes de cooperação técnica e a realização de prospecção tecnológica.

“O Brasil e a Embrapa não tinham condições de atender toda a agenda de pesquisa, era necessário definir prioridades e sintonizar o que os países concorrentes estavam fazendo, mas pela primeira vez, numa parceria de igual para igual”, lembra Silvio Crestana.

“Nosso desafio era escolher lideranças da Embrapa com a perspectiva de tornar a Empresa e a ciência tropical brasileira mais conhecida, estabelecendo redes de pesquisa em condições de equilíbrio”, acrescenta.

E foi exatamente há 15 anos, pensando em realizar a chamada “antecipação” do que vai fazer a diferença no futuro, que a Embrapa iniciou o projeto Labex, hoje tido como modelo para diversas instituições públicas do Brasil e de outros países. “O Labex é um casamento com interesse mútuo que deu certo”, diz o pesquisador, acrescentando que sem cooperação internacional é impossível um país avançar cientificamente. “O país que não pensa em cooperação está fadado a ser um perdedor mundial”.

O pesquisador Pedro Arcuri, ex-coordenador do Labex Europa, ressalta o caráter de cooperação dos programas, que há dez anos atuam em parceria com algumas das mais importantes instituições de pesquisa do Velho Continente. “Este programa originou-se da visão estratégica de que, para o avanço do conhecimento, era fundamental investir em redes de pesquisa internacionais e em esforços conjuntos”, diz Arcuri. “Só assim, seria possível a geração de tecnologias inovadoras que permitiriam à humanidade garantir a produção de alimentos, biocombustíveis e fibras para uma população crescente. E mais: preservando o ambiente e mantendo a atividade agrícola viável, preocupações comuns a todos os países”, avalia.

Na opinião de Carlos Lazarini, o Labex foi o grande responsável pela rápida expansão do trabalho em áreas estratégicas para a agricultura brasileira, como nanotecnologia, sanidade animal, genômica aplicada ao melhoramento genético, mudanças climáticas globais e recursos genéticos.



## INTERESSES COMUNS

Mas o que une a pesquisa no Brasil, nos Estados Unidos, na França, Alemanha, Reino Unido, Coreia do Sul, China ou Japão? Problemas similares relacionados à necessidade de otimização de recursos naturais, com uso do solo, da água, da energia, o reaproveitamento de resíduos. “Os problemas ambientais da chamada Economia Verde são comuns, daí a necessidade de cooperação para soluções”, avalia Crestana.

Bioenergia, Manejo Integrado de Pragas e Doenças, Mudanças Climáticas, Sanidade Animal, Nanotecnologia, Tecnologia da Informação, Biotecnologia, Alimentação, Nutrição e Saúde, são alguns temas que estão gerando redes de pesquisa ao redor do mundo.

Carlos Lazarini cita como exemplo as redes regionais de pesquisa que surgiram a partir do Painel Intergovernamental em Mudanças Climáticas, órgão científico ligado à Organização da Nações Unidas (ONU). “Milhares de cientistas do mundo inteiro estão trabalhando em redes regionais que contribuem com informações científicas, técnicas e socioeconômicas para o entendimento das mudanças climáticas globais e respectivos impactos para a humanidade”, diz.

Uma dessas redes une cientistas do Labex EUA e do *Agricultural Research Service* (ARS), órgão de pesquisa ligado ao Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. Eles estão buscando entender como funcionam e quais são os mecanismos de controle de genes que tornam as plantas mais tolerantes ao déficit hídrico e, assim, capazes de resistir a períodos de estiagem mais longos.

Períodos mais longos de estiagem são uma das consequências previstas por cientistas que estudam as alterações no clima e devem afetar culturas importantes como soja, milho e algodão, entre outras. O trabalho conjunto do Labex EUA com o ARS poderá contribuir com programas de melhoramento dos dois países, que visem à geração de plantas tolerantes à seca, seja por técnicas tradicionais, assistidas por marcadores moleculares ou na geração de organismos geneticamente modificados.

Na Europa, uma das atividades realizadas em parceria por pesquisadores brasileiros e estrangeiros visa a buscar alternativas para o controle de duas das doenças que mais afetam a produção de bananas no Brasil, a sigatoka-negra e do mal-do-panamá. Graças à colaboração, o Brasil teve »



Zineb Benchechou / Embrapa

acesso ao mais completo banco de germoplasma de bananeiras do mundo e importou cerca de 1000 clones de plântulas desenvolvidas a partir da engenharia genética. Esse material vai permitir o avanço mais rápido do programa de melhoramento genético da Embrapa, com o desenvolvimento de variedades mais produtivas e resistentes a essas doenças.

Nos últimos anos, a colaboração científica baseada nos Labex chegou à Ásia, às emergentes Coreia do Sul e China e, mais recentemente, ao Japão, uma das potências mundiais em termos de C&T. Segundo Gilberto Schmidt, coordenador do Labex Coreia, o primeiro em funcionamento no continente asiático, áreas como recursos genéticos, biotecnologia, mudanças climáticas e energias renováveis, que dependem cada vez mais de avanços substanciais na fronteira do conhecimento, têm sido os principais alvos da cooperação.

Um exemplo desse trabalho é a pesquisa visando gerar melhores variedades de sorgo-sacarino, uma das alternativas mais viáveis para incrementar a produção de etanol, atualmente muito dependente da cana-de-açúcar. Os estudos estão sendo realizados pela Embrapa, em parceria com a Administração de Desenvolvimento Rural (RDA), da Coreia do Sul, e passam pela caracterização e intercâmbio de germoplasma, análises para determinar o manejo, visando o melhor rendimento industrial, além de intercâmbio de experiências.



Pedro Hernandez

#### NOVA VIA DE COOPERAÇÃO

Foi justamente em busca de conhecimento fora do Brasil, que nasceu uma das redes de pesquisa mais atuantes na Embrapa, a Rede de Nanotecnologia aplicada ao agronegócio. Muito antes de contabilizar 150 pesquisadores, 14 Unidades e mais de 30 Universidades no Brasil e no exterior, esse trabalho começou a ser construído numa rede de cooperação internacional.

Na década de 90 o pesquisador e atual chefe-geral da Embrapa Instrumentação, Luiz Henrique Capperelli Mattoso, foi contratado como especialista por seu trabalho em uma área emergente da ciência, com elevado potencial transformador, a Nanotecnologia, e forte cooperação internacional, em particular com o professor

Alan MacDiarmid, prêmio Nobel de Química em 2000.

No início do século XXI a Rede AgroNano foi estruturada e ganhou musculatura depois da passagem de Mattoso pelo programa Labex. “Além da minha presença física, pudemos criar oportunidades para outros centros de pesquisa, como a Embrapa Agroindústria Tropical e, posteriormente, solidificar a cooperação com a vinda de um pesquisador em Nanotecnologia (Gregory Glenn) para o Brasil”, atesta Mattoso.

A inversão do caminho de cooperação internacional foi estimulada pelo pesquisador Ladislau Martin Neto, hoje na Diretoria de Pesquisa & Desenvolvimento da Embrapa, durante o período como coordenador do Labex Estados



## VÍNCULOS

A cooperação científica acaba gerando vínculos de longa duração com o Brasil. É o caso do pesquisador do Serviço Florestal Americano (*US Forest Service* - USFS) Michael Keller. Entre 1996 e 2006, o geólogo foi o coordenador por parte da NASA, a agência espacial americana, do Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA). Foi nesse projeto que Keller iniciou uma parceria com o pesquisador Mateus Batistella, da Embrapa Monitoramento por Satélite, que rende projetos até hoje.

Desde 2011, ele integra a equipe do projeto “Paisagens Sustentáveis”, um convênio de cooperação técnica e financeira entre o USFS, órgão vinculado ao Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, à Embrapa e à Fundação Arthur Bernardes (Funarbe). “Desde a minha chegada, recebo um grande apoio da Embrapa Monitoramento por Satélite para execução dos trabalhos, seja com infraestrutura ou com o apoio técnico e comprometimento de uma equipe com elevado potencial”, ressalta Keller.

O projeto, que deve se estender pelo menos até agosto de 2014, visa a desenvolver capacidade técnica para, baseada em geotecnologias como o sistema LiDAR (*Light Detection and Ranging*), medir e mitigar os efeitos do dióxido de carbono e outros gases responsáveis pelo efeito estufa. São utilizadas técnicas de contabilização de carbono estocado baseadas em dados LiDAR, um sistema laser aerotransportado que permite avaliar detalhadamente a área de estudo, fornecendo informações não apenas da superfície do terreno, mas também da estrutura da vegetação.

Segundo a Secretaria de Relações Internacionais da Embrapa, Michael Keller é um dos 28 pesquisadores estrangeiros que realizaram trabalhos no País, apenas em 2012, uma prova de que a cooperação científica também é um campo cada vez mais fértil nos laboratórios brasileiros. •

Unidos. Martin destaca, como ponto decisivo, a vinda do presidente do ARS, Edward Knipling, ao País (a primeira visita dele a um país da América do Sul) para que o programa tivesse sua implementação definitiva.

Desde então, o interesse de cientistas de várias partes do mundo em realizar estudos em nossos laboratórios tem crescido constantemente. São parcerias que envolvem, por exemplo, pesquisadores do Centro de Pesquisa Internacional do Japão para as Ciências Agrícolas (Jircas) no desenvolvimento de novas plantas de soja geneticamente modificadas tolerantes à seca, ou do Centro de Cooperação Internacional em Pesquisa Agronômica para o Desenvolvimento (Cirad), que possuem atividades conjuntas em quatro Unidades Descentralizadas da Embrapa.

# MAIS CO<sub>2</sub>: COMO REAGEM AS PLANTAS?

por **Cristina Tordin e Marita Féres Cardillo** | colaboração Sandra Zambudio

Pesquisadores da Universidade Estadual de Oregon e da Universidade de Harvard, Estados Unidos, reconstruíram a temperatura média da Terra nos últimos 11,3 mil anos - tempo correspondente ao período geológico Holoceno, iniciado no final da última era do gelo e que se estende até hoje.

O estudo, publicado na revista *Science* em março último, conclui que a Terra se apresenta mais fria hoje, se comparada à época em que esteve mais quente naquele período. Mas a atual temperatura do planeta é a maior dos últimos quatro mil anos. E não há sinais de declínio. O prognóstico é de que ela chegará a um novo recorde até o final do século (veja links sobre o estudo no final desta matéria).

Ainda que haja incertezas sobre o futuro e questionamentos sobre a dimensão do fenômeno do aquecimento terrestre, o fato é que mudanças na temperatura da Terra e maior concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera estão na

mira de pesquisadores preocupados com os efeitos desses fenômenos sobre a atividade agrícola. Pois mudanças de temperatura influenciam o comportamento das plantas no campo.

Uma das perguntas para a qual cientistas tentam antecipar respostas diz respeito aos agentes nocivos: como será o comportamento de pragas, doenças e plantas invasoras diante das mudanças climáticas? “Não podemos esperar para ver o que acontece”, diz a pesquisadora Raquel Ghini, da Embrapa Meio Ambiente, que está à frente do projeto “Impactos das mudanças climáticas globais sobre os problemas fitossanitários – Climapest”. O foco do projeto está voltado a *commodities* e a outras espécies de valor econômico e social para a população brasileira.

No âmbito do Climapest, um experimento tem se destacado. É o que se propõe a verificar os impactos do aumento da concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e disponibilidade de

água sobre a cultura do café. O experimento é inédito. Sua abordagem é inovadora. É o primeiro na América Latina a seguir o método FACE – *Free-Air Carbon Dioxide Enrichment*. É o primeiro FACE no mundo com café e, ainda, o primeiro a priorizar o estudo de problemas fitossanitários e suas relações com as demais áreas do conhecimento. Não é à toa que o FACE brasileiro vem recebendo inúmeros visitantes nacionais e internacionais – de instituições de pesquisa e do setor privado ligados à cadeia produtiva do café, além de estudantes e leigos.

O experimento está implantado em área do campo experimental da Embrapa Meio Ambiente desde agosto de 2011. O café foi escolhido como estudo de caso por sua importância para o Brasil, pelo fato de ser uma cultura perene e pela inexistência de resultados de pesquisa sobre os efeitos sobre esse agroecossistema.

Plantas precisam do gás carbônico para crescer, é certo. Mas pouco se sabe sobre o que acontecerá com as pragas e doenças que as atingem, em condições atmosféricas futuras. A instalação de um experimento do tipo FACE permite a avaliação dos efeitos do aumento da concentração do dióxido de carbono atmosférico (CO<sub>2</sub>) nas plantas. E o melhor: em condições de campo, nas quais as interferências de artefatos são reduzidas. São experimentos a céu aberto, em condições, portanto, muito mais próximas do real.

No caso do FACE voltado à cultura do café, o estudo tem por objetivo mensurar os impactos do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> do ar e disponibilidade de água nas cultivares Catuaí Vermelho e Obatã. Estão sendo avaliados os efeitos sobre problemas

fitossanitários como o progresso da ferrugem, o bicho-mineiro (*Perileucoptera coffeella*), o ácaro-vermelho (*Oligonychus ilicis*), o ácaro-branco (*Polyphagotarsonemus latus*), o ácaro-da-leprose (*Brevipalpus phoenicis*), broca-do-café (*Hypothenemus hampei*), pragas de importância na cultura. E também os efeitos sobre as plantas invasoras e seus patógenos, a atividade microbiana do solo, os inimigos naturais de pragas, entre outros.

Quanto às plantas, são estudadas a fisiologia, morfologia, biologia floral e reprodutiva, produtividade e aspectos econômicos. Sobre o solo, são observados aspectos relacionados à decomposição e ciclagem de nutrientes, aos atributos físicos e químicos, à emissão de N<sub>2</sub>O a partir de fertilizantes nitrogenados e a dinâmica do carbono e do nitrogênio.

“As informações geradas pelo projeto são inovadoras nesse tipo de estudo e podem direcionar os próximos trabalhos de pesquisa realizados pela Embrapa e outras instituições do País e do exterior, além de apoiar políticas públicas”, afirma Raquel Ghini (foto ao lado). »



Wagner Bentról

## CLIMAPEST

O projeto “Impacto das mudanças climáticas globais sobre problemas fitossanitários”, conhecido como Climapest, conduzido no âmbito da programação de pesquisa da Embrapa, contempla ações em 12 estados do Brasil, abrangendo as cinco Regiões. Serão estudados, ao todo, 85 problemas fitossanitários de 16 culturas agrícolas – espécies florestais, maçã, pêssego, soja, uva, milho, algodão, mamona, forrageiras, café, mandioca, banana, manga, coco, dendê e laranja.

Além dos efeitos nas plantas do aumento do gás carbônico na atmosfera, serão observadas alterações de temperatura, impactos do aumento da radiação UV-B sobre microrganismos associados às plantas, e os riscos potenciais das mudanças

climáticas na distribuição geográfica e temporal sobre doenças, pragas e plantas invasoras.

Estão previstos experimentos com o método FACE e seis experimentos com OTCs (*Open-top chambers*) espalhados pelo país (Belém, PA; Petrolina, PE; Sete Lagoas, MG; Londrina, PR; Jaguariúna, SP e Vacaria, RS). O FACE está planejado para estudos sobre as pragas e doenças do café e as OTCs para as outras espécies em foco no projeto.

São várias instituições de pesquisa trabalhando em conjunto. A equipe multidisciplinar é formada por 134 pesquisadores de 16 Unidades da Embrapa e de 21 parceiros externos, totalizando 37 instituições.

### O EXPERIMENTO

Instalado em uma área de sete hectares de café, o FACE da Embrapa Meio Ambiente possui 12 anéis com dez metros de diâmetro, espaçados por pelo menos 70 metros, para evitar contaminação entre as parcelas.

Seis desses anéis recebem a aplicação de dióxido de carbono atmosférico vindo de um tanque com capacidade para 20 toneladas de CO<sub>2</sub>. IRGAs (*Infra Red Gas Analyzer*, analisador de gás por infravermelho, usado

para medir a concentração do CO<sub>2</sub>), sensores de temperatura e umidade do ar e do solo, de precipitação, de radiação solar global e fotossinteticamente ativa, e de velocidade e direção do vento (ultrassônico) foram instalados nas parcelas para monitoramento e liberação de CO<sub>2</sub> até a concentração de 200 ppm acima da atual, em sistema desenvolvido pela Embrapa Instrumentação.

Ou seja, no experimento, o gás carbônico começa a ser liberado em



Requel Ghini

concentrações similares às que, de acordo com estimativas resultantes de estudos, atingirão a atmosfera no final do século. Um sistema de irrigação foi instalado com a finalidade de irrigar metade da área dos anéis. As plantas de café cultivadas nesse ambiente, que simula o cenário futuro, serão comparadas às plantas no ambiente atual, cultivadas em outros seis anéis que permanecem sem tratamento e recebem apenas o CO<sub>2</sub> da atmosfera, nas concentrações atuais.

Outros experimentos similares no mundo (e com outras culturas que não o café) demonstraram a ocorrência de “efeitos cascata”. Algumas respostas nas plantas são imediatas, a exemplo do aumento da taxa de fotossíntese. Outros efeitos necessitam de maior período de aplicação do gás para se apresentarem, como processos microbianos do solo. Assim, trata-se de um estudo de longa duração. Mas a contribuição para o avanço do conhecimento e para a projeção do futuro é inestimável.

Ghini destaca ainda o caráter interdisciplinar do estudo. “Resultados das diversas áreas do conhecimento podem ser correlacionados”, afirma. O projeto está favorecendo, por exemplo, o desenvolvimento de novos dispositivos baseados em rede de sensores sem fio e a otimização do algoritmo de controle da fumigação de CO<sub>2</sub>, a cargo da Embrapa Instrumentação. •

## MENOR PRODUTIVIDADE

O Brasil registra um prejuízo anual significativo com agentes nocivos às plantas. São fungos, bactérias e outros microorganismos que hoje chegam a devastar milhares de hectares cultivados com alimentos todos os anos, que reduzem a produtividade. Assim, é estratégico para a sustentabilidade da agricultura brasileira o conhecimento dos impactos das mudanças climáticas globais sobre os problemas fitossanitários.

## CONDIÇÕES REAIS

No artigo “Rede de sensores sem fio para monitoramento e controle de processos em ambiente agrícola”, publicado no livro “*Agricultura de Precisão Um novo Olhar*”\*, os pesquisadores André Torre-Neto, da Embrapa Instrumentação, e Raquel Ghini, da Embrapa Meio Ambiente, lembram que experimentos conduzidos em ambientes controlados auxiliam na elucidação de efeitos isolados. Mas, em geral, são limitados, por não refletirem as respostas das plantas nas condições reais de campo.

Segundo os pesquisadores, a “busca por condições mais realistas tem levado ao uso de câmaras de topo aberto (*Open-top chambers*, OTCs) ou



experimentos com emissão de CO<sub>2</sub> a céu aberto (*Free Air Carbon-dioxide Enrichment*, FACE)”, descritos no artigo. O experimento FACE não é propriamente novo. Europeus e norte-americanos adotam o método há décadas, mas o primeiro FACE da América Latina, como visto, é o instalado no campo experimental da Embrapa Meio Ambiente. O link para o artigo está em Navegue, no final desta matéria.

\* Livro editado pela Embrapa Instrumentação



[www.io9.com/5989440/report-global-temps-are-the-highest-theyve-been-in-4000-years](http://www.io9.com/5989440/report-global-temps-are-the-highest-theyve-been-in-4000-years) Aumento da Temperatura da Terra

[www.revistapesquisa.fapesp.br/2012/08/10/o-cardapio-dos-proximos-anos/](http://www.revistapesquisa.fapesp.br/2012/08/10/o-cardapio-dos-proximos-anos/) mudanças climáticas e seus impactos no agronegócio e ações da pesquisa

[www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/climapest](http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/climapest) projeto Climapest

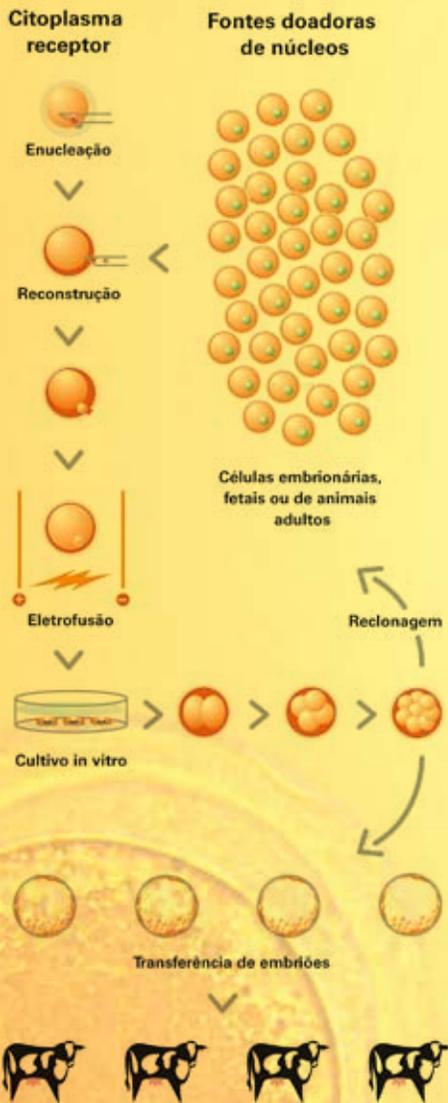
[www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2/laboratorio-nacional-de-agricultura-de-precisao/livro-agricultura-de-precisao-um-novo-olhar/2.11](http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2/laboratorio-nacional-de-agricultura-de-precisao/livro-agricultura-de-precisao-um-novo-olhar/2.11)

Rede de sensores sem fio para monitoramento e controle de processos em ambiente agrícola

# CLONAGEM

por Jorge Duarte

## Clonagem Animal



Clonar significa obter artificial e assexuadamente uma cópia genética de outro ser. Na agricultura não é novidade. A palavra clone tem origem no grego *broto de vegetal*. Para conseguir um clone de cana-de-açúcar, por exemplo, basta pegar um pedaço e plantar. A novidade, com o nascimento da ovelha Dolly, em 1996, foi a possibilidade de copiar um animal vivo e, se encontrada uma célula viva e com o DNA intacto, até um animal extinto. Hoje, cientistas de todo o planeta buscam avançar nas técnicas de clonagem para garantir que elas cheguem ao sistema produtivo com eficiência e segurança.

O Brasil domina a técnica de clonagem desde 2001. Naquele ano nasceu a vaca Vitória, na fazenda Sucupira, da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em Brasília. Avançando nas pesquisas, cientistas da Empresa, logo depois, deram origem em laboratório às vacas Lenda e Porã. Lenda veio de um animal adulto e morto, algo muito mais difícil, e Porã é rara também por ser da raça Junqueira, em extinção. Todas já deixaram descendentes absolutamente normais.

O conhecimento foi disseminado e hoje é possível pedir a um dos (poucos, na verdade) laboratórios especializados no País o clone de um animal sob risco de extinção, de um reprodutor excepcional ou de uma fêmea altamente produtiva. Cerca de 100 animais já foram copiados em laboratório com a

técnica de transferência nuclear a partir de células retiradas geralmente da pele, o método adotado pela Embrapa. Um grande passo foi dado – o domínio da técnica – mas o próximo precisará ser um salto duplo – a estabilidade em nível alto das taxas de sucesso e a conquista da transgenia animal.

Para a clonagem animal, é necessário, essencialmente, fundir uma célula inteira de um animal com um óvulo sem o material genético original do animal doador desse óvulo. A célula é chamada de doadora de núcleo (DNA) e o óvulo, de citoplasma receptor. Ao final do processo, obtém-se uma cópia perfeita do animal doador da célula, gerada por uma mãe de aluguel. O problema é que, na maioria das vezes, não dá certo. São necessárias muitas tentativas para se obter um clone. Até a ovelha Dolly nascer foram 276 experimentos frustrados. Desde então, os índices não evoluíram muito e o padrão mundial está em torno de 5% de sucesso.

Para iniciar o processo de geração de um clone, os pesquisadores da Embrapa recolhem um pedaço de pele do animal de interesse, geralmente debaixo do rabo, região que não recebe radiação solar e, portanto, com pouca chance de ter sofrido mutação. O pedaço vai para o laboratório e, paralelamente, retira-se o núcleo do óvulo de outro animal, já que a célula receptora (óvulo) deve estar limpa dos cromossomos (onde estão os genes) que forne-



ceriam informações hereditárias – no caso, indesejáveis.

Na fecundação natural, um animal nasce com marcas no DNA vindas de dois gametas fundidos (espermatozoide e óvulo). Na clonagem, só há informação genética de um único animal e o resultado será a sua reprodução exata. Para isso, o núcleo (e, com ele, o código genético) da célula-matriz originária vinda do pedaço de pele é colocado por meio de impulsos elétricos no lugar do núcleo do óvulo (célula-receptora) e ambos se misturam. O DNA introduzido definirá o desenvolvimento da célula-receptora, originando células sanguíneas, musculares, do cérebro e assim sucessivamente iguais ao animal original. É a chamada transferência nuclear – o óvulo “limpo”, e sem identidade, foi enucleado. Com as informações originárias da célula-matriz, ele vira embrião em até uma semana. Só então vai para o útero da mãe de aluguel. Muita coisa pode falhar nesse processo – o que geralmente acontece.

O problema de pesquisa é manter exatamente algumas marcas específicas no DNA da célula, eliminando outras, para que o DNA de uma célula “velha” possa agora comandar o surgimento de um novo ser. As substâncias usadas e em teste para a limpeza dessas marcas nem sempre funcionam bem e podem causar problemas em alguma parte do processo durante a pós-fusão, no desenvolvimento do embrião. Essas marcas, chamadas epigenéticas (e que irão controlar o DNA), acabam não se estabelecendo corretamente e fazem o embrião ativar genes que não deveriam ser acionados e desligar alguns que deveriam ser despertados. E se as marcas não ficam perfeitamente organizadas, cumprindo o papel previsto e

interagindo bem, o DNA não comanda o surgimento de uma célula perfeita ou esta reage de forma imprevista.

“Hoje, iniciamos 100 processos para obter cinco clones. O índice é muito baixo. Precisamos aumentar”, explica Maurício Franco, da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, líder de um dos grupos da Embrapa que atua com clonagem. Grande parte dos fracassos é identificada em laboratório, mas anormalidades também surgem durante a gestação. Em 2012, foram transferidos cerca de 200 embriões. Muitas vezes foram 15 horas por dia de trabalho, movimentando mais de uma dezena de especialistas. Dos procedimentos iniciados, apenas dois resultaram em animais chegando ao parto. Depois de um monitoramento intensivo e uma gestação absolutamente normal, ambas as bezerras morreram logo após o nascimento. Ele cita em especial o segundo caso. “Não respirou. Era um clone fêmea, clone de um clone de um animal morto, a Lenda. Quase conseguimos”. Além da frustração, restou a Maurício maior conhecimento sobre o processo e uma cicatriz no dedo, resultado da tentativa de salvar a bezerra.

O aumento do patamar de sucesso em clonagem facilitaria a obtenção de animais geneticamente modificados que possam ser incorporados aos sistemas de produção com eficiência e segurança. Isso garantiria a qualidade esperada do animal clonado com o acréscimo de características especiais como resistência a doenças, maior produção ou capacidade de gerar alimento mais nutritivo ou de importância medicinal – uma verdadeira fábrica viva de um elemento essencial e raro para o ser humano. No processo de transgenia, introduz-se o DNA originário de outra espécie

no DNA de uma célula do bovino. Assim, uma vaca poderia, por exemplo, produzir leite com hormônio do crescimento humano. E esse é o desafio seguinte nas pesquisas da Embrapa, produzir um clone que também seja transgênico. O objetivo, a médio prazo, são animais com capacidade, entre outras, para atuar como biofábricas de medicamentos e alimentos para controle de doenças. Hoje, pesquisadores da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em parceria com cientistas da Coreia do Sul, buscam gerar animais transgênicos que produzam proteínas para serem usadas no tratamento de doenças humanas.

Nos últimos anos foi possível obter um extraordinário conhecimento científico, mas, para dar o salto, ainda será necessário muito esforço. Os pesquisadores da Embrapa, como os cientistas no mundo todo, continuam buscando alternativas em um processo que é caro e complexo. “Tivemos um avanço enorme nos últimos 20 anos. Os próximos serão mais lentos. Isso gera angústia porque não teremos novidades sempre. Quando identificarmos uma solução, provavelmente favoreceremos a clonagem em outras espécies”, disse Maurício Franco, enquanto preparava sua viagem para a Inglaterra. Ele identificou, em estudos sobre doenças humanas, problemas semelhantes aos enfrentados para reprogramar células durante a clonagem. “As marcas são as mesmas, mas em lugares diferentes. O processo é muito parecido”, explicou. Como existe muita informação científica sobre a área humana, durante um ano ele vai se debruçar sobre o assunto num dos centros mais avançados em estudos sobre o tema para voltar com alternativas promissoras. •

# AGROPENSA

por **Geraldo B. Martha Jr.**



**Geraldo B. Martha Jr.**

Pesquisador da Embrapa Estudos e Capacitação, é o Coordenador-Geral do Sistema Embrapa de Inteligência Estratégica (Agropensa)

**Campos de atuação:**

Dinâmica de uso da terra e implicações para o desenvolvimento regional, análise de custos de produção e risco em sistemas agropecuários, políticas agrícolas.

Os investimentos em pesquisa e inovação nas últimas décadas, traduzidos em ganhos continuados de produtividade setorial, têm sido uma das principais forças motrizes para a expansão da produção agropecuária brasileira. Esses ganhos de produtividade permitiram que mais de 60% do território nacional permanecesse preservado. Ademais, o crescimento da produção a taxas maiores do que a demanda contribuiu efetivamente para a queda expressiva nos preços reais das commodities agrícolas ao consumidor, reduzindo pressões inflacionárias e, pelo efeito renda da demanda, dinamizou outros setores da economia. O agro brasileiro continua a descobrir e a reafirmar oportunidades para alavancar ciclos virtuosos de desenvolvimento, criando novas junções e possibilidades de geração de emprego, renda e agregação de valor, como nas cadeias da bioenergia e química verde.

Esses feitos da cadeia de valor agropecuária, nos últimos 40 anos, e a realização das ambiciosas expectativas para as décadas futuras – aumento da representatividade no comércio global sem comprometimento do abastecimento interno – reforçam sua enorme dependência em conhecimento e tecnologias. Estes são cruciais para aumentar a competitividade das exportações, a produtividade do trabalho e a eficiência dos processos, cada vez mais complexos e demandantes de menor impacto ambiental (adoção de tecnologias "poupa-recursos") e restritos a uma expansão de área limitada.

Nesse contexto, é preciso ampliar os esforços para, sistematicamente, se coletar, analisar e disseminar informações sobre tendências gerais dos mercados e possíveis trajetórias

do processo de inovação e suas implicações para o agronegócio. Tal capacidade é essencial para o suporte à construção de políticas públicas, para o subsídio à tomada de decisão, em vários níveis, e para o atingimento de metas estratégicas do agronegócio brasileiro que, fechando o ciclo, sejam sustentadas por uma robusta capacidade de antecipação de estratégias.

A Embrapa, sensível a esta visão, instituiu, em dezembro de 2012, o Sistema Agropensa, que é parte da estratégia da Empresa para responder aos grandes desafios tecnológicos da agropecuária nacional nas próximas décadas. O Sistema Agropensa consiste em três grandes componentes – Observatório de Estudos e Tendências; Análises e Estudos; Estratégias. O Sistema Agropensa, operando em rede com atores e agentes internos e externos à Embrapa, auxiliará no delimitamento de cenários prospectivos e na identificação de tendências do setor agropecuário por meio da coleta, organização e análise de informações relevantes. O conhecimento gerado e difundido nos diferentes meios de comunicação contribuirá para o processo decisório e para o planejamento da Embrapa, com externalidades positivas para os parceiros da Empresa e para a sociedade de modo mais amplo.

Ainda que seja importante reconhecer que há muito o que se fazer, é inegável que o País avança na estratégia de pensar o futuro da sua agropecuária. O Agropensa, com o engajamento do quadro da Embrapa e de parceiros externos, pode significar uma boa semente plantada em solo brasileiro. Como lembrou Eliseu Alves, ex-presidente da Embrapa, “ver o longo prazo é difícil, ignorá-lo é suicídio”. •



Acesso à  
Informação

# Acesso à informação um direito de todos

O Serviço de Informação ao Cidadão (SIC) da Embrapa está disponível.  
É o compromisso com a transparência pública.

*Por meio do SIC você tem acesso às informações das ações e programas desenvolvidos pela Embrapa e tem conhecimento também dos processos de auditoria, demonstrações contábeis, convênios realizados, despesas executadas e muito mais.*

Para acompanhar a gestão pública na Embrapa

- *acesse [hotsites.sct.embrapa.br/acessoainformacao](http://hotsites.sct.embrapa.br/acessoainformacao)*
- *envie um e-mail para [sic@embrapa.br](mailto:sic@embrapa.br)*
- *ligue para (61) 3448-1960 / 3448-1961*
- *visite-nos na Embrapa Sede, Térreo*

Ciência que transforma a vida



Conheça as tecnologias que  
ajudaram a transformar o Brasil:  
[www.embrapa.br/40anos](http://www.embrapa.br/40anos)



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

