

Órgãos públicos de pesquisa e o desenvolvimento agrário no Brasil: como a Embrapa conseguiu ser bem-sucedida?*

Paulo Correa e Cristiane A. J. Schmidt

Um dos eventos mais extraordinários que ocorreu no Brasil nos últimos 30 anos foi a “revolução agrícola”. Na década de 1970, a escassez de alimentos era um risco real num país que passava por uma rápida urbanização e que expandia a sua classe média. Uma das iniciativas do governo para lidar com a estagnação do setor agrícola e a escassez de alimentos foi a

criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que nos últimos 30 anos conseguiu adaptar, criar e transferir tecnologias para os agricultores brasileiros, ajudando a transformar o Brasil em um dos maiores exportadores de alimentos do mundo. Entender as razões de êxito da Embrapa e se é possível replicar esse modelo são as questões a serem exploradas neste texto.

Paulo Correa é economista-principal e gerente interino na Unidade de Tecnologia da Inovação e Empreendedorismo da Prática Global de Desenvolvimento do Setor Privado e das Finanças, no Banco Mundial.

Cristiane Alkmin Junqueira Schmidt é mestre e doutora em economia pela EPGE-FGV e foi *visiting scholar* na Universidade de Columbia. É professora e coordenadora nos programas de MBA da FGV e da Universidade de Manchester e economista do Itaú.

* Este artigo foi financiado pelo LAC-2013 Innovation Beam e preparado em maio-junho de 2013, sob a supervisão de Esperanza Lasagabaster e Marialisa Motta. Os autores agradecem a Braz Henrique Nunes Rodrigues, Cláudio Takao Karia, Domingo Heroldo, Rudolfo C. Rinhardt, Eduardo Riedel, Filipe Geraldo de Moraes Teixeira, Felipe Teixeira, Gervasio Castro de Rezende, José Renato Faria, Paulo Roberto Galerani, José Roberto Rodrigues Peres e Marcos Esteves por suas valiosas contribuições para este texto. Um agradecimento especial para Eliseu Roberto de Andrade Alves e José Roberto Mendonça de Barros por sua valiosa colaboração e *insights*. Os autores também são gratos a Gregory V. Wolf, Erick Fernandes, Mark Dutz, Mark Roland Thomas, Otaviano Canuto, Willem Janssen e a dois revisores anônimos pelos comentários às versões anteriores deste artigo. Morten Seja foi o assistente de pesquisa.

De fato, a modernização da agricultura brasileira resultou da convergência de, pelo menos, três fatores. Um deles diz respeito à característica da produção, que exige grandes propriedades para aproveitar as economias de escala e uma operação integrada vertical e horizontalmente.¹ O bom funcionamento dos mercados de terras aráveis, assim, permitiu o surgimento destas grandes unidades agrícolas integradas. Outro fator importante foi a liberalização do comércio, que reduziu substancialmente os preços dos insumos agrícolas (herbicidas, pesticidas, inseticidas, fertilizantes, tratores e outros). Por fim, como um terceiro fator relevante, foi a criação da Embrapa, uma resposta do governo à escassez de alimentos e aos crescentes desequilíbrios macroeconômicos, devido às importações de bens agrícolas.²

Criada em 1973 como um órgão de pesquisa agrícola vinculado ao Ministério da Agricultura, a Embrapa foi quase integralmente financiada por recursos do governo brasileiro. Tendo o claro objetivo de recuperar e fortalecer o setor agrícola, a Embrapa desenvolveu e transferiu mais de 9 mil tecnologias aos agricultores brasileiros, criou mais de 350 cultivares³ e obteve mais de 200 patentes internacionais. Dentre as principais contribuições da Embrapa para o desenvolvimento agrícola, encontram-se as seguintes:

- as técnicas de “calcário agrícola”, que transformaram o solo ácido do cerrado brasileiro em terras aráveis, neutralizando os níveis de pH do solo. O cerrado – um bioma que abrange cerca de 22% da superfície do Brasil –, por isso, passou a ter baixo custo marginal, o que possibilitou a expansão da agricultura a preços internacionalmente competitivos;

- as técnicas de hibridação, que promoveram o desenvolvimento de variedades de soja mais tolerantes aos solos ácidos do cerrado e com um ciclo de vida até 12 semanas mais curto do que o da planta comum, permitindo duas colheitas por ano;

- o desenvolvimento de sementes de algodoeiro adaptadas às condições tropicais semiúmidas, que possibilitou a obtenção de rendimentos mais elevados por hectare (triplicados entre 1983 e 2010) e que igualou a qualidade de fibra à do produto importado. Isso representou uma reviravolta importante para este setor, que empregava grandes contingentes de mão de obra não qualificada e que sofria de baixa produtividade, de doenças das plantas e da concorrência internacional.

Nas décadas seguintes à criação da Embrapa, de 1980 a 1990, os ganhos de produtividade agrícola no Brasil estiveram estreitamente relacionados à melhoria do conhecimento

da agricultura tropical e à sua efetiva utilização pelos agricultores locais. As novas tecnologias da Embrapa foram construídas com base nesses avanços de pelo menos duas maneiras. Em primeiro lugar, elas permitiram a expansão das atividades agrícolas e pecuárias para o cerrado brasileiro, uma das maiores reservas de terras cultiváveis no mundo. Esse processo ajudou a manter o custo marginal da terra baixo e o crescimento da produção agrícola brasileira em termos internacionalmente competitivos. Em segundo lugar, o desenvolvimento das sementes que seriam mais adequadas às condições do clima tropical (e ao solo do cerrado) ajudou a aumentar a produtividade da terra para uma série de culturas, especialmente aquelas cultivadas originalmente em regiões de clima temperado.

Até o final dos anos 2000, o setor agrícola brasileiro não só atendeu às necessidades de consumo do país em meio à forte redução da pobreza, como também estava liderando os mercados globais de bens agrícolas e pecuários (como o café, o açúcar, o suco de laranja, a carne bovina e a de aves). Segundo alguns pesquisadores, o desenvolvimento da agricultura no Brasil também teve grandes impactos em termos de inclusão social (Bonelli, 2002).

A experiência bem-sucedida da Embrapa contrasta com o

¹ Em termos do tamanho e da eficiência da propriedade, Helfand & Levine (2004) localizam uma curva em forma de U com eficiência decrescente até aproximadamente 500 ha e, a seguir, uma eficiência crescente até 10,000-20,000 ha.

² Rada & Valdes (2012) estimam, por exemplo que cada 1% de aumento no investimento em pesquisa acumulada da Embrapa aumenta a produtividade das fazendas mais eficientes em 0,2%. Estima-se que nas grandes fazendas, que foram capazes de aproveitar as economias de escala, as melhorias de produtividade são particularmente pronunciadas.

³ Cultivares são sementes novas, cujo desempenho é aperfeiçoado graças a uma melhor adaptação a condições climáticas e de solo específicas (condições edafoclimáticas).

Perseguindo um sistema de inovação aberta e uma política de Direitos de Propriedade Intelectual no setor agrícola, a Embrapa facilitou a transferência de tecnologia, a difusão de novos cultivares e o registro de patentes internacionais

desempenho de outros institutos públicos de pesquisa agrícola nos países em desenvolvimento, que tentam não só gerar pesquisas de alta qualidade, mas, sobretudo, transferir tecnologia para os agricultores de forma eficaz. Ela também contrasta com o desempenho esperado de outras organizações públicas vinculadas ao Poder executivo e financiadas essencialmente por recursos públicos. Na maioria dos casos essa estrutura de governança conduz ao fracasso em termos de resultados para a sociedade. Por que a Embrapa teve sucesso, enquanto outros órgãos de pesquisa fracassaram? Sua experiência pode ser replicada? Com relação à primeira pergunta, este texto argumenta que o sucesso da Embrapa se deve, sobretudo, a cinco fatores. São eles:

i) Níveis adequados de financiamento público e vantagem competitiva no setor agrícola. Os gastos da Embrapa nos últimos 20 anos, em torno de 1% do Produto Interno Bruto (PIB) agrícola do Brasil, são perfeitamente compatíveis com os dados relativos aos gastos públicos em pesquisa agrícola e desenvolvimento (P & D) em países mais desenvolvidos, como o Canadá, os Estados Unidos e a Austrália (respectivamente 1,2%, 1,4%, e 0,8 %, para 2006-2009). Além disso, o país já vinha sendo explorado pelo setor privado de forma relativamente exitosa para a época, ainda que desorganizada;

ii) O investimento sustentado em capital humano. Entre 1974 e 1982, 20% do orçamento da Embrapa foram investidos na educação e na formação dos seus colaboradores. Atualmente,

3/4 dos 2.000 pesquisadores da Embrapa são portadores do título de doutor;

iii) A colaboração internacional e a excelência em pesquisa. Desde o início, os pesquisadores foram recrutados em renomadas universidades, estabelecendo um alto padrão de excelência em pesquisa. Além disso, a Embrapa reforçou as suas ligações internacionais através da criação de “laboratórios virtuais no exterior” em três continentes, visando a institucionalizar a geração e o intercâmbio de conhecimento;

iv) Orientação para seguir a “missão institucional” e a política de direitos de propriedade intelectual (DPI). A Embrapa foi criada com “a missão de fornecer soluções viáveis para o desenvolvimento do agronegócio brasileiro por meio de geração e transferência de conhecimento e tecnologia”. A pesquisa orientada pela curiosidade foi desencorajada, empregando-se a pesquisa agrícola para resolver os problemas concretos enfrentados pelo setor agrícola brasileiro. Perseguindo um sistema de inovação aberta e uma política de DPI no setor agrícola, a Embrapa facilitou a transferência de tecnologia, a difusão de novos cultivares e o registro de patentes internacionais. Sua política de direitos de propriedade intelectual – que favoreceu o bem-estar social, ao invés de beneficiar apenas as empresas – permitiu que novas tecnologias fossem distribuídas com apenas os custos de produção;

v) Gestão eficiente. A cultura da Embrapa em não só pesquisar

sobre assuntos demandados pelo agricultor brasileiro, mas focar, também, na transmissão efetiva do conhecimento ao produtor. Para isso, a Embrapa descentralizou suas agências, remunerou seus funcionários de forma meritocrática e monitorou todo o processo de implementação da tecnologia (pesquisa, transmissão do conhecimento e aconselhamento ao produtor), para maximizar a probabilidade de sucesso. Isto tudo, mantendo independência política nos seus quadros.

Concernente à segunda pergunta: reproduzir o sucesso do modelo da Embrapa em outros países em desenvolvimento requer:

- que os princípios norteadores para a concepção de tal órgão sejam respeitados;
- que o desenvolvimento agropecuário seja consistente com as vantagens comparativas do país. Seria incorreto, portanto, supor que replicar a experiência da Embrapa em um contexto diferente levaria a resultados semelhantes.

TECNOLOGIA E PRODUTIVIDADE NA AGRICULTURA DO BRASIL

Esta seção apresenta três estudos de caso. O primeiro destaca a transformação do solo do cerrado, em um ocioso e potencialmente arável para outro, altamente produtivo e competitivo em termos internacionais. Os

outros dois casos dizem respeito à introdução de novas sementes de soja e algodão, que foram adaptadas às características locais de solo e ao clima, elevando a produtividade da terra dessas culturas.

Transformando o cerrado em terra arável

O cerrado ocupa uma área de 2 milhões de quilômetros quadrados na região central do Brasil, o equivalente a aproximadamente 22% da área total do país. É o segundo maior bioma brasileiro, superado apenas pela Amazônia (Mapa 1, na página seguinte). Até o início dos anos 1970, o cerrado era usado principalmente para atividades de baixa produtividade, como a pecuária extensiva. Durante este período, a agricultura comercial no Brasil, principalmente as culturas de grãos, localizava-se principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo. No final da década, no entanto, o aumento do preço da terra nos estados do sul tornou o cultivo de lavouras que utilizam a terra de forma intensiva, como os grãos, cada vez mais inviável do ponto de vista comercial.⁴ A expansão da agricultura para o cerrado foi uma opção natural para os agricultores do sul, devido à disponibilidade e aos preços da terra e ao seu clima em geral.⁵ O problema, no entanto, era o solo, extremamente pobre em nutrientes e muito ácido, características que o tornavam impróprio para a agricultura comercial.

Para reduzir a toxicidade do solo, a Embrapa empregou uma técnica chamada de calcário agrícola, um processo em que são vertidas grandes quantidades de cal industrial sobre o solo para reduzir os níveis de acidez. Em 1990, entre 14 e 16 milhões de toneladas de cal foram espalhadas nos campos brasileiros. A Embrapa também desenvolveu variedades de rizóbio, uma bactéria que ajuda a fixar o nitrogênio em leguminosas (como a soja), especificamente adaptado ao solo do cerrado, reduzindo assim a necessidade de fertilizantes. A empresa cruzou uma grama africana chamada braquiária com uma grama nativa do cerrado, dando origem a uma variedade que produziu 20-25 toneladas de ração de grama por hectare, rendimento muitas vezes superior ao da grama nativa e três vezes maior que o registrado na África. Isso permitiu que partes do cerrado fossem transformadas em pastagens de alto rendimento, ajudando a reduzir o tempo médio necessário para levar um animal para o abate de quatro anos para 18-20 meses, expandindo a pecuária de corte no Brasil e ampliando a competitividade internacional das exportações brasileiras de carne bovina.⁶ Outras soluções técnicas importantes promovidas pela Embrapa incluem a promoção da recuperação do solo, o cultivo mínimo, e a integração da lavoura com a pecuária.

⁴ Por exemplo, em 1977–1979, o preço de um hectare de terra arável nos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná era cerca de três e seis vezes mais elevado, respectivamente, do que em Mato Grosso (ver Rezende [2002]).

⁵ As condições climáticas são especialmente apropriadas para o algodão; a temperatura estável permite uma estação de crescimento mais longa, a topografia é adequada à mecanização e os padrões pluviométricos são apropriados às culturas de verão.

⁶ As variedades de grama nativas do cerrado apresentavam baixo rendimento, o que reduzia a produtividade da criação de gado. Recentemente, a Embrapa deu início a experimentos para modificar geneticamente a braquiária, no intuito de produzir uma variedade de folhas maiores, chamada braquiarião, que promete aumentos de rendimento ainda mais significativos.

Como a disponibilidade de terras para a expansão agrícola declinou nos EUA e Argentina, o cerrado do Brasil tornou-se um dos terrenos marginais mais produtivos em todo o mundo

Mapa 1
CERRADO NO BRASIL



Fonte: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

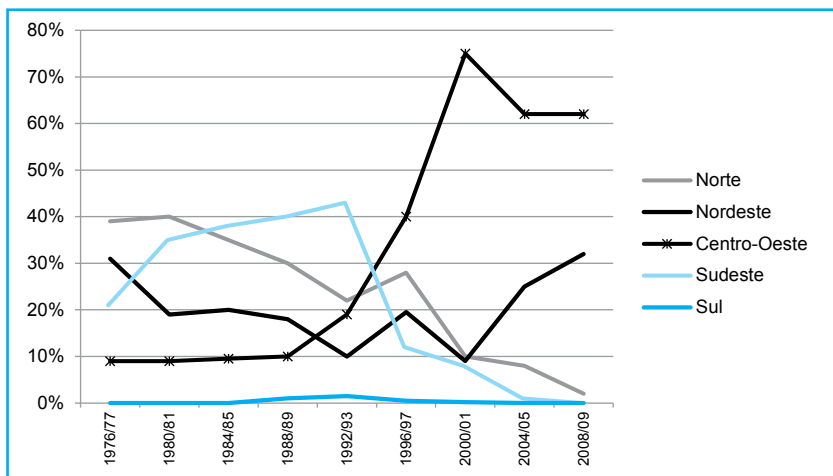
Ao aumentar a fertilidade do cerrado, a Embrapa liberou para o cultivo uma das maiores reservas de terras cultiváveis no mundo. Isso, por sua vez, ajudou a manter baixo o valor marginal da terra e o custo das exportações agrícolas brasileiras competitivas no mercado internacional. O centro-oeste dos Estados Unidos e a Argentina ainda possuem terrenos mais produtivos para as culturas de clima temperado (como a soja). Porém, como a disponibilidade de terras para a expansão agrícola declinou nesses países, o cerrado do Brasil tornou-se um dos terrenos marginais mais produtivos em todo o mundo (Rezende, 2002). Assim, não causa surpresa o fato de cerca de 20% das terras no cerrado serem de propriedade

de investidores estrangeiros. O Gráfico 1 mostra o aumento espetacular da participação da região Centro-Oeste na produção agrícola nacional, passando de 10 % para 60-70 % em apenas uma década.

Embora as novas técnicas introduzidas pela Embrapa tenham desempenhado um papel importante no sucesso do agronegócio na região, outros fatores também tiveram impactos significativos, incluindo: (i) as condições geográficas favoráveis (uma topografia adequada aos padrões de mecanização e aos padrões de precipitação próprios às culturas de verão); (ii) a melhoria da infraestrutura de transporte; e (iii) os incentivos fiscais.⁷

⁷ Exemplos de programas governamentais para atrair migrantes de outras regiões incluíam o Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba (PADAP), o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (Polocentro) e o Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados (Prodecer).

Gráfico 1
DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA



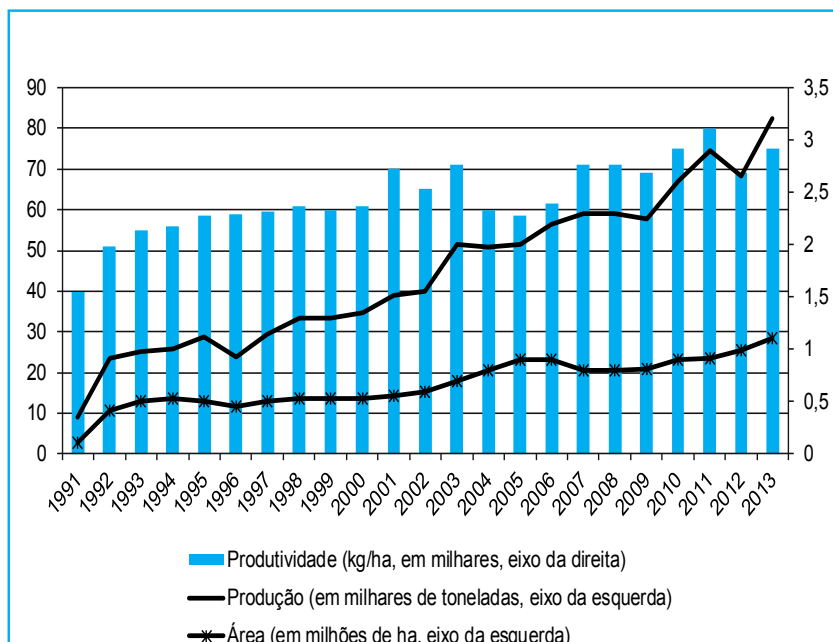
Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (Conab).

A colheita bianual de soja

A soja é nativa das regiões mais temperadas do nordeste da Ásia (Japão, a península da Coreia e o nordeste da China). Cultura de dia curto (e noite longa) é naturalmente mais adequada para se desenvolver em latitudes acima dos 30 graus. No Brasil, a produção de soja na região Sul, onde as condições

climáticas são similares àquelas das regiões temperadas, prosperou na década de 1960. Nas décadas que se seguiram, o subsetor de soja firmou-se como uma atividade central do agronegócio brasileiro. Os aumentos na área cultivada (de 1,3 para 8,8 milhões de hectares) e os ganhos incrementais de produtividade (de 1,14 para 1,73 toneladas/ha) acarretaram

Gráfico 2
PRODUÇÃO, PRODUTIVIDADE E ÁREA CULTIVADA DE SOJA



Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (Conab).

uma duplicação no volume de produção, de 1,5 milhão para mais de 15 milhões de toneladas, entre 1970 e 1980. Na década de 1970, a produção de soja concentrava-se nos estados do sul. Embora as terras mais baratas tenham tornado a região Centro-Oeste atraente, seu clima predominantemente tropical limitou a expansão do cultivo de soja na região do cerrado.

Como primeiro passo, além de introduzir técnicas gerais para reduzir a toxicidade do solo, como o calcário agrícola, a Embrapa promoveu o desenvolvimento de cultivares com melhor adaptação agrônômica para o clima tropical e maior tolerância aos solos ácidos do cerrado. Técnicas de hibridação acabaram provocando o desenvolvimento de variedades de soja com um ciclo de vida de oito a 12 semanas mais curto do que o da planta comum. O ciclo de vida encurtado permitiu a ocorrência de duas safras por ano. A Embrapa também desenvolveu cultivares mais resistentes a doenças como a cercosporiose, o cancro da haste, o oídio e a podridão vermelha da raiz, reduzindo as perdas de safras e os gastos com inseticidas, o que contribuiu para rendimentos mais elevados. A inoculação de sementes de soja com bactérias fixadoras de nitrogênio praticamente eliminou a necessidade de fertilizantes nitrogenados, acarretando uma economia de R\$ 7,5 bilhões por ano, de acordo com estimativas da Embrapa (*The Economist*, 2010).

O desenvolvimento de espécies de soja de fotoperíodo curto e o de rizóbios fixadores de nitrogênio representaram mudanças do jogo. A descoberta do período juvenil longo, que atrasa a floração em condições

A colaboração internacional, a transferência dos resultados da pesquisa e o desenvolvimento de projetos conjuntos de pesquisa e treinamento também desempenharam um papel dinâmico na capacidade da Embrapa para obter resultados eficazes

de dias curtos, foi a maior inovação nos últimos tempos para o melhoramento genético da soja no Brasil.⁸ A segunda safra ampliou significativamente a produtividade da terra na indústria da soja, atingindo uma média de cerca de 2,75 toneladas/ha em 2006-2010 (Gráfico 2). Em 2013, mais de 70 % da produção total de soja foram gerados no cerrado.

A recuperação da indústria do algodão

Até meados dos anos 1980, a cultura do algodão brasileiro, concentrada nas regiões Sul e Sudeste, foi caracterizada pela baixa produtividade. Naquela época, a emergência da praga do bicudo atingiu duramente o setor. Além disso, a partir de 1990, a liberalização do comércio aumentou significativamente a concorrência das importações. Estes dois eventos combinados tiveram efeitos devastadores: a produção de algodão diminuiu em quase um milhão de toneladas em 1981 para 420.000 toneladas em 1992, enquanto as áreas cultivadas foram reduzidas de 4,1 milhões de hectares em 1981 para 1,3 milhão de hectares em 1995. A crise do algodão teve impactos tanto econômicos quanto sociais, dada a importância do setor para o emprego de trabalhadores pouco qualificados. A resposta da Embrapa foi começar a trabalhar no desenvolvimento e na adaptação de sementes de algodoeiro no estado de Mato Grosso, o coração do cerrado brasileiro.

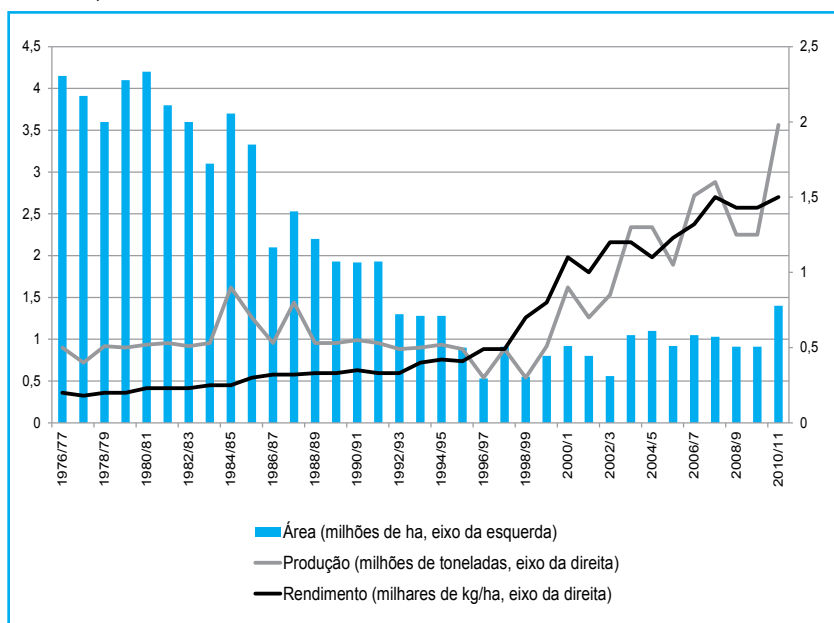
As condições climáticas do cerrado são geralmente favoráveis ao cultivo de algodão.

As temperaturas em Mato Grosso situam-se numa faixa estreita – 23-28°C – ao longo do ano. O resultado é uma estação de crescimento longa, de até 210 dias, dependendo da duração das chuvas de monção. De outubro a março, a precipitação mensal varia de quatro a oito polegadas, caindo para praticamente zero em julho, o mês de pico da colheita. A combinação de chuvas regulares durante todo o período de crescimento com solos arenosos e bem drenados significa que os rendimentos de algodão no cerrado superam os rendimentos irrigados em muitas partes do mundo. A quase ausência de chuva durante a colheita minimiza os danos às lavouras e os solos bem drenados implicam que o trabalho no campo raramente é impedido pela chuva. Uma desvantagem do clima é a falta de um período de frio para ajudar a matar as pragas de colheita. Como resultado, os gastos com inseticida por hectare estão entre os mais elevados do mundo.

O desenvolvimento da semente CNPA ITA 90 aumentou os rendimentos do algodão e tornou a qualidade da fibra equivalente à do produto importado, dando início à expansão do seu cultivo no cerrado. As primeiras experiências no chapadão dos Parecis foram estendidas para o sul do Mato Grosso e recebeu o apoio da Fundação Mato Grosso, que passou a incentivar a adoção do algodão em todo o cerrado no estado. A pesquisa foi financiada por programas como o Fundo de Apoio à Cultura do Algodão (Facual), o

⁸ A Embrapa produziu o mais extenso programa de melhoria da soja nos trópicos, em âmbito mundial, desenvolvendo períodos juvenis mais longos.

Gráfico 3
PRODUÇÃO, ÁREA E RENDIMENTO DA INDÚSTRIA DE ALGODÃO DO BRASIL, 1976-2011



Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (Conab).

Fundo de Incentivo à Cultura do Algodão (Fialgo), o Fundo para o Desenvolvimento do Agronegócio do Algodão (Fundegro) e a Pluma, e programas de melhoria de qualidade regionais do algodão, como o Programa de Incentivo à Cultura do Algodão de Mato Grosso (PROALMAT), o Programa de Incentivo ao Produtor de Algodão de Goiás (PROALGO) e o Programa de Incentivo à Produção de Algodão da Bahia (PROALBA). O Gráfico 3 mostra a notável reviravolta na produção de algodão do Brasil: em 2010, a produção de algodão havia atingido níveis anteriores à crise, e apesar de a área cultivada ter permanecido essencialmente inalterada, os rendimentos da terra, de 1.500 kg/ha, foram três vezes maiores. De fato, a produtividade do setor de algodão brasileiro passou a ser a terceira maior

do mundo, depois de Israel e da Austrália. Atualmente, a maior parte da produção de algodão encontra-se fora das regiões Sul e Sudeste, em Mato Grosso e na Bahia, dentro da vasta área do cerrado. Esses dois estados são responsáveis por mais de 90% da produção de algodão do Brasil (ICAC 2011).

FATORES QUE CONTRIBUEM PARA O DESEMPENHO DA EMBRAPA: ALGUMAS HIPÓTESES

Esta seção explora os fatores que contribuem para a Embrapa ser capaz de desenvolver e transferir novas tecnologias para o setor agropecuário brasileiro, contribuindo, de forma eficaz, para o aumento da produtividade agrícola. A

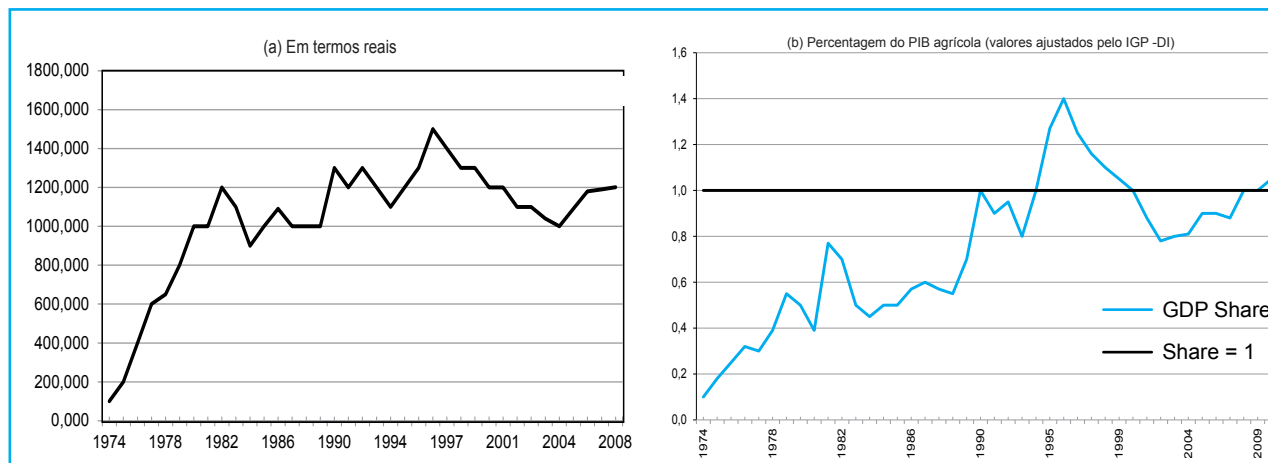
produtividade em pesquisa (a geração de pesquisa de excelência em um prazo razoável e com custos razoáveis) e a relevância para o mercado são os desafios comuns enfrentados por organizações públicas de pesquisa como a Embrapa. Outro desafio é a eficiência na transferência de tecnologia – ou seja, a transferência de tecnologia realizada em um curto período de tempo e com custos acessíveis para os produtores. Como a Embrapa aborda essas questões e o faz corretamente? Quatro fatores principais têm contribuído para o desempenho da Embrapa: (i) financiamento público adequado; (ii) investimento sustentado em capital humano; (iii) colaboração internacional e excelência da pesquisa; e (iv) orientação pela missão e política de direitos de propriedade intelectual.

Financiamento público adequado em um setor com vantagem comparativa

A atribuição, por parte do governo federal, do financiamento necessário por um período suficientemente longo foi um fator fundamental para o sucesso. Os recursos do governo federal representam até 95 % do orçamento total da Embrapa.⁹ O Gráfico 4a mostra o investimento realizado pelo governo brasileiro, de forma sustentada e crescente, na empresa entre 1974 e 2008. É particularmente digno de nota o rápido crescimento dos gastos da Embrapa no estágio inicial (1974-

⁹ Organizações internacionais – tais como a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (Food and Agriculture Organization - FAO), o Banco Mundial e o Banco Interamericano de Desenvolvimento – contribuíram regularmente para o orçamento. Contudo, desde o início, a maior parte do orçamento da Embrapa provém de dotações governamentais. Por exemplo, o Projeto de Apoio ao Desenvolvimento de Tecnologia Agropecuária para o Brasil (PRODETAB), que foi cofinanciado pelo Banco Mundial, contribuiu em cerca de 1% das despesas em P & D no Brasil (ver Pardey, Alston & Piggott [2006, 276]).

Gráfico 4
ORÇAMENTO DO BRASIL



Fonte: Embrapa.

1982), quando foram necessários investimentos importantes. A queda registrada entre 1997 e 2002 foi muito influenciada pelos ajustes macroeconômicos do Plano Real, programa de estabilização econômica introduzido no Brasil em julho de 1994, que conseguiu reduzir a inflação dos níveis extremamente elevados que então prevaleciam.¹⁰ Os cortes no orçamento da Embrapa foram muito menos pesados do que os impostos a outros órgãos públicos. No entanto, de fato, em um período de desequilíbrios macroeconômicos e políticas fiscais restritivas, é revelador que o orçamento da Embrapa não tenha oscilado muito. Os gastos retomaram uma tendência crescente em 2003, e o orçamento de 2008 foi um dos quatro maiores durante o período 1974-2008.

O Gráfico 4b ilustra a evolução do orçamento da Embrapa em relação ao PIB agrícola. Os gastos aumentaram de menos de 0,2% do PIB agrícola em 1974 para cerca de 1% em

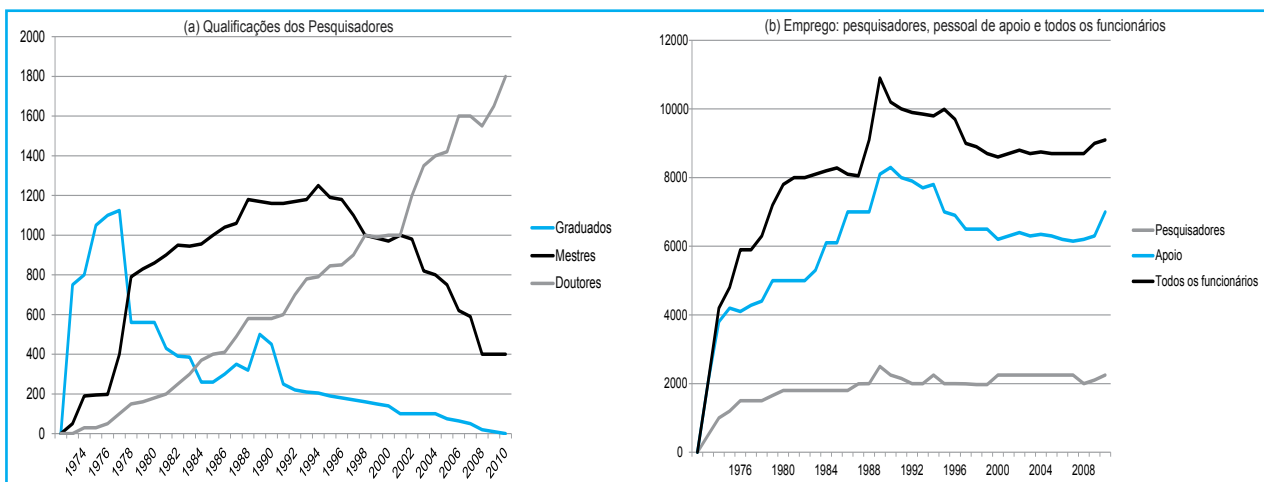
1990, atingindo um pico de 1,4% em meados de 1990. Os gastos da Embrapa desde 1990, de cerca de 1% do PIB agrícola, equivalem aos dados sobre os gastos públicos em P & D agrícola em países mais desenvolvidos, como o Canadá, os Estados Unidos e a Austrália (respectivamente 1,2%, 1,4% e 0,8%, para 2006-2009).

O investimento sustentado em capital humano

A política de recursos humanos da Embrapa de desenvolver agressivamente a capacidade de seus pesquisadores é outra razão para o seu sucesso. O Gráfico 5a destaca o aumento gradual do número de profissionais com qualificações de pós-graduação, inicialmente com o grau de mestre e, em seguida, em nível de doutorado. Os investimentos em formação entre 1974 e 1982 foram responsáveis por aproximadamente 20% do orçamento, totalizando US\$ 214,6 milhões de dólares, financiados pelo governo

¹⁰ As taxas de inflação superiores a 50% por mês caíram para aproximadamente 20% por ano.

Gráfico 5
AUMENTO EM PESQUISADORES ALTAMENTE QUALIFICADOS



Fonte: Embrapa.

federal ou por instituições internacionais, incluindo o Banco Mundial, o Banco Interamericano de Desenvolvimento, e a Organização para a Alimentação e Agricultura das Nações Unidas (ver Alves [1984]). A Embrapa emprega atualmente mais de 9.200 pessoas, incluindo mais de 2.000 pesquisadores, 3/4 dos quais têm doutorado.¹¹ Esses investimentos em capital humano têm ajudado a Embrapa a acumular uma massa crítica de cientistas que formaram uma rede de investigação robusta, com diversos talentos.

O Gráfico 5b ilustra o aumento constante do número de empregados e a proporção de pesquisadores altamente qualificados na Embrapa. Revela também o declínio no número de funcionários não ligados à pesquisa e a estabilidade no número de pesquisadores no emprego total. A Embrapa priorizou a retenção de pesquisadores brilhantes,

promovendo uma cultura meritocrática, particularmente quanto à contratação e à promoção de pesquisadores. Cada centro de pesquisa tinha objetivos claramente definidos para o longo prazo, metas de curto prazo, prazos bem definidos e instrumentos para medir os resultados. Enquanto empresa, a Embrapa pode ter uma estrutura salarial diferente das estruturas rotineiras da administração pública no Brasil, permitindo-lhe premiar os resultados através da alocação de bônus para os centros de alto desempenho. Um sistema de avaliação para julgar o mérito está em vigor desde 1996, mas em muitos casos a incorporação de procedimentos meritocráticos de promoção tem sido difícil, tolhida pelo clientelismo e pela legislação trabalhista.

A colaboração internacional e a excelência em pesquisa

A colaboração internacional, a transferência dos resultados da

pesquisa e o desenvolvimento de projetos conjuntos de pesquisa e treinamento também desempenharam um papel dinâmico na capacidade da Embrapa para obter resultados eficazes. Provavelmente, um dos principais ingredientes do sucesso da Embrapa foi ser capaz de fazer uso do *pool* internacional de conhecimento disponível.

Por exemplo, o programa de melhoramento genético da soja de fotoperíodo curto beneficiou-se da colaboração entre a Embrapa e o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – Serviço de Pesquisa Agrícola (United States Department of Agriculture – Agricultural Research Service – USDA-ARS), inclusive do acesso ao germoplasma¹² de soja. Da mesma forma, o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) forneceu o germoplasma de forrageiras, como as espécies de capim *Bracharia* e *Panicum*. Ter acesso a esse acervo de conhecimentos foi vital para a adaptação subsequente.

A formação de pesquisadores nas melhores universidades estrangeiras foi uma prioridade

¹¹ À guisa de comparação, menos de 20% dos mais de 2.300 pesquisadores da principal instituição de pesquisa agrícola da Argentina, o Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária (INTA), têm um diploma de doutor.

¹² Um germoplasma é uma coleção de recursos genéticos para um organismo.

A orientação pela missão levou à criação de programas nacionais de produtos, que foram muito efetivos na identificação das necessidades de culturas específicas e no direcionamento de recursos para o desenvolvimento de soluções tecnológicas

para a Embrapa nos anos iniciais, quando a capacidade das universidades brasileiras nas áreas de agricultura e pesquisa agrícola era limitada. Nesse momento, a Embrapa contratou pesquisadores diplomados em universidades estrangeiras e enviou outros pesquisadores para o exterior – inclusive para as principais universidades e centros de pesquisa nos Estados Unidos, Europa, Canadá e Austrália, entre outros – oferecendo-lhes oportunidades de formação.¹³ Isso ajudou a construir relações acadêmicas em todo o mundo e levou à inclusão de pesquisadores brasileiros em importantes redes de pesquisa.

Até 2013, a Embrapa havia estabelecido 78 acordos bilaterais com 56 países e 89 instituições, incluindo parcerias de pesquisa e transferências de tecnologia.¹⁴ A organização tornou-se uma líder na cooperação sul-sul e realizou a transferência de tecnologia para mercados na África (incluindo Gana, Senegal, Moçambique e Mali) e nas Américas (incluindo a República Bolivariana de Venezuela, Equador, Colômbia e Panamá). A Embrapa também criou os Laboratórios Virtuais no Exterior (Labex), como mais um passo para aumentar a colaboração internacional. Os Estados Unidos (USDA-

ARS) foram o primeiro parceiro neste projeto. Posteriormente, foi criado o Labex Europa, em Montpellier, França, que se expandiu para outros países, entre os quais os Países Baixos e o Reino Unido.

Orientação pela missão e política de DPI e gestão meritocrática

Desde o início, o foco organizacional da Embrapa tem sido a melhoria da produtividade agrícola através da pesquisa aplicada e da transferência de tecnologia para os agricultores. A sua criação como instituto orientado pela missão, dedicado a usar a pesquisa agrícola como um meio para resolver os problemas concretos enfrentados pelo setor agrícola brasileiro, ajudou a evitar a tentação de investir em pesquisa orientada pela curiosidade e, em certa medida, a sua captura por interesses puramente acadêmicos (Alves 2010). A orientação pela missão levou à criação de programas nacionais de produtos, que foram muito efetivos na identificação das necessidades de culturas específicas e no direcionamento de recursos para o desenvolvimento de soluções tecnológicas.

A Embrapa também foi concebida como uma ampla

¹³ Após os anos 1990, a Embrapa deu início a programas de pós-doutorado nas universidades brasileiras, que forneceram formação num padrão internacional. Atualmente, a Embrapa desenvolve seus próprios profissionais altamente treinados, mediante a permanente cooperação com universidades, institutos de pesquisa e entidades de pesquisa no exterior.

¹⁴ Por exemplo, nos Estados Unidos, a Embrapa mantém relações com diversas universidades importantes e com o Serviço de Pesquisa Agrícola, do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos; na França, com o Institut National de La Recherche Agronomique (INRA), o Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) e o Institut de Recherche pour le Développement (IRD); e, no Japão, com a Japan International Cooperation Agency (JICA) e o Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS).

rede de órgãos de pesquisa, cada qual especializada em um determinado tema, com controle descentralizado sobre a tomada de decisões. O modelo descentralizado de pesquisa aplicada da agência dividiu-a em centros nacionais de *commodities*, de recursos regionais e “temáticos”, permitindo um enfoque tanto nacional quanto local. A estreita ligação com o setor agrícola e um contínuo sistema de *feedback* ajudaram a empresa a concentrar suas atividades, tendo como objetivo final melhorar a produtividade agrícola (ao invés de gerar publicações acadêmicas), através de transferência de tecnologia. Em dezembro de 2013, a Embrapa marcava presença em quase todos os 27 estados do Brasil, mantendo 38 centros de pesquisa, três centros de serviços e 13 divisões centrais.¹⁵ Sua presença generalizada facilita a relação de trabalho entre os agricultores e os pesquisadores que se preocupam em entender suas necessidades. Os agricultores sabem, por exemplo, que a unidade responsável pela pesquisa do milho é o Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas - MG.

Outro benefício da orientação pela missão foi a eficiência, mediante a qual a produção científica transformou-se em prova de conceitos: protótipos e inovação. Essa transição é um desafio comum na comercialização da pesquisa. Muitas vezes os pesquisadores,

nos institutos de pesquisa e nas universidades públicas, relutam em se envolver nos esforços de comercialização que podem reduzir o tempo disponível para o desenvolvimento de outras pesquisas. A orientação pela missão da Embrapa fundiu essas duas atividades separadas em uma tarefa contínua. Protótipos foram avaliados em fazendas de testes da Embrapa ou em colaboração com outras organizações similares, inclusive do setor privado. Na verdade, a Embrapa percebeu de que uma estreita cooperação com outras instituições na pesquisa e na comercialização foi fundamental para o sucesso; dependendo da complexidade do desafio da produtividade, a empresa produziu novas variedades isoladamente ou firmou acordos de produção com parceiros privados e públicos selecionados.¹⁶

Por último, o sistema de inovação aberta e a política de DPI adotados pela Embrapa, juntamente com uma rede de serviços de extensão, permitiu a divulgação eficaz dos resultados das pesquisas. Embora a Embrapa tenha assumido uma abordagem flexível para os direitos de propriedade intelectual ao longo da sua história – com alguma ênfase, nos últimos anos, no patenteamento e no licenciamento –, a distribuição de sementes melhoradas com custos mínimos derivou, um tanto naturalmente, da sua missão original, isto é, melhorar a produtividade agrícola. Nos casos de organizações de

pesquisa com apenas um compromisso de pesquisa, deve-se perguntar se alguns resultados, simplesmente, não acabam sem uso nas prateleiras dos laboratórios. O preço de monopólio – a estratégia natural de uma empresa privada de pesquisa – restringiria, por definição, o acesso aos resultados das pesquisas por parte dos produtores. Ao colocar a rentabilidade do agricultor no centro de sua função objetivo (em detrimento de seus próprios ganhos financeiros), a Embrapa maximizou o retorno econômico para os investimentos públicos em P&D, medido pelos ganhos generalizados de produtividade na agricultura, além dos desdobramentos causados pelo melhor desempenho das exportações e pela descentralização geográfica mais acentuada do crescimento.

CONCLUSÕES

A Embrapa cresceu a partir de um conjunto de políticas que permitiu o desenvolvimento de atividades potencialmente rentáveis, semelhante ao que ocorreu em outras economias em desenvolvimento, como a indústria do vinho, no Chile, a exportação de óleo de palma, na Malásia, e a produção de flores de corte, no Quênia (Chandra 2006). Há, no entanto, uma diferença importante: o âmbito das atividades agrícolas abrangidas pela Embrapa foi consideravelmente maior. Desde a sua fundação em 1973, a Embrapa criou e transferiu para os agricultores brasileiros mais de nove mil tecnologias e construiu um portfólio de propriedade intelectual de mais de 350 cultivares e cerca de 200 patentes internacionais.

¹⁵ A Embrapa também vem coordenando o Sistema Nacional de Pesquisa Agrícola (SNPA), que inclui entidades públicas e privadas envolvidas na pesquisa agrícola no Brasil.

¹⁶ Lei da Inovação brasileira (lei federal nº 10973, de 2004), artigo 9º.

A Embrapa preencheu uma lacuna no momento em que os investimentos públicos em ciência e tecnologia foram essenciais para o desenvolvimento de uma agricultura comercial moderna

Ela é considerada atualmente o líder mundial entre os institutos de pesquisa tropical.

A Embrapa gerou e transferiu novas tecnologias e técnicas adaptadas às condições de clima e solo do Brasil. O uso dessas tecnologias por parte dos agricultores facilitou a expansão da agricultura brasileira e aumentou as exportações a preços internacionalmente competitivos, graças, em primeiro lugar, à ampliação da oferta de terra arável, e, em segundo lugar, ao aumento da produtividade de culturas selecionadas. Novas técnicas para melhorar a qualidade do solo inóspitos do cerrado liberaram, recentemente, uma vasta extensão de terra arável, mantendo os custos agrícolas marginais baixos e permitindo um aumento na produção agrícola, enquanto as melhorias nos cultivares de soja e algodão, produziram, em última análise, duas colheitas por ano. Ambas as ações aumentaram a produtividade da terra.

Por que a Embrapa teve sucesso onde outros organismos de pesquisa fracassaram?

A orientação pela missão da Embrapa, com foco, desde o início, na melhoria da produtividade agrícola, em vez de na produção de trabalhos científicos, foi um fator-chave para o seu sucesso. A integração no fluxo internacional de conhecimento, por sua vez, aumentou a eficiência da pesquisa e acelerou a formação dos pesquisadores. Uma política de DPI aberta e uma rede de escritórios espalhados por todo o país facilitaram a disseminação das descobertas da Embrapa.

O financiamento foi mantido em níveis adequados durante mais de duas décadas. Os investimentos em capital humano foram altamente priorizados. A cultura meritocrática tem sido ativamente promovida pela organização. Como resultado, a pesquisa lidou com os problemas práticos da agricultura, enquanto a tecnologia e as inovações originadas da Embrapa foram rapidamente implementadas pelos agricultores. Ao reagir às sinalizações do mercado e ao focar atividades cuja demanda foi aumentando nos mercados internacionais, a Embrapa evitou os desafios habituais de políticas de transferência de tecnologia puramente *supply-push*.

Essa experiência é replicável?

Os arranjos e políticas institucionais da Embrapa – independência operacional, investimento público sustentado em pesquisa orientada pela missão, investimento em capital humano e integração no fluxo internacional de conhecimento – são replicáveis em uma variedade de ambientes políticos. Configurar uma organização de pesquisa pública com uma estrutura semelhante exigirá uma estratégia e um apoio financeiro continuado, bem como um foco em resultados práticos palpáveis. O aspecto personalizado das operações da Embrapa, com os pesquisadores focados em tecnologias que remetem a desafios específicos, requer alguma forma de descentralização para estabelecer contatos estreitos com os agricultores. Algumas ressalvas, no entanto, devem ser lembradas. Dentre elas, destacam-se cinco, quais sejam:

i) Tal como indicado pelo aumento da área utilizada para a agricultura e a pecuária que antecedeu a criação da Embrapa, a política de P&D e tecnologia tem como objetivo enfrentar os gargalos ao desenvolvimento de vantagens comparativas existentes e evitar a promoção de atividades não compatíveis com a dotação de fatores do país;

ii) Condição fundamental para o aumento da produtividade agrícola, a pesquisa agrícola e os serviços de extensão fizeram parte de um conjunto mais amplo de políticas e de desenvolvimento institucional que afetou positivamente a produtividade agrícola (do crédito rural à liberalização do comércio);

A busca de novas técnicas para melhorar o solo do cerrado foi

uma resposta ao aumento do preço das terras aráveis da região Sul do Brasil, na década de 1980. Sem um mercado viável para as terras aráveis, os sinais de preços não existiriam. A migração de agricultores do sul trouxe conhecimentos agrícolas preexistentes para a região Centro-Oeste, em especial no que diz respeito a culturas como a da soja, bem como, talvez, décadas de experiência empresarial no agronegócio.

iii) O Brasil teve e tem a massa crítica e a capacidade proporcional de financiamento público necessários, que permitiram investimentos na escala e no horizonte de tempo requeridos. Este não é o caso de muitos países em desenvolvimento menores (por exemplo, na América Central), onde outras abordagens de pesquisa em colaboração (por

exemplo, o modelo do Grupo Consultivo sobre Pesquisa Agrícola Internacional [CGIAR]) podem ser mais apropriadas;

iv) A Embrapa preencheu uma lacuna no momento em que os investimentos públicos em ciência e tecnologia foram essenciais para o desenvolvimento de uma agricultura comercial moderna. Como as necessidades agrícolas mudam e outros competidores surgem, o modelo da Embrapa terá de ser continuamente revisto; e

v) É importante considerar que os fatores de sucesso aqui identificados referem-se a um período anterior (de 1973 a 2004, aproximadamente), não refletindo, necessariamente, a política e as escolhas institucionais da Embrapa no presente.

REFERÊNCIAS

Alves, E. R. de A. 1984. *Brazil's program for development of agricultural researchers*. **Brazilian Agriculture and Agricultural Research**, 9 (7): 161–73.

Alves, E. R. de A. 2010. Embrapa: um caso bem-sucedido de inovação institucional. **Revista de Política Agrícola**, 19: 65–73.

Bonelli, R. 2002. Impactos econômicos e sociais de longo prazo da expansão agropecuária no Brasil: revolução invisível e inclusão social. In: Anais. Seminário sobre os Impactos da Mudança Tecnológica do Setor Agropecuário na Economia Brasileira. EMBRAPA. Secretaria de Administração Estratégica, Brasília, 241 p. (Documentos, n. 5).

Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa). <http://www.embrapa.br/english/embrapa/>.

Chandra, Vandana. 2006. **Technology, adaptation and exports: how some developing countries got it right**. Washington, DC: Banco Mundial.

Evenson, R. E. & Alves, D. 1998. *Technology, climate change, productivity and land use in Brazilian agriculture*. **Planejamento e Políticas Públicas**, 18: 223–60.

Helfand, S. & Levine, E. 2004. *Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center- West*. **Agricultural Economics**, 31 (2–3): 241–49.

ICAC (International Cotton Advisory Committee). 2011. *The cost of raw cotton production*. In: **Brazil's cotton industry economic: reform and development**, Ed. J. Kiawu, C. Valdes & S. MacDonald. USDA.

Kouadio, T. 2012. *Africa and Brazil to share cotton know-how*. Resumo postado por Meridian. http://www.merid.org/en/Content/News_Services/Food_Security_and_AgBiotech_News/Articles/2012/Sep/10/Brazil.aspx.

Pardey, P. G.; Alston, J.M.; Piggott, R. R. 2006. **Agricultural R&D in the developing world: too little, too late?** Washington, DC: International Food Policy Research Institute.

Portal Brasil. 2010. *Research units: Brazilian agricultural research corporation (Embrapa)*. http://www.brasil.gov.br/sobre/science-and-technology/research-units/brazilian-agriculturalresearch-corporation-embrapa/br_model1?set_language=en.

Rada, N. e Valdes, C. 2012. *Policy technology and efficiency in Brazilian agriculture*. **USDA Economic Research Report**, n.137.

Rezende, G. C. de. 2002. Ocupação agrícola e estrutura agrária no cerrado: o papel do preço da terra, dos recursos naturais e da tecnologia. Texto para Discussão N° 913, IPEA: Rio de Janeiro.

The Economist. 2010. *The miracle of the cerrado*. <http://www.economist.com/node/16886442>.

The Economist. 2011. *No easy fix*. <http://www.economist.com/node/18200678>.