



SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO: AGRICULTURA BRASILEIRA E SUAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS*

Roberto César Cunha¹ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6190-6186>

Carlos José Espíndola² - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5857-6067>

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil*

² Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil **

Artigo recebido em 25/03/2023 e aceito em 26/04/2023

RESUMO

O objetivo desse texto é apresentar a contribuição do Sistema Nacional de Inovação, liderado pela EMBRAPA, na introdução, desenvolvimento e difusão das inovações referentes à agricultura brasileira. Para isso, na elaboração do texto optou-se pela abordagem exploratória via levantamento bibliográfico, documental e estatísticos relativo à temática exposta. Os agronegócios desempenham importante papel na economia brasileira e mundial. Enquanto o PIB brasileiro alcançou a soma de R\$ 7,4 trilhões, os agronegócios somaram um total de R\$ 1,9 trilhão, o que representa 26,6% de participação no PIB total em 2020. Essa *performance* é fruto de um padrão técnico e científico, constituído de uma plêiade de inovações tecnológicas (melhoramento genético, processos de conservação do solo) ancoradas no Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária.

Palavras-Chave: progresso técnico; desenvolvimento nacional; agronegócios; inovações em produto; inovações em processo.

NATIONAL INNOVATION SYSTEM: BRAZILIAN AGRICULTURE AND ITS TECHNOLOGICAL INNOVATIONS

ABSTRACT

The present text is to present a contribution of the National System of Innovation, objective by EMBRAPA, development and diffusion of references to Brazilian agriculture. For this, in the elaboration of the text, an exploratory approach was chosen via a bibliographic, documentary and statistical survey related to the exposed theme. Agribusinesses play an important role in the Brazilian and world economy. While the Brazilian GDP reached a sum of BRL 7.4 trillion, agribusiness totaled BRL 1.9 trillion, which represents a 26.6% share of the

• ¹ Este texto é parte integrante de dois projetos: “Estruturas produtivas na formação socioespacial do Sul do Brasil: desempenho, competitividade e configurações territoriais pós 2000”; e “A configuração territorial do comércio exterior brasileiro da cadeia produtiva da soja”. Ambos os projetos são financiados pelo Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

* Doutor em Geografia pelo PPGGEO da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Pesquisador doutor da Fapesec. E-mail: robertoujsma@hotmail.com

** Doutor em Geografia pela Universidade de São Paulo. Professor titular da UFSC. Bolsista produtividade do CNPq. E-mail: carlos.espindola@ufsc.br

total GDP in 2020. This performance is the result of a pattern technical and scientific, consisting of a better range of technological innovations (soil conservation processes) anchored in the National Agricultural Research System.

Keywords: technical progress; national development; agribusiness; product innovations; innovations in process.

SISTEMA NACIONAL DE INNOVACIÓN: LA AGRICULTURA BRASILEÑA Y SUS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS

RESUMEN

El objetivo de este texto es presentar la contribución del Sistema Nacional de Innovación, liderado por EMBRAPA, en la introducción, desarrollo y difusión de innovaciones relacionadas con la agricultura brasileña. Para eso, en la elaboración del texto, se optó por un enfoque exploratorio a través de un levantamiento bibliográfico, documental y estadístico relacionado con el tema expuesto. La agroindustria juega un papel importante en la economía brasileña y mundial. Mientras el PIB brasileño alcanzó la suma de R\$ 7,4 billones, la agroindustria sumó R\$ 1,9 billones, lo que representa una participación del 26,6% del PIB total en 2020. Este desempeño es el resultado de un patrón técnico y científico, constituido por una plétora de innovaciones tecnológicas (mejoramiento genético, procesos de conservación de suelos) ancladas en el Sistema Nacional de Investigación Agropecuaria.

Palabras clave: progreso técnico; desarrollo nacional; agroindustria; innovaciones de productos; innovaciones de proceso.

INTRODUÇÃO

O processo de modernização da agricultura brasileira, pós-1960, encontra-se apoiado no tripé política tecnológica, políticas de crédito subsidiado e na política fundiária (DELGADO, 1985). A combinação desse tripé promoveu profundas transformações na estrutura técnico-econômica da agropecuária brasileira, via elevação da produção e da produtividade, no surgimento de diferentes cadeias produtivas, no aumento dos ganhos de escala, na diversificação produtiva, na implantação de novas relações de produção, na dissolução da estrutura produtiva rural autossuficiente, na ampliação do uso de terras antes não ocupadas e na emergência de um novo tipo de produtor¹.

¹ A taxa de crescimento do produto agropecuário e o conteúdo da produtividade total dos fatores na agropecuária brasileira, no período de 1975-2012, cresceram, respectivamente, 3,8% e 3,52% ao ano. O aumento do produto decorreu muito mais do elevado incremento da produtividade do trabalho, do que do aumento de terras utilizadas e da elevação do uso da mão de obra. A maior produtividade do trabalho foi fruto da mecanização de processos (máquinas, equipamentos) e da maior intensidade do uso de fertilizantes, quer dizer, foi resultado do aumento progressivo do uso intensivo de capital (ESPÍNDOLA; CUNHA, 2020). O desenvolvimento agropecuário brasileiro caracteriza-se cada vez mais pela diferenciação social e seletividade entre os produtores rurais. Produtores com dinâmica econômica concentradora da produção em contraposição a produtores e “estabelecimentos rurais de menor porte econômico próximos da fronteira da marginalização” (BUAINAIN et al. 2014, p. 1172). Cabe destacar o grau de concentração na produção de vários produtos de lavouras temporárias e permanentes. São produtores que operam suas atividades assentados na exploração de escola e escopo, nos ganhos de produtividade, na racionalização dos processos produtivos, no acesso e na alteração dos recursos naturais, na criação de sistemas de infraestrutura e logística, na rapidez e facilidade de acesso a mecanismos de financiamentos, etc.

As diferentes cadeias produtivas, doravante chamadas de agronegócios desempenham importante papel na economia brasileira². Em 2020, os agronegócios produziram um total de R\$ 1,9 trilhão de reais, o que representa 26,6% de participação do PIB total brasileiro (CEPEA, 2021). Sob a ótica da produção, o Valor Bruto da Produção (VBP) gerado em 2020 teve um crescimento de 17% em relação a 2019 e auferiu um valor da ordem de R\$ 896,6 bilhões, sendo R\$ 597,3 bilhões referentes às lavouras e R\$ 299,2 bilhões à pecuária (BRASIL, 2021a). Somente a cadeia produtiva da soja rendeu R\$ 250,7 bilhões, ou seja, 41,97% de participação do total gerado do VBP pelas lavouras. Em 2020, a produção de soja alcançou 127,9 milhões de toneladas e processou 46,8 milhões de toneladas, sendo 36 milhões de toneladas correspondentes ao farelo e 9,5 milhões associados à produção de óleo (ABIOVE, 2021).

A importância dos agronegócios para a economia brasileira manifesta-se ainda na geração de emprego e nas exportações. Em dezembro de 2020, os agronegócios registraram 17,5 milhões de pessoas empregadas, o que representou 20,39% do total empregado no Brasil (CNA, 2021). Nas exportações, o valor auferido em 2020 foi da ordem de U\$ 100,8 bilhões, o que representa 48% das exportações totais brasileiras. Do total exportado, em 2020, 35% correspondem à cadeia produtiva de soja, seguido pelos produtos de carne com 17% e dos florestais com 7%. (CEPEA, 2021, p. 4). Das exportações dos produtos da soja, cerca de 80% advêm das receitas oriundas da soja em grãos, enquanto 18% referem-se aos segmentos de farelo e óleo de soja. Assim, enquanto 82,9 milhões de toneladas de grãos foram exportadas, 16,9 milhões ficaram a cargo do segmento farelo e 1,1 milhão corresponde ao segmento de óleo (BRASIL, 2021b).

A expansão da soja no território brasileiro teve início nos anos de 1950 na região Sul do Brasil, e nos anos de 1970, expandiu-se para a região Centro-Oeste, decorrente, sobretudo, dos incentivos fiscais do Programa Nipo-Brasileiro de Cooperação para o Desenvolvimento do Cerrado – PRODECER), do estabelecimento de firmas produtoras e processadoras de grãos e de carne na região

² Diferentemente de uma vasta bibliografia que associa agronegócio à produção de *commodities* e ao tamanho da área, o agronegócio é aqui entendido como um conjunto de atividades que envolve a fabricação de insumos, a produção primária, a agroindustrialização e o consumo final (ESPÍNDOLA; CUNHA, 2020). Mais especificamente, essas atividades dividem-se em: “(i) pré-porteira – agroindústrias de bens de capital da agricultura, que responde pelo fornecimento dos insumos e equipamentos – agroindústria de fertilizantes, defensivos, sementes, agroindústria de tratores e colheitadeiras, agroindústria de alimentação animal, agroindústria de equipamentos de irrigação e armazenamento; (ii) dentro da porteira – agropecuária – lavouras permanentes, lavouras temporárias, extrativismo vegetal e animal, criações aquícolas, a pasto e em confinamento; e (iii) pós-porteira – agroindústrias de processamento (beneficiamento de pluma e outras fibras, fiação e tecelagem, vestuário e outros têxteis finais, sucos e produtos similares, bebidas e refrigerantes, café e outros matinais, leite e laticínios, papel, celulose e outros materiais gráficos, móveis), agrosserviços da preparação e logística (packing-houses, estruturas de seleção e empacotamento, agrosserviços de armazenamento, agrosserviços de transporte), agrosserviços transacionais (corretoras especializadas em produtos, lobistas e grupos de pressão, corretoras das Bolsas de Mercadorias) e de distribuição (atacadistas, varejistas, empresas exportadoras)” (GONÇALVES, 2005, p. 34-36). Didaticamente, o agronegócio é apenas um marco conceitual para delimitar o sistema integrado de produção, comercialização, distribuição e consumo de uma mercadoria (JANK, 2005).

Centro-Oeste e Nordeste; do baixo valor da terra, se comparado aos preços então praticados na região Sul durante a década de 1970 e 1980; da topografia muito favorável à mecanização, o que propicia a economia de mão de obra; do bom nível econômico e tecnológico dos produtores; e do regime pluviométrico altamente favorável ao cultivo de verão (ESPINDOLA; CUNHA, 2015).

Contudo, além desses fatores responsáveis pela introdução da soja no Sul do Brasil e de sua expansão para a região Centro-Oeste e, mais recentemente, Nordeste e Norte, outro aspecto fundamental foi o desenvolvimento de um conjunto de inovações desenvolvidas por instituições públicas e privadas. Nesse sentido, o objetivo deste texto é apresentar a contribuição do sistema nacional de inovação, liderado pela EMBRAPA, na introdução, desenvolvimento e difusão das inovações referentes à agricultura brasileira. Para alcançar esse objetivo, o texto é embasado na literatura neoschumpeteriana, sobretudo nos conceitos de sistema de inovação³ e inovação⁴. Tendo em vista a existência de diferentes tipos de inovações (processo, produto, marketing e organizacional), e o fato de a agricultura brasileira envolver uma série de segmentos, optou-se pela análise das inovações como melhoramento genético e plantio direto que promovem o desenvolvimento do processo biológico de produção.

Na elaboração deste artigo, optou-se pela abordagem exploratória, que adota a busca de informações a respeito de certo assunto e envolve o levantamento bibliográfico e documental (GIL, 1994). Foram feitas análises de diferentes artigos, livros e teses, visando avaliar e situar a bibliografia relativa à

³ Conforme Albuquerque (2004) o conceito de sistema de inovação emergiu na literatura a partir dos anos de 1970, a partir dos trabalhos dos autores neoschumpeterianos como: Freeman (1974); Rosenberg (1976); e Nelson; S. Winter (1977). No decorrer dos anos pós-1980, o conceito recebeu contribuições de Lundvall (1992), Nelson; Rosenberg (1993), Freeman (1995) e Dosi (1997). Tratou-se de definir o Sistema Nacional de Inovação (SNI). Contudo, além da escala nacional, os sistemas de inovações passaram a ser analisados em diferentes escalas espaciais (sistemas locais de inovação, sistemas regionais de inovação e sistemas supranacionais de inovação) e diferentes recortes (sistemas setoriais de inovação, sistemas tecnológicos e meios inovadores). A coevolução do conceito de sistema de inovação e suas diferentes escalas e recortes pode ser visualizada nos trabalhos dos autores: Tunes (2015); Bittencourt; Cario (2021); e Szapiro; Matos; Cassiolato (2021). Segundo Albuquerque (1996, p. 57), um sistema de inovação é “uma construção institucional, produto de uma ação planejada e consciente ou de um somatório de decisões não-planejadas e desarticuladas, que impulsiona o progresso tecnológico em economias capitalistas complexas. Através da construção desse sistema de inovação viabiliza-se a realização de fluxos de informação necessária ao processo de inovação tecnológica. Esses arranjos institucionais envolvem as firmas, redes de interação entre empresas, agências governamentais, universidades, institutos de pesquisa, laboratórios de empresas, atividades de cientistas e engenheiros. Arranjos que se articulam com o sistema educacional, com o setor industrial e empresarial, e também com as instituições financeiras, completando o circuito dos agentes que são responsáveis pela geração, implementação e difusão de inovações”.

⁴ A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) definiu em 1990 a inovação como sendo resultado da “implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas” (OCDE, 2005, p. 55). Ainda de acordo com a OCDE (2005), as inovações podem ser do tipo radicais ou disruptivas, quando causam impacto significativo no mercado ou em atividades econômicas e incrementais, quando proporcionam melhoramentos contínuos em produtos, processos e operações. Cabe destacar ainda a existência dos novos sistemas de tecnologia que se baseiam na combinação de inovações radicais e incrementais (TIGRE, 2006).

temática exposta. Operacionalmente, o artigo foi desenvolvido com base em parâmetros bibliográficos e documentais, fundamentando-se em fontes primárias, secundárias e pesquisas de campo⁵. O levantamento de dados estatísticos foi realizado nos relatórios da EMBRAPA, nos relatórios do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) e nos relatórios da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab).

Esquemáticamente, o texto está dividido, além desta introdução e das considerações finais, em mais duas seções. A primeira ressalta a constituição do Sistema de Inovação Agropecuária e a segunda apresenta as inovações tecnológicas e as mudanças materiais nas estruturas produtivas da agricultura brasileira, com destaque para o melhoramento genético e o sistema de plantio direto⁶.

A CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE INOVAÇÃO AGROPECUÁRIO

O advento sistema de inovação na agropecuária confunde-se com o sistema da Embrapa, que nasce em 1974, e teve como objetivo desenvolver um novo paradigma tecnológico na agricultura, pronto para atender à nova realidade brasileira que se configurou, principalmente, após a década de 1950 (urbanização, crescimento da demanda de alimentos para o mercado interno e para a exportação, de fibras e de energia). Essas inovações geradas a partir desse momento passaram a ser de extrema importância para o aumento da produtividade nas áreas já ocupadas, bem como para a incorporação das novas fronteiras agrícolas. Deve-se pensar a criação desse sistema como inserido num amplo projeto que tinha em vista um país moderno, capaz de emparelhar-se em pesquisa/desenvolvimento/tecnologia com países industrializados.

O surgimento do sistema Embrapa não está descorrelacionado da implementação, tanto no I e II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), ou seja, um objeto de concretização do projeto nacional desenvolvimentista. Até 1960, a agropecuária vinha tendo boa *performance*, e chegara a hora de cumprir novo papel do desenvolvimento brasileiro, tendo como principal meta aumentar a

⁵ Segundo Cunha (2020, p. 42), a pesquisa baseada no trabalho de campo “é um elemento indispensável da percepção objetiva dos dados de base do raciocínio científico; quando ela está ausente, elaboram-se teorias que só têm relações longínquas com a realidade perceptível e que, por esse motivo, não têm qualquer utilidade social, pois não podem orientar a ação”. Assim, as pesquisas de campo foram realizadas pelos autores, entre maio de 2017 e dezembro de 2019, na região de Londrina – PR: (i) na Embrapa Soja, em Londrina, sobre a criação da empresa, aumento da produção e produtividade da soja, e transferência de tecnologia; (ii) na fazenda de soja na região de Warta, distrito de Londrina (PR), sobre o papel da Embrapa soja; (iii) na Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes (ABRATES), Londrina, a respeito de tecnologia de sementes e da dinâmica dos agronegócios no Brasil; (iv) no departamento de genética e biotecnologia da Empresa Dom Mário, em Cambé (PR), sobre biotecnologia, transgenia e edição gênica; (v) diretoria de transferência de tecnologia do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em Londrina, sobre pesquisas tecnológicas na agropecuária do Paraná; (vi) entre os produtores e autoridades. E na região de Sorriso (MT): (i) na Aprosoja (MT); (ii) no Instituto Mato-grossense de Economia Agrícola; (iii) com agricultores de soja da região.

⁶ Devido à amplitude e diversidade na agricultura moderna nacional, as principais inovações em processos e produtos implantados nas estruturas produtivas apresentadas no texto foram relativas às culturas de grãos, precisamente: soja; milho e trigo.

produtividade do trabalho e da terra. O objetivo era ratificar o Brasil como grande *player* na produção de alimentos e matérias-primas agrícolas, com ou sem processamento industrial, capaz de gerar crescimento econômico. Porém, para isso, era necessário pesquisas agrícolas aplicadas em várias partes do país.

Não é desnecessário lembrar, contudo, que as primeiras instituições de pesquisa da ciência agrícola no Brasil datam do final do século XIX. Entre elas estão: a Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo (CGG), fundada em 1886 pelo governo provincial de São Paulo, com a missão de solucionar os problemas vinculados ao estrangulamento da oferta de mão-de-obra, ao desconhecimento das terras disponíveis na sua extensa fronteira agrícola e à precariedade do sistema de transporte e escoamento da produção de café; e a Estação Agronômica do Governo Imperial, fundada em 1887, a qual deu origem ao Instituto Agronômico de Campinas (IAC). A fundação do IAC considerava problemas gerais do Brasil, da abolição da escravatura em 1888 até as epidemias de febre amarela; entretanto, o principal objetivo eram os cafezais do Rio de Janeiro e de Campinas (maior produtor da época), constantemente atacados por doenças ou pragas, uma vez que as pesquisas agronômicas eram insuficientes (SZMRECSÁNYI, 1996; CUNHA, 2020).

Ademais, foi criado, em 1935, o atual Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA). Também, uma instituição regional muito importante, criado na mesma época que a Embrapa, foi o Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR). Criado pelo governo do Paraná em consequência da mobilização da civil sociedade organizada da região norte do Paraná, sobretudo por produtores (cafeeiros), engenheiros agrônomos e a imprensa local. Na ocasião, o território paranaense passava por inúmeras transformações técnico-produtivas e necessitava de inovações tecnológicas agropecuárias, para diversificação do seu cesto de produtos, *máxime* oriundos de lavouras temporárias (soja, milho). Além disso, no Brasil foram criados entre 1859-1860 diversos institutos de pesquisa de breve estabelecimento (BA, RJ, RS, PE, SE) (RODRIGUES; ALVES, 2005; CUNHA, 2020).

A partir disso, um novo padrão de produção instalava-se no campo e no sistema Embrapa, que deveria promover conhecimento científico para impulsionar o crescimento da produção nacional de alimentos e atender a objetivos maiores da política governamental que pretendia manter o ‘milagre econômico’. O objetivo da criação do próprio Sistema Embrapa, quando analisado, demonstra a preocupação do governo em manter estreitas relações de pesquisa com os organismos internacionais, com a finalidade de adquirir *know-how* para o desenvolvimento de cultivares e de outras tecnologias para produção de bens agrícolas, sobretudo, de soja.

É justo lembrar que esses órgãos de pesquisas foram e são auxiliados por instituições de extensão rural e de ensino em ciência agrônômica. Entre outras, destacam-se: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), incorporada pela Universidade Estadual de São Paulo (USP); Escola superior de agricultura de Lavras (MG), atualmente Universidade Federal de Lavras (UFLA); Faculdade de Medicina Veterinária de Viçosa (MG), hoje Universidade Federal de Viçosa (UFV). Esses centros de pesquisa e ensino foram fundamentais para a formação dos funcionários da recém-criada Embrapa⁷.

Para mais, hodiernamente no Brasil existem 467 instituições de ensino superior que ofertam 1.144 cursos das mais diversas áreas de ciências agrárias (INEP, 2020). Dessa forma,

entre 2009 e 2013, porém, o recrutamento se acelerou com a abertura de novas unidades em diferentes estados, como Mato Grosso, Tocantins e Maranhão, e o fortalecimento de áreas prioritárias, que ampliou em várias centenas o número de pesquisadores da Embrapa. Enquanto isso, o número total de pesquisadores da Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária (OEPAS) diminuiu devido às restrições de contratação dos governos estaduais. No mesmo período, o número de pesquisadores empregados no setor de ensino superior do país cresceu significativamente, tanto pela expansão das universidades federais existentes quanto pela criação de novas (IFPRI, 2016, p. 2).

Em associação a tudo isso, uma das combinações que ajudou o Brasil a dar um impulso dinâmico na sua agricultura e se estabelecer na competitividade internacional dos agronegócios brasileiros foi a difusão do progresso técnico. Em outras palavras, o espraio das inovações tecnológicas entre os produtores rurais foi fundamental para concretizar a moderna agricultura brasileira. E isso foi possível por meio da extensão rural. De acordo com Rivera; Cary (1997), March; Pannell (2000) e Peixoto (2014), a extensão rural brasileira nasce diferente do modelo americano, que era coordenado por instituições de ensino. Como no Brasil, na década de 1950, as universidades rurais eram túbias, a coordenação desse serviço estava ligada aos órgãos do executivo, ministério da agricultura e secretarias estaduais. Dessa forma, em 1974, o governo federal criou a Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMBRATER), com intuito de promover e coordenar programas de assistência técnica e produzir extensão rural. Nessas mesmas diretrizes, cada unidade da federação criou sua empresa estadual de extensão rural⁸.

⁷ Segundo Klein; Luna (2020, p. 174), em 1975, a Embrapa tinha somente 28 pesquisadores com doutorado em todo o país. Em 1988, esse número passava de mil. Mengel (2015) assinala que a Embrapa tinha 400 pesquisadores com mestrado no Brasil. E até 1979, levando em conta as fontes de financiamento dos estudos, 484 pesquisadores foram estudar no exterior (380 no Estados Unidos, 29 na Inglaterra e 23 na França) (CUNHA, 2020, p. 180). Em 2019, a Embrapa possuía, em seu quadro de funcionários, 2.416 pesquisadores, dos quais 11,67% (282) detêm o título de mestre, 74,67% (1.804) têm doutorado e 12,9% (312) possuem pós-doutorado (EMBRAPA, 2020a, p. 32).

⁸ No início da década de 1980, eram 22 empresas, com 17 mil técnicos, sendo 10 mil no sistema público e 7 mil em empresas privadas conveniadas. Em 2002, eram 3.687 municípios atendidos por algum tipo de extensão rural; em 2006, foram 4.295 municípios e os investimentos estaduais e federais atingiram R\$ 2,3 bilhões. Em 2009, havia 12.435 técnicos

A partir dos anos 2000, o sistema Embrapa começa a operar, viabilizando soluções para o desenvolvimento sustentável da agricultura, por meio da geração, adaptação e transferência de conhecimentos e tecnologias. A empresa lidera uma rede nacional de pesquisa agropecuária que, de forma cooperada, executa pesquisas nas diferentes áreas geográficas e campos do conhecimento científico. Além das 42 Unidades Descentralizadas de Pesquisa, a rede é constituída por dezesseis OEPAS, universidades e institutos de pesquisa de âmbito federal ou estadual, empresas privadas e fundações (EMBRAPA, 2020a, p. 25). Entre os parceiros da Embrapa Soja constam: IAC, IAPAR, OCEPAR (atual COODETEC), IPAGRO (atual FEPAGRO), EMGOPA, EMATER-GO, CTPA, AGENCIARURAL, SEAGRO, EPAMIG, COPAMIL, EPAER-MS, EPABA (atual EBDA), Cooperativa Agrícola Cotia-C.C (atual COOPADAP), EMPAER-MT, APROSMAT/Itamaraty Agropecuária Ltda., Fundação Mato Grosso, FAPCEN, Fundação Cerrados, Fundação Meridional, Fundação Bahia, Fundação Pró-Semente, Fundação Vegetal e Fundação Centro-Oeste, Monsanto, Bayer, BASF, Syngenta, entre outros (CUNHA; ESPÍNDOLA, 2016)⁹.

Especificamente, no caso de pesquisas direcionadas para a cultura da soja, em 1975, foi criada uma unidade da Embrapa em Londrina-PR, denominada Centro Nacional de Pesquisa da Soja (CNPSO). Um ano depois, foi criado o Programa Nacional de Pesquisa da Soja com o propósito de integrar e potencializar os isolados esforços de pesquisa da soja pelo Brasil até então realizados. O Centro Nacional de Pesquisa da Soja empenhou-se em desenvolver uma tecnologia específica para produção de soja em regiões de latitudes inferiores a 15° S, e para o aumento da produtividade em áreas antes tradicionais.

A finalidade de criação do CNPSO não era somente gerar pesquisa e tecnologia para o cultivo da soja nas mais diferentes regiões do país, mas também ser um centro de excelência em materiais relacionados ao assunto. Havia algumas iniciativas de pesquisa de soja no país (no Rio Grande do Sul e em São Paulo), porém, um programa de geração de tecnologia mais eficiente e amplo para todo o

(sendo 6.792 de nível superior e 5.643 de nível médio) (PEIXOTO, 2014; ALVES; SOUZA, 2014; KLEIN; LUMA, 2020).

⁹ Além do mencionado, existem os fundos setoriais (CTs), “que surgiram pela necessidade de adequação ao novo modelo de financiamento da inovação após anos 1990. [...] Dessa forma, esses fundos foram idealizados como novo instrumento de política científica e tecnológica para o Brasil, baseado em modernas teorias de inovação. Eles são alimentados por recursos de fontes diversas, como contribuições incidentes sobre o faturamento de empresas e/ou sobre o resultado da exploração de recursos naturais pertencentes à União, parcela de Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) de certos setores e Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (Cide) incidente sobre os valores que remuneram o uso ou a aquisição de conhecimentos tecnológicos/transfêrencia de tecnologia no exterior. [...]. Entre 1997 e 2014, foram financiados 42,5 mil projetos, com montante de R\$ 15,8 bilhões. A linha Ação Transversal respondeu por 35% do número de projetos do período, e o CT-Agronegócio, por sua vez, foi responsável por 2.264 projetos, ou seja, 5,3%, com financiamento de R\$ 322 milhões” (PEREIRA; CASTRO, 2017, p. 23-25).

território nacional na cultura da soja ainda possuía algumas carências¹⁰. Caso não houvesse uma política de pesquisa agrícola no país, com o tempo, a produção diminuiria, tendo em vista o desgaste das novas terras. Desse modo, mais uma vez, o Estado brasileiro percebeu a urgência de um Centro Nacional de Pesquisa da Soja com o objetivo de “desenvolver uma linha de pesquisa que produza efeitos imediatos de aumento de produtividade da lavoura brasileira de soja” (EMBRAPA, 1974, p. 1)¹¹.

O resultado de todo esse sistema nacional, liderado pela Embrapa, foi e é fundamental na descoberta e adaptabilidade de novas inovações tecnológicas em todo o território brasileiro, especialmente no Cerrado. Esse aparato institucional foi direcionado para promover a superioridade tecnológica em ramos agrícolas. Seu papel vai além da ciência básica, envolve o direcionamento de recursos para áreas específicas e geográficas no setor agrícola nacional. Com isso, forjaram-se inovações acerca da conservação e sustentabilidade do solo, assim como em nanotecnologia e em formas de gestão administrativa empresarial dentro das fazendas. O sistema Embrapa é um caso genuinamente brasileiro do Estado empreendedor (MAZZUCATO, 2014). A próxima seção do texto demonstrará quais foram as inovações tecnológicas que provocaram mudanças materiais nas estruturas produtivas e administrativas na agricultura brasileira¹².

AS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E MUDANÇAS MATERIAIS NAS ESTRUTURAS PRODUTIVAS DA AGRICULTURA BRASILEIRA

¹⁰ Exceto o Rio Grande do Sul, onde a melhoria das cultivares provenientes dos Estados Unidos trouxe maior rendimento e o desenvolvimento de uma ‘tímida’ linha de pesquisa para cultura da soja, em especial no Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária (DNPEA), com sede em Passo Fundo, nas outras regiões isso ocorreu devido ao avanço da fronteira agrícola, por meio da utilização de terras virgens para o plantio da soja, em especial no Paraná e no Brasil Central, atuais regiões de maior produção de soja. “O avanço da soja na agricultura brasileira deu-se de forma muito acentuada tanto deslocando a fronteira agrícola como substituindo outros produtos agropecuários” (ZOCKUN, 1978, p. 26).

¹¹ O Brasil tem hoje um ramo agropecuário tropical essencialmente nacional, pelo fato de forjar a superação aos obstáculos impeditivos para produção dos mais variados produtos agrícolas. Esse setor inseriu as terras quase inabitadas do Cerrado aos sistemas produtivos da agricultura, que, por sua vez, colabora com 50% da produção total de grãos brasileiros (KLEIN; LUNA, 2020). Isso aconteceu, de acordo com Chaddad (2016), pois o Brasil foi o primeiro país a incentivar e investir pesadamente em tecnologias agrícolas e em sistemas produtivos pertinentes às mais variadas circunstâncias tropicais.

¹² Conforme Ifpri (2016, p. 1), “o sistema de pesquisa agrícola do Brasil é de longe o maior da América Latina, tanto em termos de capacidade de pesquisa quanto de gastos. Quase metade de todos os pesquisadores agrícolas são contratados pela empresa do governo federal, Embrapa, e um outro quarto são empregados pelas OEPAS. Durante 2006-2013, os gastos com P&D agrícola aumentaram 46% devido ao crescimento da Embrapa e do setor de ensino superior, principalmente entre as universidades federais brasileiras. Com 1,82%, os gastos, como parcela do PIB agrícola, são os mais altos da América Latina”. Salles Filho e Bin (2014, p. 439) assinalam que “o Brasil tem quase 3% da produção científica global e impressionantes 6% da produção em ciências agrárias”. “O P&D agrícola no Brasil tem se beneficiado enormemente do forte apoio financeiro dos governos federal e estadual, em um ambiente de notável crescimento econômico desde o início dos anos 2000. Com a recente desaceleração econômica, a questão será se os cortes no orçamento podem começar a restringir as agências de P&D agrícola. Algumas agências governamentais e universidades que não têm uma base de financiamento resiliente enfrentaram incertezas e preocupações com os cortes no orçamento a partir de 2015” (IFPRI, 2016, p. 3).

A formação socioespacial brasileira passou, a partir de 1930, a engendrar seus ciclos médios substituidores de importação rumo à sua industrialização, desagregando o complexo rural autossuficiente (RANGEL, 2005; ESPÍNDOLA; CUNHA, 2020). A internalização da indústria de bens de capital na década de 1950 abriu a possibilidade para o desenvolvimento técnico-produtivo, em escala industrial, das atividades vinculadas à agropecuária. A partir de meados de 1960, o governo brasileiro impulsionou o processo de modernização da agricultura brasileira, promovendo a integração agricultura-indústria. Esse processo foi fruto da constituição de complexos arranjos produtivos, institucionais implementados por agentes públicos e privados.

Nesse contexto, as pesquisas da Embrapa produziram importantes inovações em processo e produtos, nas áreas de melhoramento genético, técnicas de calagem, melhorias de pastagens, fixação biológica de nitrogênio, práticas de manejo, entre outras (VIEIRA FILHO, 2017).

Melhoramento genético

O advento do Sistema Nacional de Inovação, capitaneado pela Embrapa, teve como objetivo desenvolver um novo paradigma tecnológico na agricultura, pronto para atender à nova realidade brasileira que se configurou, principalmente após a década de 1950 – urbanização, crescimento da demanda de alimentos para o mercado interno e para a exportação, de fibras e de energia. Deve-se pensar a criação desse sistema como inserida num amplo projeto que visava a um país moderno, capaz de emparelhar-se em pesquisa/desenvolvimento/tecnologia com países industrializados.

Assim sendo, como assinala Bandeira (2015; 2021), o Brasil conseguiu, nos anos de 1990 e no começo da década de 2000, figurar entre os quatro maiores *players* no mercado internacional de cultivares geneticamente modificadas (GM)¹³. Para desenvolver a planta transgênica, os

¹³ O melhoramento genético na agricultura data de mais de dez mil anos, sobretudo, deriva da domesticação de plantas e animais (CASTRO *et al.*, 2005). A partir do século XIX, com Charles Darwin, com a *Evolução das Espécies*, o melhoramento genético se consolida e os mais adaptados sobrevivem em detrimento dos menos adaptados (SALLES-FILHO, 1993). Com as leis da hereditariedade publicadas, por Gregor Mendel (tanto as teorias de Charles Darwin, como as experiências de Gregor Mendel, podem ser encontradas em Davis (1991)), considerado o pai da genética, o melhoramento das plantas ganha mais rapidez e eficiência (FEDOROFF; BROWN, 2004). Por consequência, as décadas posteriores foram marcadas pelo desenvolvimento dos métodos clássicos de melhoramentos genéticos, com utilização dos princípios básicos: da química dos solos e da fisiologia vegetal. Assim, foram descobertos novos métodos, como a mutagenese; a genética quantitativa; a fisiologia; a bioquímica; a cultura de tecidos e a biologia molecular (BORÉM, 1999; PATERNIANI, 2006; CASTRO *et al.*, 2005). Desse modo, de forma geral, Teixeira (2008, p. 7-8) demonstra os métodos de melhoramento genético em dois segmentos: “técnicas com reprodução sexual – (i) seleção massal - seleção com base no fenótipo. Método simples, praticado para fins de melhoramento sem avaliar a descendência da população selecionada, (ii) hibridação: cruzamento, processo de obtenção de híbridos por polinização cruzada em plantas ou acasalamento entre animais de diferentes raças, (iii) heterose – acréscimo de vigor e a uniformidade fenotípica — para otimizar a produção, a qualidade, o tempo de maturação, etc., (iv) retrocruzamento – cruzamento de um indivíduo com um de seus genitores. A descendência deste cruzamento é dita geração ou progênie de retrocruzamento; técnicas sem reprodução sexual – (v) ploidia – condição relativa ao número de genomas ou complementos cromossômicos de uma espécie (alterações no número de cromossomos), (vi) transgênese – introdução de um gene exógeno em células animais ou vegetais, (vii) mutagenese: indução de alterações herdáveis na constituição genética de uma célula, modificando seu

pesquisadores utilizam a técnica de transformação genética, na qual um ou mais genes são isolados bioquimicamente em uma célula; esses genes podem ser qualquer organismo vivo, como uma bactéria, um animal ou até mesmo outra planta (EMBRAPA, 2014a). A identificação de genes e mecanismos moleculares envolvidos nas respostas aos mais variados tipos de estresses, abióticos e bióticos, constitui uma poderosa ferramenta para o desenvolvimento de estratégias de controle. Nesse sentido, técnicas relacionadas aos estudos da Expressão Diferencial de Genes (EDG), como Microarranjo de DNA (Ácido Desoxirribonucleico), Bibliotecas Subtrativas de DNA e PCR quantitativo têm sido as principais ferramentas biotecnológicas usadas pela Embrapa Soja.

O sistema Embrapa iniciou, em 1994, um programa de pesquisa propondo-se à incorporação de técnicas de biotecnologia nas áreas de melhoramento genético da soja, fixação biológica do nitrogênio, fitopatologia, entomologia, ecofisiologia, entre outras áreas (EMBRAPA, 2014b). Tendo em vista essas inovações e a urgência de que a pesquisa pública acompanhe as tendências do mercado para garantir ao produtor um material genético de boa qualidade, em 1997, a Embrapa, em parceria com a Monsanto¹⁴, iniciou pesquisas com a soja transgênica e, assim, passou a inserir em suas cultivares o gene tolerante ao herbicida glifosato¹⁵.

Outro marco nas pesquisas da Embrapa ocorreu em 2010, com o lançamento da Soja *Cultivance*, primeiro transgênico totalmente desenvolvido no Brasil. A soja *Cultivance* levou dez anos para ser desenvolvida e é resultado da parceria Basf/Embrapa. A cultivar é tolerante a herbicidas da classe das imidazolinonas (o genoma da planta foi modificado por meio da inserção do gene *Ahas*, extraído da *Arabidopsis thaliana*, planta usada na produção de herbicida da classe imidazolinonas). Essa cultivar concorre com a soja RR (Monsanto) e, assim, o produtor pode alternar o plantio com grãos e herbicidas distintos, e controlar com maior eficiência o surgimento das plantas invasoras. A

DNA, (viii) variação somaclonal – alteração de natureza genética ou epigenética decorrente de procedimentos de cultura in vitro, (ix) hibridação somática – produção de híbridos por fusão de protoplastos e células somáticas isoladas de espécies (ou até gêneros) distintas. Em plantas, a hibridação somática é usada na obtenção de poliplóides artificiais, visando a sua utilização comercial como porta-enxertos, tal como ocorre em citros. Recurso usado para combinar genomas de espécies sexualmente incompatíveis, (x) transplastomia – transferência de plastídeos exógenos, e (xi) cíbridos - híbrido originado da fusão de dois protoplastos, sendo o núcleo de um deles desativado por um agente químico ou físico (geralmente, radiação), formando uma célula que contém o núcleo de uma espécie e o citoplasma híbrido”. Informações confirmadas na entrevista realizada com membros da equipe da chefia de transferência de tecnologia da Embrapa Soja em Londrina/PR, em maio de 2017.

¹⁴ A empresa norte-americana Monsanto, com sede em St. Louis, Missouri, fundada em 1901, possuía presença internacional atuando nos setores de agricultura e biotecnologia, e foi adquirida pela empresa alemã Bayer AG, fundada em 1863, com sede em Leverkusen, que atua nos setores de saúde e agronegócios. Em 14 de setembro de 2016, a Bayer fez uma proposta de US\$66 bilhões e a Monsanto aceitou, dando início ao processo de fusão e aquisição das empresas (BANDEIRA; ESPÍNDOLA, 2019).

¹⁵ Informações confirmadas na entrevista realizada com membros da equipe da chefia de transferência de tecnologia da Embrapa Soja em Londrina/PR, em maio de 2017.

Embrapa espera a aprovação para a comercialização dessas novas sementes pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio).

Atualmente, o uso da biotecnologia pela ciência agrônômica vem sendo alvo de várias críticas, mediante a expansão do GM¹⁶. Essas plantas são resultado da modificação de organismos com base na engenharia genética, cujo objetivo precípua é obter características diferentes das naturais e melhorar sua resistência a doenças, pragas e herbicidas, aumentando os compostos nutricionais, dando maior facilidade de processamento, melhor conservação dos frutos, entre outras melhorias. Menciona-se que, desde o momento em que os pesquisadores iniciaram o entendimento do comportamento genético das plantas, e passaram a desenvolver técnicas para melhorá-las, eles já estavam praticando engenharia genética.

Assim, em relação à área cultivada com cultivares melhoradas geneticamente (adaptadas às condições e às necessidades das regiões tropicais e subtropicais do Brasil), desenvolvidas pelo Sistema Nacional de inovação, em 2019, o Brasil tornou-se o segundo maior *player*, com 26,4% de toda a área plantada com GM no mundo, ficando atrás apenas do Estados Unidos da América (39,5%) (BANDEIRA, 2021, p. 136). Em 2019, a taxa de adoção de cultivares GM no Brasil na soja foi de 95,7%, no milho, 88,9% e no algodão, 89,9% (BANDEIRA, 2021, p. 136). Cunha (2020, p. 187-188) assinala que o estado do Rio Grande do Sul tem a maior taxa de adesão às sementes melhoradas geneticamente, com 99,2% de sua área de cultivo. No Cerrado brasileiro, o Mato Grosso tem 92,1% de área coberta por grãos GM e a Bahia tem 96,4%. Em pouco mais de cinco décadas de pesquisa em melhoramento genético, o sistema Embrapa entregou para a agricultura nacional mais quatrocentas cultivares de soja; trinta dessas cultivares são de soja convencional que podem ser semeadas em praticamente todas as regiões de cultivo¹⁷ (EMBRAPA, 2020a; CUNHA, 2020).

Diante dos dados e dos fatos, é possível constatar que o projeto nacional de pesquisa agropecuária recebeu um novo dinamismo. Entretanto, não basta apenas considerar a análise de pesquisa em melhoramento genético na produção de grãos. Nas últimas décadas, o sistema nacional de inovação da agricultura desenvolveu não somente melhoramento genético, mas uma plêiade de geotecnologias (em produto e processo) capaz de alavancar esse projeto de fomento à agricultura nacional, direcionado ao

¹⁶ A primeira cultivar comercial transgênica de soja no mundo apareceu nos Estados Unidos em 1996 (RAYMER; GREY, 2003).

¹⁷ Informações confirmadas na entrevista realizada com membros da equipe da chefia de transferência de tecnologia da Embrapa Soja em Londrina/PR, em maio de 2017.

mercado interno e externo, ainda é visto como prioridade nas políticas de governo, com vistas a ampliar o *superávit* da balança comercial para que o projeto de um país moderno e pujante tenha continuidade¹⁸.

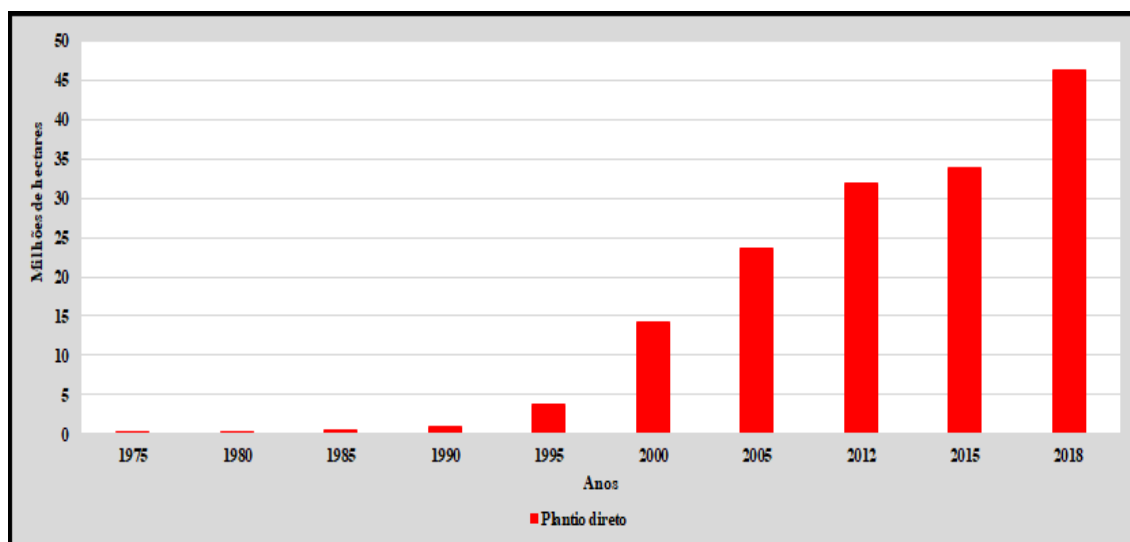
Conservação do solo: plantio direto

O sistema composto com a Embrapa, OEPAS, universidades e institutos de pesquisas e empresas privadas e a extensão rural, ao longo de cinquenta anos, desenvolveu e aplicou tecnologias sofisticadas como já denunciado. Nessa constelação de inovações tecnológicas constam, também, conservação e manejo de solo e terras aráveis, em outras palavras, manuseamento sem aração, pelo qual os grãos são cultivados sem arroteamento da terra – o Sistema de Plantio Direto (SPD). Em 1975, como demonstra o Gráfico 1, era quase inexistente esse processo inovativo. Contudo, em 2018, 46,4 milhões de hectares estavam cobertos pelas palhas do sistema de plantio direto, representando 57,7% das terras agricultáveis nacionais. Essa tecnologia negligencia o uso de maquinaria para gradear e arar o solo tropical brasileiro. E, em consequência, gera economia, sobretudo em combustível, e, com isso, reduz o processo erosivo em terreno agrícola e a necessidade de fertilizantes químicos¹⁹.

¹⁸ Dosi (1988) ressalta que a trajetória tecnológica de uma companhia, seja pública ou privada, é estabelecida com fundamentos em padrões tecnológicos em fase de difusão. Na busca por inovação, a empresa investe em conhecimento e em bases de pesquisa sobre a tecnologia então vigente, além da dinâmica de mercado de que ela faz parte. Desse modo, a Embrapa está em fase de prospecção de nova tecnologia evolucionária e revolucionária, visto que as inovações em OGMs estão em fase de esgotamento, vide a perda de velocidade da produtividade da soja nos últimos anos. Recentemente surgiu uma nova ferramenta de engenharia genética: edição genômica, como o *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeat* (CRISPR), que poderá contribuir para a obtenção de matérias-primas agropecuárias com maior valor nutricional, isenta de compostos alergênicos e/ou com características tecnológicas mais adequadas (EMBRAPA, 2018). CRISPR é um acrônimo para “Repetições Palindrômicas Curtas Agrupadas e Regularmente Interespçadas”, que são sequências únicas de DNA encontradas em algumas bactérias e outros microrganismos. Essas sequências, junto com os genes que estão localizados ao lado delas, conhecidos como genes associados a CRISPR, formam um sistema imunológico que protege contra vírus e outros DNAs infecciosos. O sistema CRISPR identifica, corta e destrói DNA estranho. Simplificando, o CRISPR serve como uma tecnologia eficaz e eficiente para fazer mudanças específicas e intencionais no DNA. A edição de genômica pode ser usada para inserir, remover ou modificar o DNA em um genoma. Se os OGMs necessitavam de materiais genéticos alheios, com o CRISPR não há essa necessidade, é um documento de edição de texto (Word). Pode-se, por exemplo, apagar ou ligar um DNA de uma cultivar de soja que seja tolerante à seca e demais sinistros em uma lavoura (CRS, 2018; JINEK *et al.*, 2012; 2013; RAN *et al.*, 2013; e PEREIRA, 2016). Informações confirmadas na entrevista realizada com membros de equipe da chefia de transferência de tecnologia da Embrapa Soja e com a equipe da empresa privada Dom Mario, ambas em Londrina/PR, em maio de 2017.

¹⁹ “O SPD, quando conduzido de acordo com suas premissas (mínima mobilização do solo, cobertura permanente por culturas ou por seus resíduos e diversificação de espécies vegetais), promove consideráveis ganhos em relação à conservação do solo e à produtividade das culturas. Isso ocorre em função da proteção da superfície do solo pelos resíduos vegetais, da manutenção ou aumento do teor de carbono orgânico, da disponibilidade de nutrientes, do armazenamento de água no solo, resultante da maior infiltração e da menor perda por evaporação para a atmosfera” (EMBRAPA, 2020a, p. 55). Porém, para resultados satisfatórios, “é essencial o planejamento dos modelos de produção associando a soja com culturas que proporcionem elevada produção de fitomassa, de forma a permitir adequada cobertura do solo e ainda proporcionar suficiente adição de carbono ao solo para que o balanço do sistema seja positivo e com isso incrementar o teor de matéria orgânica do solo. A combinação de soja e milho na segunda safra, amplamente adotada em estados como o PR, MS, MT e GO, tem contribuído para maior adição de palha ao sistema, representando um grande avanço em relação à monocultura da soja no verão seguida de pousio na entressafra” (EMBRAPA, 2020a, p. 61). Se o sistema for bem instalado, a redução nas emissões de carbono com a implementação desse sistema é na ordem de 40% (EMBRAPA, 2020a; FREITAS (2017); CRUZ *et al.* (2017); e MOTTER; ALMEIDA (2015). Informações confirmadas na entrevista realizada com membros da equipe da chefia de transferência de tecnologia da Embrapa Soja em Londrina/PR, em maio de 2017.

Gráfico 1 – Área cultivada de plantio direto no Brasil – 1975-2018 – milhões de hectares



Fonte: Embrapa (2020a). Elaboração: autores.

Nos estados, de acordo com o Quadro 1, o sistema de plantio direto está bastante utilizado nas lavouras de grãos, principalmente na soja. O Mato Grosso tem a maior área coberta com mais de oito milhões de hectares, seguido por Rio Grande do Sul (seis milhões de hectares); Paraná (4,8 milhões de hectares – estado onde começou a plantação sem aração); Bahia (1,4 milhão de hectares); Maranhão (1,1 milhão de hectares); Piauí (682 mil hectares); e Tocantins (554 mil hectares). Como já advertido, a agricultura brasileira é bastante heterogênea e toda inovação tecnológica que é aplicada nas fazendas, sobretudo nas de grãos e fibras, é de difícil mensuração da quantidade efetivada de bens agrícolas específicos. Todavia, Embrapa (2020a) afirma que o predomínio aparente do SPD é em áreas de produção de soja no Brasil.

Quadro 1 – Área de plantio direto nos estados selecionados – 2018 – em hectares

Estados	Área de plantio direto
Rio Grande do Sul	6.027.019
Paraná	4.859.075
Mato Grosso	8.101.143
Bahia	1.453.416
Maranhão	1.115.513
Piauí	682.375
Tocantins	554.124

Fonte: FEBRAPDP (2019). Elaboração: autores.

Em soma ao SPD, o Brasil desenvolveu uma plêiade de tecnologias de auxílio, tanto ao aumento do desempenho produtivo e da produtividade agrícola como de sustentabilidade ambiental. Entre eles, destacam-se: (i) fixação biológica de nitrogênio; (ii) manejo integrado de pragas e doenças; (iii) controle biológico; (iv) integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF); (v) zoneamento agrícola de risco climático; (vi) manejo dos biomas e de recursos naturais²⁰. A demanda por essas inovações tecnológicas surgiu, principalmente, para o Brasil manter e ampliar sua liderança no mercado internacional de matéria-prima agrícola. E, para conservar tal liderança, o país tem mostrado e deverá mostrar ainda mais explícito seu compromisso agressivo com a produtividade máxima sustentável.

Por fim, o processo sincrônico de aumento da produção e produtividade do setor agrícola e do mercado estão diretamente correlacionados com outros dois processos: (i) concorrência entre os produtores de mercadorias; (ii) aumento sistemático do parcelamento do trabalho produtivo, ou seja, ininterrupta expansão da divisão técnica e social do trabalho. A concorrência entre os produtores rurais levou à especialização produtiva, à incorporação de máquinas e à aplicação da ciência como fator de produção na agricultura brasileira. E de modo consequente, a exteriorização desse processo está explícito na superioridade da grande produção capitalista e na elevada majoração da composição orgânica do capital (ESPÍNDOLA; CUNHA, 2019; CUNHA, 2020)²¹.

²⁰ Fixação biológica de nitrogênio (a inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Bradyrhizobium* em sementes de soja é um processo que pode substituir totalmente a necessidade de uso de adubos nitrogenados nas lavouras. Resultados mostraram que a não utilização de adubos nitrogenados nos 35,1 milhões de hectares cultivados com soja no Brasil (safra 2017/18) representou uma economia anual de US\$ 19,2 bilhões). Manejo integrado de pragas e doenças (esses programas estão implementados para algumas culturas de importância econômica, a exemplo da soja, algodão, citros, dentre outras frutíferas, com resultados promissores implicando redução do número de aplicações, refletindo em economia para o agricultor e minimização de efeitos adversos ao meio ambiente. Cultivares de soja com resistência múltipla às doenças olho-de-rã, cancro-da-haste, oídio e podridão-vermelha-da-raiz reduzem os custos de produção pela não aplicação ou redução sensível no uso de fungicidas. Cerca de 4 milhões de litros de fungicidas deixaram de ser aplicados em mais de 5 milhões de hectares, com reflexos positivos na preservação ambiental e na socioeconomia). Controle biológico (o controle biológico utilizado regularmente em diversas culturas, como soja, milho, cana-de-açúcar, algodão e fruteiras, tem reduzido a demanda por controle químico de pragas e doenças em diversos sistemas de manejo, com impactos positivos para o meio ambiente, para a qualidade de vida dos trabalhadores rurais e para a segurança e qualidade dos produtos). ILPF (permite produzir grãos, carne, leite e madeira ao longo de todo o ano em uma mesma área da propriedade rural. O resultado dessa combinação é o aumento da renda do produtor rural, a redução na pressão por desmatamento de novas áreas com florestas nativas e a diminuição das emissões de gases de efeito estufa (GEE). A estratégia de ILPF está sendo adotada em diferentes níveis de intensidades nos biomas brasileiros e pode ser estimada em 15,5 milhões de hectares). Zoneamento agrícola de risco climático (mapeamento das áreas de produção que indica as melhores datas de plantio das culturas para cada município brasileiro, reduzindo o risco de perdas por fatores climáticos). Manejo dos biomas e de recursos naturais (desde 2010, a Embrapa e a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) coordenam o Projeto Biomas com o objetivo de viabilizar soluções que compatibilizem os sistemas de produção e de preservação em diferentes paisagens brasileiras, fortalecendo o uso do componente arbóreo na propriedade rural, garantindo a conservação e o uso racional de recursos como água, solo e biodiversidade) (EMBRAPA, 2020b, p. 109-120).

²¹ Para uma melhor qualidade no avanço da produtividade nas culturas agrícolas, a agricultura de precisão é fundamental, mesmo ainda não tão internalizada no seio das empresas agrícolas brasileiras. Dessa forma, nas empresas agrícolas do Mato Grosso e Matopiba, mesmo de forma tímida, essa tecnologia aparece com resultados relevantes tanto nas estratégias

Nos últimos anos, a agricultura brasileira alcançou níveis de desenvolvimento que nenhum outro país chegou, tanto pela rapidez quanto o grau de qualidade na dinâmica da produção e da produtividade. A penetração do capitalismo no campo brasileiro foi e é avassaladora. Quebrou relações e formas de produção pré-capitalista. O imbricamento entre indústria e agricultura (indústrias químicas, mecânicas, biológicas, além de um poderoso sistema financeiro e etc.) no processo de desenvolvimento é prova que, tanto pela demanda urbana por mais e novos produtos agrícolas, quanto pelo uso de meios de produção produzidos na indústria, é a cidade que transforma o campo (ESPÍNDOLA; CUNHA, 2019; CUNHA, 2020).

Isso não significa dizer, sem possibilidade de equívocos, que toda essa dinâmica do complexo produtivo da agricultura não tenha contradições, pois, uma vez que, o território nacional é extenso e possui uma ostensível dessemelhança nas suas combinações naturais, históricas, políticas, econômicas, científicas, tecnológicas e culturais²².

O resultado de todas as combinações desse pacote tecnológico foi que as diferentes cadeias produtivas, desempenham importante papel na economia brasileira. Em 2020, os agronegócios produziram um total de R\$ 1,9 trilhão, o que representa 26,6% de participação do PIB total brasileiro (CEPEA, 2021). Sob a ótica da produção, o Valor Bruto da Produção (VBP) gerado em 2020 teve um crescimento de 17% em relação a 2019 e auferiu um valor da ordem de R\$ 896,6 bilhões, sendo R\$ 597,3 bilhões referentes às lavouras e R\$ 299,2 bilhões à pecuária (BRASIL, 2021a). Somente a

de custos produtivos (economia de combustível e de insumos) como em aumento da produtividade. Assim sendo, segundo Embrapa (2018) as geotecnologias, a agricultura de precisão e da internet das coisas (IoT) em combinação com a inteligência artificial e à visão computacional, podem proporcionar novos cenários para as propriedades rurais de diferentes escalas, a chamada *smart farming*. “Essa transformação digital da agricultura amplifica inovações do dia a dia e permite, por exemplo, a aquisição de dados e a supervisão de operações do plantio em tempo real. Máquinas inteligentes são acionadas remotamente ou de forma autônoma. Aplicativos para pequenos, médios e grandes produtores são desenvolvidos com foco em gestão das áreas agrícolas, manejo de rebanhos, cotação de insumos, previsão de clima, identificação de doenças, uso de defensivos, irrigação, adequação ao Código Florestal e comercialização. Essa transformação digital pode envolver os seguintes aspectos: sistema de irrigação inteligente; agricultura de precisão com aplicação de inteligência embarcada; automação e rede de sensores locais para mapeamento de solos; monitoramento de doenças e de variáveis meteorológicas. A convergência das geotecnologias (GPS, Vants e sistemas de informação) com a agricultura de precisão (robótica, automação, inteligência artificial e impressoras 3D) proporcionarão novos patamares de eficiência e sustentabilidade na produção animal e vegetal via agricultura digital” (EMBRAPA, 2018, p. 135-138).

²² Conforme Cunha (2020, p. 45-46) “não é de maneira alguma desnecessário recordar que, à luz dos acontecimentos nos últimos 50 anos, agricultura brasileira transformou-se em um ramo especializado, competitivo e dinâmico e conseguiu se consolidar no mercado mundial de alimentos e de produtos agrícolas. Saiu de uma agricultura de baixa produtividade e de inovações tecnológicas escassas para uma produção agrícola de alta produtividade e com *savoir-faire* tecnológico, uma vez que, conseguiu forjar suas vantagens competitivas dinâmicas agroindustriais. Entretanto, não é quase implausível assinalar, que as transformações modernas na agricultura não se deram de modo harmônico no território nacional. Assim, a maioria tanto dos estabelecimentos rurais quanto dos trabalhadores agrícolas não se modernizou e vive ainda em condições precárias e em consonância com agricultura de subsistência. Não houve mudanças significativas na estrutura fundiária, o nível de concentração de terra praticamente ficou inalterado. O valor de produção é bastante desigual, o nível educacional dos produtores, no geral, é baixo, a orientação técnica é diminuta no geral dos estabelecimentos. Também, há mortes por conflitos de terras, sobretudo em áreas de fronteiras e terras demarcadas. A população do campo, em maioria, ainda sofre de desnutrição e sobrevive com auxílios de programas de transferência de renda – bolsa família e aposentadoria rural, em especial, no Norte e Nordeste”.

cadeia produtiva da soja rendeu R\$ 250,7 bilhões, ou seja, 41,97% de participação do total gerado do VBP pelas lavouras. Também em 2020, a produção nacional de grãos alcançou mais de 257 milhões de toneladas colhidas em mais de 65 milhões de hectares em todas as regiões do Brasil com produtividade média de quase 3.900 kg/ha (CONAB, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Demonstrou-se, neste artigo, que o surgimento do Sistema de Inovação na agropecuária se confunde com o sistema da Embrapa, que nasce em 1974, e teve como objetivo desenvolver trajetórias tecnológicas para a agricultura brasileira. Inserida no seio dos planos de desenvolvimento nacional, o padrão técnico-científico estabelecido visava ao aumento da produtividade nas áreas já ocupadas, bem como para a incorporação das novas fronteiras agrícolas. O sistema Embrapa manteve estreitas relações de pesquisa com os organismos internacionais, com a finalidade de adquirir *know-how* para o desenvolvimento de cultivares e de outras tecnologias para produção de bens agrícolas, sobretudo soja.

Afirmou-se ainda que, a partir dos anos 2000, o sistema Embrapa começa a operar viabilizando soluções para o desenvolvimento sustentável da agricultura, por meio da geração, adaptação e transferência de conhecimentos e tecnologias. Especificamente, no caso de pesquisas direcionadas para a cultura da soja, em 1975, foi criada uma unidade da Embrapa em Londrina-PR, denominada Centro Nacional de Pesquisa da Soja (CNPSo).

O resultado de todo esse sistema nacional, liderado pela Embrapa, foi a descoberta e adaptabilidade de novas inovações tecnológicas em todo o território brasileiro, especialmente no Cerrado. Esse aparato institucional foi direcionado para promover a superioridade tecnológica em ramos agrícolas. Seu papel vai além da ciência básica, envolve o direcionamento de recursos para áreas específicas e geográficas no setor agrícola nacional.

Argumentou-se que as pesquisas da Embrapa produziram importantes inovações em processo e produtos, nas áreas de melhoramento genético, técnicas de calagem, melhorias de pastagens, fixação biológica de nitrogênio, práticas de manejo, entre outras. Dessa maneira, em conformidade com assinalado na introdução - à luz do referencial teórico e da metodologia – considera-se:

- (1) a agricultura brasileira moderna, mecanizada e inovadora tecnologicamente é filha direta da dimensão dinâmica do processo de industrialização e urbanização brasileira.
- (2) a agricultura brasileira sofreu intervenção direta do Estado nacional. Isso pois, através de inovações nos mecanismos de apoio integral a pesquisa agropecuária; ou seja, a

agricultura moderna no Brasil é derivada maciçamente de investimentos públicos em seu sistema de inovações tecnológica na agropecuária.

- (3) a Embrapa e sua rede de pesquisa e desenvolvimento foram fundamentais para expansão e consolidação da agricultura nacional. A Embrapa e sua rede são um dos maiores *cases* de sucesso de inovação agropecuária no mundo.
- (4) ao contrário do que pode suspeitar o senso comum, a agricultura brasileira consorcia alta produtividade com sustentabilidade ambiental, de maneira principal, pelo melhoramento genético e o plantio direto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo financiamento dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABIOVE. Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Estatísticas**. 2021. Disponível em: <https://abiove.org.br/estatisticas/>. Acesso em: 20 de março de 2023.

ALBUQUERQUE, E. M. Sistema Nacional de inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre a ciência e a tecnologia. **Rev. da Economia Política**, v. 16, n. 3, pp.56-72, 1996.

ALBUQUERQUE, E. M. Ideias Fundadoras - apresentação: The 'National System of Innovation' in Historical Perspective - Christopher Freeman. **Rev. Brasileira de Inovação**, v. 3, n. 1, pp. 9-34, 2004.

ALVES, E.; SOUZA, G. da S. Desafios da agência de extensão rural. In: BUAINAIN, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M. (Orgs). **O mundo rural no Brasil do século 21**: a formação de um novo padrão agrário agrícola. Brasília, Embrapa, 2014.

BANDEIRA, J. L. **A geografia econômica das sementes**: dos grandes monopólios ao sudoeste do Paraná. 2015. 185 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2015.

BANDEIRA, J. L. **A dinâmica geoeconômica do setor de genética vegetal no Brasil**: os casos de milho, soja e trigo. 2021. 280 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Geociências, Universidade de Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

BANDEIRA, J. L. ESPÍNDOLA, C. J. Oligopolização e financeirização do setor genético no Brasil: desnacionalização, fusões e iniciativa chinesa no setor. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE. **Anais**. São Paulo, Edusp, pp. 1-12, 2019.

BITTENCOURT, P. F.; CÁRIO, S. A. F. (2021). Sistemas de inovação: das raízes no século XIX à análise global contemporânea. In: RAPINI, M. S.; SILVA, L. A.; ALBUQUERQUE, E. M. (orgs). **Economia da ciência, tecnologia e inovação: fundamentos teóricos e a economia global**. Belo Horizonte, FACE – UFMG, 2021.

BORÉM, A. O melhoramento de plantas na virada do milênio. **Rev. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, São Paulo, v. 7, n. 1, pp. 68-72, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estatísticas do valor bruto da produção agropecuária**. 2021a. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 25 de março de 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estatísticas de comércio exterior do agronegócio brasileiro**. 2021b. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>. Acesso em: 27 de março de 2023.

BUAINAIN, A. M. *et al.* Sete teses sobre o mundo rural brasileiro. In: BUAINAIN, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M. (Orgs). **O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário agrícola**. Brasília, Embrapa, 2014.

CASTRO, A. M.G. *et al.* **O futuro do melhoramento genético no Brasil: impactos da biotecnologia e das leis de proteção de conhecimento**. Brasília: Embrapa, 2005.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB do agronegócio brasileiro**. 2021. Disponível em: www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx. Acesso em: 15 de março de 2023.

CHADDAD, F. R. **The economics and organization of Brazilian agriculture: Recent Evolution and productivity grains**. Amsterdã, Academic Press, 2016.

CNA. Confederação Nacional da Agricultura. **PIB do agronegócio alcança participação de 26,6% no PIB brasileiro em 2020**. 2021. Disponível em: www.cnabrazil.org.br/boletins/pib-do-agronegocio-alcanca-participacao-de-26-6-no-pib-brasileiro-em-2020. Acesso em: 10 de março de 2023.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas de custos de produção**. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 13 de março de 2023.

CRS. Congressional Research Service. **Advanced Gene Editing: CRISPR-Cas9**. 2018. Disponível em: <https://crsreports.congress.gov>. Acesso em: 20 de março de 2023.

CRUZ, J. C *et al.* **Sistema de Plantio Direto de milho**. 2017. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html. Acesso em: 12 de março de 2023.

CUNHA, R. C. C. **A geoeconomia da cadeia produtiva da soja no Brasil**. 2020. 313 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Geociências, Universidade de Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

CUNHA, R. C. C.; ESPÍNDOLA, C. J. A Relevância do Progresso Técnico na Consolidação da Cadeia produtiva da soja no sul do Maranhão (BRASIL). **Geografia (Londrina)**, Londrina, v. 25, n. 1, pp. 87-106, 2016.

DAVIS, B. The issues: prospects versus perceptions. In: DAVIS, B. (org.). **The genetic Revolution: scientific prospects and public perceptions**. Baltimore, Johns Hopkins Press, 1991.

DELGADO, G. da. C. **Capital financeiro e agricultura no Brasil: 1965-1985**. São Paulo, Ícone/UNICAMP, 1985.

DOSI, G. Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. **Journal of Economic Literature**, Nashville, v. 26, n. 3, pp. 1120-1171, 1988.

DOSI, G. Opportunities, incentives and Collective Patterns of Technological Change. **The Economic Journal**, v.107, pp.1530-1547, 1997.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Anteprojeto de implantação do centro nacional de pesquisa da soja**. Brasília: Embrapa, 1974.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soja transgênica**. 2014a. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/soja-transgenica>. Acesso em: 20 de março de 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soja transgênica**. 2014b. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/soja-transgenica>. Acesso em: 20 de março de 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, Embrapa, 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa em números**. Brasília, Embrapa, 2020a.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Balanço social**. Brasília, Embrapa, 2020b.

ESPÍNDOLA, C. J.; CUNHA, R. C. C. A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva de soja no Brasil e no Mundo. **Geotextos**, Salvador, v. 11, n. 1, pp. 217-238, 2015.

EMBRAPA. Dados do censo agropecuário de 2017 e os escritos por Lenin. **Rev. Princípios**, São Paulo, n. 157, p. 47-54, 2019.

EMBRAPA. (2020). Os agronegócios no desenvolvimento econômico brasileiro. In: ALMADA, J.; PAULA, L. F. de; JABBOUR, E. M. K. (Org). **Repensar o Brasil**. Rio de Janeiro, AMFG, 2020.

FERDOROFF, N; BROWN, N. M. **Mendel in the kitchen: a scientist's view of genetically modified foods**. Washington, Joseph Henry Press, 2004.

FREEMAN, C. **The economics of industrial innovation**. London, Frances Pinter, 1974.

FREEMAN, C. The National System of innovation in Historical perspective of economics. **Cambridge Journal of economic**, v. 19, n. 5, pp. 5-24, 1995.

FREITAS, P. L. de. **Histórico do plantio direto**. 2017. Disponível em: <https://agronomos.ning.com/profiles/blogs/hist-rico-do-sistema-plantio-direto-spd>. Acesso em: 12 de março de 2023.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo, Atlas, 1994.

GONÇALVES, J. S. Agricultura sob a égide do capital financeiro: passo rumo ao aprofundamento do desenvolvimento dos agronegócios. **Informações econômicas**, São Paulo, IEA, v.35, pp. 7-36, 2005.

IFPRI. International Food Policy Research Institute. **Agricultural R&D Indicators Factsheet**. 2016. Disponível em: <https://www.asti.cgiar.org/benchmarking/lac>. Acesso em: 20 de março de 2023.

INEP. Instituto Nacional de Estudos, Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo da Educação Superior 2019**. 2020. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/censo-da-educacao-superior>. Acesso em: 20 de março de 2023.

JANK, M. S. **Agronegócio versus agricultura familiar?** 2005. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/item/id/309493>. Acesso em: 15 de março de 2023.

JINEK, M. *et al.* A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. **Science**, Washington, n. 337, pp. 816–821, 2012.

JINEK, M. *et al.* RNA-programmed genome editing in human cells. **eLife** **2**, Washington, v. e00471, 2013.

LUNDVALL, B. A. **National Systems of innovation**: towards a theory of innovation and interactive learning. London, Pinter, 1992.

KLEIN, H. S.; LUNA, F. V. **Alimentando o mundo**: o surgimento da moderna economia agrícola no Brasil. São Paulo, FGV Editora, 2020.

MARSH, S. P.; PANNELL, D. J. Agricultural extension policy in Australia: The good, the bad and the misguided. **Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, Portland, V. 44, n. 4, pp. 605-627, 2000.

MAZZUCATO, M. **O estado empreendedor**: desmascarando o mito do setor público x setor privado. São Paulo, Portfolio-Penguin, 2014.

MOTTER, P.; ALMEIDA, H. G. de. **Plantio direto**: a tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira. Foz do Iguaçu, Parque Itaipu, 2015.

NELSON, R. R.; ROSENBERG, N.. “Technical innovation and national systems”. In. NELSON, R. R. (ed). **National innovation systems: a comparative analysis**. Oxford, Oxford University Press, 1993.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. Search of useful theory of Innovation. **Research Policy**, v.6, n. 1, pp. 36-76, 1997.

OCDE. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico. Manual de Oslo: **Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação**. 2005. Disponível em:

<http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/manualoslo.pdf>. Acesso em: 15 de março de 2023.

PATERNIANI, E. Técnicas de manipulação genética em plantas: uma análise crítica. **Genética na Escola**. São Paulo, n. 1, pp. 25-29, 2006.

PEIXOTO, M. Mudanças e desafios da extensão rural no Brasil e no mundo. In: BUAINAIN, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M. (Orgs). **O mundo rural no Brasil do século 21**: a formação de um novo padrão agrário agrícola. Brasília, Embrapa, 2014.

PEREIRA, T. C. **Introdução da técnica de CRISPR**. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, 2016.

PEREIRA, C. N.; CASTRO, C. N. **O sistema nacional de pesquisa agropecuária**: histórico, estrutura e financiamento. Rio de Janeiro, IPEA, 2017.

RAN, F, A. *et al.* Genome engineering using the CRISPR-Cas9 system. **Nature protocols**. London, v.8 n.11, pp. 2281-2308, 2013.

RANGEL, I. **Obras Reunidas**. Rio de Janeiro: Contraponto/BNDES, v. 1, 2005.

RAYMER, P. L.; GREY, T. L. Challenges in Comparing Transgenic and Nontransgenic Soybean Cultivars. **Crop Science Society of America**. Madison, v. 43, pp. 1584-1589, 2003.

RIVERA, W. M.; CARY, J. W. Privatizing agricultural extension. In: SWANSON, B. E.; BENTZ, R. P.; SOFRANKO, A. J. (Orgs.). **Improving agricultural extension**: a reference manual. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, FAO, 1997.

RODRIGUES, R.; ALVES, E. O futuro da pesquisa agropecuária. **Rev. de Política Agrícola**. Brasília, v. 4, n. 3, pp. 3-4, 2005.

ROSENBERG, N. **Perspectives on technology**. Cambridge, Cambridge University, 1976.

SALLES FILHO, S. L. M. **A dinâmica tecnológica da agricultura**: perspectivas da biotecnologia. 1993. 246 f. Tese (Doutorado) - Curso de Economia - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

SALLES FILHO, S.; BIN, A. Reflexões sobre os rumos da pesquisa agrícola. In: BUAINAIN, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M. (Orgs). **O mundo rural no Brasil do século 21**: a formação de um novo padrão agrário agrícola. Brasília, Embrapa, 2014.

SZMRECSÁNYI, T. **Origens da liderança científica e tecnológica paulista no século XX**. Campinas: Instituto de Geociências, DPCT/IG/Unicamp, 1996.

SZAPIRO, M.; MATOS, M. G. P. de; CASSIOLATO, J. E. “Sistemas de inovação e desenvolvimento”. In: RAPINI, M. S.; SILVA, L. A.; ALBUQUERQUE, E. M. (orgs). **Economia da ciência, tecnologia e inovação**: fundamentos teóricos e a economia global. Belo Horizonte, FACE – UFMG, 2021.

TEXEIRA, R. de A. **Capacitação em melhoramento genético de plantas no Brasil: situação atual e perspectivas**. 2008. 174 f. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação: a economia da tecnologia do Brasil**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2006.

TUNES, R. H. **Geografia da Inovação**. Território e inovação no Brasil no século XXI. 2015. 528 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia. Universidade de São Paulo, 2015.

VIEIRA FILHO, J. E. R. “Embrapa: um caso de inovação institucional induzida”. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; Fishlow, A. (Orgs). **Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade**. Brasília, Ipea, 2017.

ZOCKUN, M. H. G. P. **A expansão da soja no Brasil: alguns aspectos da produção**. São Paulo, IPE/USP, 1978.